



ESTUDIO
DE MERCADO

2024



El mercado del hidrógeno verde en Malasia

Oficina Económica y Comercial
de la Embajada de España en Kuala Lumpur

Este documento tiene carácter exclusivamente informativo y su contenido no podrá ser invocado en apoyo de ninguna reclamación o recurso.

ICEX España Exportación e Inversiones no asume la responsabilidad de la información, opinión o acción basada en dicho contenido, con independencia de que haya realizado todos los esfuerzos posibles para asegurar la exactitud de la información que contienen sus páginas.

icex



ESTUDIO
DE MERCADO

20 de 06 de 2024
Kuala Lumpur

Este estudio ha sido realizado por
Mikel Berlanga Garrido

Bajo la supervisión de la Oficina Económica y Comercial
de la Embajada de España en Kuala Lumpur

<http://malasia.oficinascomerciales.es>

© ICEX España Exportación e Inversiones, E.P.E.

NIPO: 224240080



Índice

1. Introducción	5
2. Definición del sector	6
2.1. Situación actual del hidrogeno	8
2.1.1. Hidrógeno en el mundo	8
2.1.2. Hidrógeno verde	9
2.2. Obtención del hidrógeno verde y aplicaciones por sector	11
2.3. Sector del hidrógeno verde en Malasia	12
2.3.1. El Hub del hidrógeno verde en Sarawak	13
3. Oferta – Análisis de competidores	15
3.1. Introducción	15
3.2. Producción energética potencial	16
3.2.1. Energía solar fotovoltaica	18
3.2.2. Bioenergía	19
3.2.3. Energía hidroeléctrica. Pequeña y grande.	20
3.2.4. Conclusión	21
3.3. Principales actores en Malasia	21
3.4. Balanza Comercial – Importaciones vs Exportaciones	23
4. Demanda	25
4.1. Demanda por sector y sus desafíos	26
4.1.1. Transporte	26
4.1.2. Industria no energética	27
4.1.3. Energético y calefactor	27
5. Precios	29
5.1. Costes de producción y precio	29
5.2. Análisis de otros componentes del precio	31
6. Percepción del producto español	33
6.1. Proyectos de hidrógeno	34
6.2. Tecnología española	34
7. Canales de distribución	36
7.1. Almacenamiento	36
7.2. Modo de transporte y sus características	36
7.2.1. Energía eléctrica, calefacción y uso no-energético	36
7.2.2. Movilidad	37
7.3. Infraestructura en Malasia.	38



8. Acceso al mercado – Barreras	39
8.1. Requisitos comerciales, legales y técnicos	39
8.2. Barreras inherentes al sector	40
8.3. Acceso a licitaciones y ayudas	41
8.3.1. Licitaciones	41
8.3.2. Subsidios	41
8.4. Políticas y programas relevantes	42
9. Perspectivas del sector	44
9.1. Evolución del mercado	44
9.2. Ventajas y desventajas del hidrógeno verde en Malasia	44
9.2.1. Desafíos	45
10. Oportunidades	46
10.1. Proyectos en Malasia	46
10.1.1. Proyectos de gran envergadura	46
10.1.2. Otros proyectos	47
11. Información práctica	48
11.1. Ferias	48
11.2. Organismos relevantes y asociaciones sectoriales	49
11.3. Informes	50
12. Anexos	51
12.1. Páginas web	51
12.2. Iniciativas Internacionales	52

1. Introducción

El sector del hidrógeno verde en Malasia está experimentando un auge sin precedentes, impulsado por la creciente urgencia de adoptar energías sostenibles y reducir las emisiones de carbono. Así es que se ha convertido en uno de los pilares fundamentales en la transición de la matriz energética del país, que aspira a posicionarse como un líder en la adopción de energías limpias en un contexto donde los combustibles fósiles aún tienen un gran peso.

En Malasia, el desarrollo del sector está empezando a cobrar impulso, marcado por iniciativas y proyectos que buscan explorar y expandir el uso de esta fuente de energía en diversos ámbitos, desde la industria pesada hasta la generación de electricidad.¹ Este creciente interés se ve fomentado por la dedicación del gobierno malasio para alcanzar sus objetivos de sostenibilidad a través de beneficios como la generación de empleo, la atracción de capital y las inversiones. Particularmente, el estado de Sarawak se está convirtiendo en un *hub* de hidrógeno verde, orientado a la exportación, gracias a sus recursos hidroeléctricos y al interés y apoyo del gobierno. Este impulso se refleja en inversiones significativas como las realizadas en los proyectos de H2ornbill y H2biscus.

Sin embargo, actualmente el coste de producción de hidrógeno verde es mayor que el del hidrógeno derivado de combustibles fósiles y aproximadamente tres veces más costoso que el gas natural. Ello se debe al bajo rendimiento en su producción, fundamentalmente mediante electrólisis, y los costes asociados al transporte, utilizando frecuentemente portadores de hidrógeno, como el amoníaco, lo que también tiene un impacto en los costes. A medida que dicha tecnología mejore y se puedan aprovechar economías de escala, se espera que los costes disminuyan. En este contexto, los subsidios gubernamentales y las inversiones en tecnología serán cruciales para aumentar su competitividad.

En conclusión, el mercado del hidrógeno verde en Malasia está en una etapa prometedora que presenta numerosas oportunidades para la colaboración, inversión e innovación, especialmente en el Estado de Sarawak y orientado a la exportación. Las políticas de apoyo y los avances tecnológicos serán críticos para alcanzar su pleno potencial.

El presente documento proporciona una visión completa del mercado de hidrógeno verde, con un enfoque especial en el potencial y las iniciativas de Malasia en este sector emergente.

¹ <https://energiyahoy.com/2024/01/24/acuerdan-primer-proyecto-de-hidrogeno-verde-a-gran-escala-en-malasia/>

2. Definición del sector

El sector del hidrógeno verde en Malasia representa una vertiente innovadora y emergente dentro del ámbito de las energías renovables, posicionándose como un elemento crucial en la transición energética hacia una economía más sostenible. Este tipo de hidrógeno se obtiene habitualmente mediante un proceso llamado electrólisis, permitiendo separar el agua en sus elementos constituyentes, hidrógeno y oxígeno.² Dicho método de producción se distingue por su carácter limpio, ya que no emite gases de efecto invernadero, contribuyendo así a los esfuerzos de descarbonización.

En Malasia, el desarrollo del sector está empezando a cobrar impulso, marcado por iniciativas y proyectos orientados hacia la exportación y que localmente buscan también explorar y expandir el uso de este vector energético en diversos ámbitos, desde la industria pesada hasta el transporte.³ Este creciente interés se ve fomentado por la dedicación del gobierno malasio para alcanzar sus objetivos de sostenibilidad a través de beneficios como la generación de empleo, la atracción de capital y las inversiones.

Cabe mencionar que el hidrógeno puede ser obtenido a través de múltiples procesos y ha sido tradicionalmente utilizado como materia prima en varios ámbitos industriales (como la síntesis de amoníaco y el refinamiento del petróleo crudo). Los cuatro tipos de hidrógeno identificados por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), son **gris, azul, turquesa y verde**.⁴

TABLA 1: HIDRÓGENO POR TIPO

TIPO	PRODUCCION	MATERIA
HIDROGENO GRIS	Se produce a partir de fuentes fósiles, principalmente mediante el reformado de gas natural, un proceso que libera CO2 al ambiente.	GAS NATURAL
HIDROGENO AZUL	Similar al hidrógeno gris, pero con una diferencia crucial: el CO2 producido durante el proceso se captura y se almacena o se utiliza en otros procesos, reduciendo significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero.	GAS NATURAL
HIDROGENO TURQUESA	Mediante la pirolisis del metano, un proceso que no emite CO2 directamente.	METANO
HIDROGENO VERDE	Se produce mediante electrólisis del agua utilizando energía renovable, como la solar o eólica, resultando en una producción libre de emisiones de carbono.	ENERGIA RENOVABLE

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MOSTI).

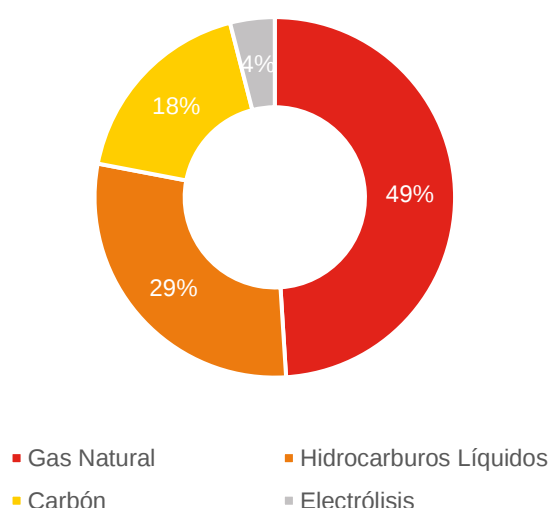
² https://www.acciona.com/es/hidrogeno-verde/?_adin=11551547647

³ <https://energiahoy.com/2024/01/24/acuerdan-primer-proyecto-de-hidrogeno-verde-a-gran-escala-en-malasia/>

⁴ <https://mastic.mosti.gov.my/mosti-related-policies/hydrogen-economy-technology-roadmap>

Actualmente, la producción de hidrógeno verde es aproximadamente tres veces más caro que el derivado del gas natural.⁵ Por lo tanto, para promover su uso y facilitar la adopción generalizada, es fundamental disminuir de manera considerable el costo de producción. Un claro ejemplo de la necesidad de esta reducción es que actualmente tan solo el 0,1 % del hidrógeno producido a nivel global es “verde”.⁶ El abaratamiento de este, podría lograrse con la mejora de las tecnologías de para su producción y transporte. Asimismo, los costes tenderán a reducirse a medida que disminuyan los precios de la energía renovable y se aprovechen las economías de escala, facilitando así una producción abundante y económicamente accesible. Para transformar esta realidad, será necesaria una cooperación integral entre el gobierno, el sector privado y los centros de investigación, con el objetivo de superar los modelos de producción que agudizan el cambio climático.

GRÁFICO 1: PRODUCCIÓN GLOBAL DE HIDRÓGENO POR TIPO



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de National Energy Transition Roadmap (NETR).

El estudio abordará diversos elementos clave, tales como el entorno regulatorio y de políticas públicas que promueven la implementación de esta tecnología, la evaluación exhaustiva de la cadena de valor y las infraestructuras esenciales para su expansión, y la identificación de los actores principales, tanto nacionales como internacionales. Asimismo, resulta esencial examinar el potencial del mercado, tomando en cuenta las aplicaciones viables del hidrógeno verde y su competitividad en costos frente a otras alternativas energéticas.

⁵ <https://www.technologyreview.es/s/13204/tr10-hidrogeno-verde-capaz-de-competir-con-los-combustibles-fosiles>

⁶ https://www.acciona.com/es/hidrogeno-verde/?_adin=02021864894

2.1. Situación actual del hidrogeno

2.1.1. Hidrógeno en el mundo

El mercado global del hidrógeno está experimentando un crecimiento significativo, impulsado por políticas gubernamentales que fomentan la transición energética y por la inversión en tecnologías limpias. De hecho, en las últimas dos décadas, su demanda ha aumentado un 50 %.⁷ De esta forma, se espera que el mercado del hidrógeno alcance a producir aproximadamente 150 Mt en 2030. Como referencia, en 2020, el consumo mundial de hidrógeno fue de alrededor de 90 millones de toneladas métricas (Mt), lo cual representó el 2 % de toda la energía primaria utilizada a nivel global.⁸

El consumo de hidrógeno ha incrementado significativamente en todas las regiones clave, a excepción de Europa, donde se ha registrado una disminución de casi un 6 % debido al aumento de precios del gas natural provocado por la crisis energética reciente. No obstante, como se destaca en el gráfico 2, es Europa la que encabeza el gasto en Investigación y Desarrollo, delineando un enfoque más robusto hacia la innovación del sector. En marcado contraste, tanto Norteamérica como Oriente Medio han experimentado un ascenso cercano al 7 % en el uso de hidrógeno. Mientras tanto, China, con un aumento más moderado de alrededor del 0,5 %, sigue liderando como el principal consumidor mundial de hidrógeno, con aproximadamente el 30 % del total global, lo que representa más del doble del consumo de Estados Unidos, el segundo mayor consumidor.

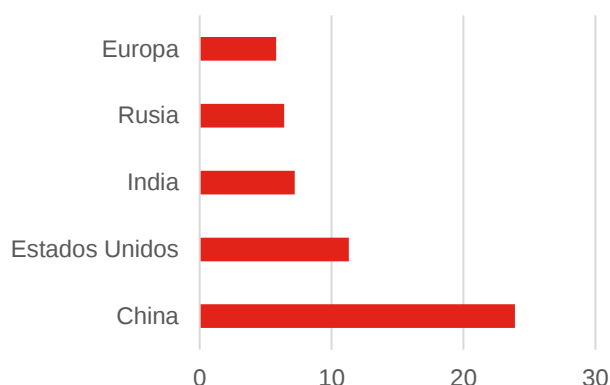
Actualmente, el 44 % del consumo mundial de hidrógeno se utiliza en las refinerías de petróleo, aproximadamente el 37 % en la producción de amoníaco para fertilizantes, y el 12 % en la fabricación de metanol, entre otros usos.⁹ Este desglose subraya el papel fundamental del hidrógeno en sectores industriales esenciales, marcando un impacto significativo en la formulación de estrategias de desarrollo sostenible y decisiones comerciales de largo alcance. Ante este escenario, la Unión Europea ha establecido un ambicioso objetivo: incrementar la capacidad de producción de hidrógeno hasta alcanzar los 40 gigavatios (GW) para el año 2030. Este propósito representa un desafío mayúsculo, considerando que actualmente se cuenta con apenas el 1 % de la capacidad proyectada.

⁷ <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/uy/undp-uy-Monitor-Hidrogeno-Verde-2022.pdf>

⁸ <https://www.obsbusiness.school/actualidad/informes-de-investigacion/informe-obs-mercado-del-hidrogeno-2022>

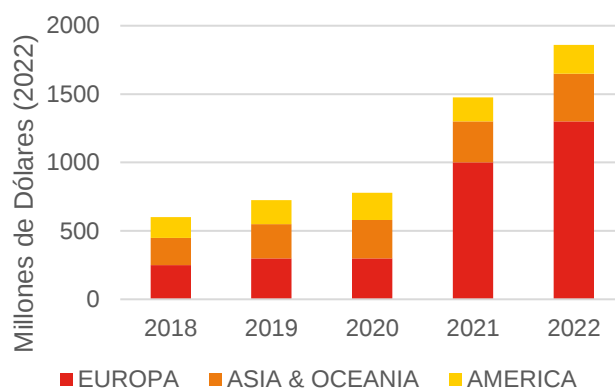
⁹ <https://www.obsbusiness.school/actualidad/informes-de-investigacion/informe-obs-mercado-del-hidrogeno-2022>

GRÁFICO 2: CONSUMO MUNDIAL DE HIDROGENO POR PAIS (Mt ANUALES)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IRENA.

GRÁFICO 3: INVERSION GUBERNAMENTAL DE I+D EN TECNOLOGIAS DE HIDROGENO



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Agencia Internacional de la Energía (IEA).

Es importante recalcar que uno de los retos del hidrógeno como vector energético es su relativa ineficiencia comparada con otras alternativas. Por ejemplo, las baterías para vehículos eléctricos tienen hoy en día una eficiencia del 80 %, mientras que una pila de combustible de hidrógeno se queda en un 30 %.

Sin embargo, se contempla el uso de hidrógeno como una forma de transportar energía renovable en grandes distancias, para la sustitución del hidrógeno de origen no renovable, y para otras aplicaciones que puedan llegar a ser eficientes en el futuro. ¹⁰

2.1.2. Hidrógeno verde

El hidrógeno verde se ha convertido en un elemento clave para la electrificación renovable, ofreciendo una solución para los sectores difíciles de descarbonizar (es decir, aquellos para los que la transición a cero emisiones netas resulta complicada, ya sea en términos tecnológicos o de costos). En el contexto actual, tan solo el 3 % de la producción de hidrógeno mundial es verde. ¹¹

Hoy en día, enfrentamos un escenario donde la producción de este tipo de hidrógeno aún implica costos significativamente más elevados en comparación con el obtenido de fuentes fósiles. Ello deriva de los costos tanto de la energía renovable como de los electrolizadores para fabricarlo y su reducido rendimiento. De esta manera, nos encontramos que el coste final del hidrógeno verde oscila entre los 6 y 8 euros por kilogramo, frente a los 1,5 euros que cuesta el hidrógeno proveniente

¹⁰ <https://elpais.com/economia/2021-03-21/la-ayudas-europeas-catapultan-el-hidrogeno.html>

¹¹ <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/uy/undp-uy-Monitor-Hidrogeno-Verde-2022.pdf>

de métodos convencionales.¹² Ante este desafío, se han comenzado a ver iniciativas tales como la puesta en marcha de la UE de un fondo de 800 millones de euros para apoyar a los productores del sector.¹³ Este tipo de inversiones se fundamentan en precedentes de reducción de costos en energías renovables, como la solar y eólica, cuyos precios han caído significativamente, un 90 % y hasta un 69 % respectivamente, en los últimos 12 años.¹⁴ Esta tendencia sugiere que los electrolizadores, podrían experimentar disminuciones de costos similares, convirtiéndolo en una opción energética competitiva y sostenible. Dichas iniciativas se insertan en un panorama más amplio de transición energética, donde la participación de las energías renovables en la matriz energética global ha experimentado un incremento sostenido, llegando al 30 % en 2022, un notable aumento desde el 20 % registrado en 2010.¹⁵

De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), la capacidad global de electrólisis experimentó un notable incremento al duplicarse en 2021, alcanzando los 513 MW. Las proyecciones sugieren que esta cifra podría escalar hasta 720.000 MW para 2030, según se detalla en la Tabla 1. Basándose en el actual portafolio de proyectos de electrólisis, que suma aproximadamente 460 en total, se anticipa que la capacidad de producción de hidrógeno llegará a 1,4 GW a principios de 2023, triplicando así la capacidad registrada en 2021. De mantenerse la tendencia, se prevé que la capacidad se amplíe a 134 GW para el año 2030, y esta podría incrementarse hasta 290 GW si se completan todos los proyectos actualmente en desarrollo.

TABLA 1: CAPACIDAD TOTAL DE ELECTRÓLISIS INSTALADA POR TECNOLOGÍA

Megavatios, 2019-2030

AÑO	TOTAL
2019	242
2020	304
2021	513
2022	1.398
2023	5.517
2030 - NZE¹⁶	720.000

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA).

¹² https://cincodias.elpais.com/cincodias/2023/02/01/economia/1675258163_954486.html

¹³ https://cincodias.elpais.com/cincodias/2023/02/01/economia/1675258163_954486.html

¹⁴ https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/green_hydrogen_e.pdf

¹⁵ <https://datos.enerdata.net/>

¹⁶ El Net Zero Emissions by 2050 Scenario es un escenario normativo de la IEA que muestra el camino a seguir para que el sector energético mundial alcance las emisiones netas cero de CO₂ en 2050

La capacidad de producción proyectada para el año 2030, según los proyectos que se han anunciado hasta la fecha, supera en un 50 % a la registrada en el momento de la publicación del Informe Mundial sobre el Hidrógeno 2022 de la AIE. Del volumen total proyectado (150 Mt aproximadamente), 27 Mt (20 %) se obtendrían mediante electrólisis utilizando electricidad con bajas emisiones de carbono, y 10 Mt (7 %) procederían de combustibles fósiles acompañados de tecnologías de captura, utilización y almacenamiento de carbono para minimizar su impacto ambiental.¹⁷ La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) estima que la producción de hidrógeno verde necesita aumentar seis veces para lograr la neutralidad de carbono en 2050.

2.2. Obtención del hidrógeno verde y aplicaciones por sector

El hidrógeno verde se produce principalmente a través de un proceso llamado electrólisis del agua (también se produce hidrógeno verde mediante otras tecnologías, como el reformado de metanol y la gasificación de biomas), que se descompone en tres etapas fundamentales:

- **Generación de energía renovable:** Utilización de fuentes de energía renovables, tales como la solar, eólica o hidroeléctrica, para generar electricidad. Esta energía limpia es esencial para alimentar el proceso de electrólisis sin emitir gases de efecto invernadero.
- **Electrólisis del agua:** En esta etapa, la electricidad renovable se emplea para alimentar un electrolizador. Este dispositivo es capaz de dividir las moléculas de agua (H_2O) en oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2), separando así los elementos mediante una reacción química inducida.
- **Recolección y almacenamiento del hidrógeno:** Finalmente, el hidrógeno producido se recolecta y almacena para su utilización futura. Es crucial desarrollar métodos de almacenamiento seguros y eficientes, dada la alta reactividad y volatilidad del hidrógeno.

En la siguiente tabla se indican las principales aplicaciones del hidrógeno verde.

TABLA 2: RESUMEN DE APLICACIONES GENERICAS DEL HIDROGENO VERDE

SECTOR	APLICACION
ENERGETICO	El hidrógeno verde permite almacenar energía renovable, facilitando su uso cuando la producción solar o eólica es baja.
INDUSTRIA METALURGICA	Reemplazar combustibles fósiles por hidrógeno en la producción de metales disminuye significativamente las emisiones de CO_2 .
TRANSPORTE	El hidrógeno como combustible reduce las emisiones en el transporte, especialmente en modalidades donde la electrificación directa es complicada, como la aviación y el transporte marítimo.
CALEFACTOR	En calefacción y producción de electricidad, el hidrógeno puede disminuir las emisiones de viviendas y edificios, promoviendo entornos urbanos más limpios.
QUIMICO	La producción de fertilizantes y amoníaco a partir de hidrógeno verde evita emisiones de GEI, mejorando la sostenibilidad de la agricultura y la industria química.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de: CNH2, Hydrogen Council, Iberdrola, FENOGÉ.

¹⁷ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ecdfc3bb-d212-4a4c-9ff7-6ce5b1e19cef/GlobalHydrogenReview2023.pdf>

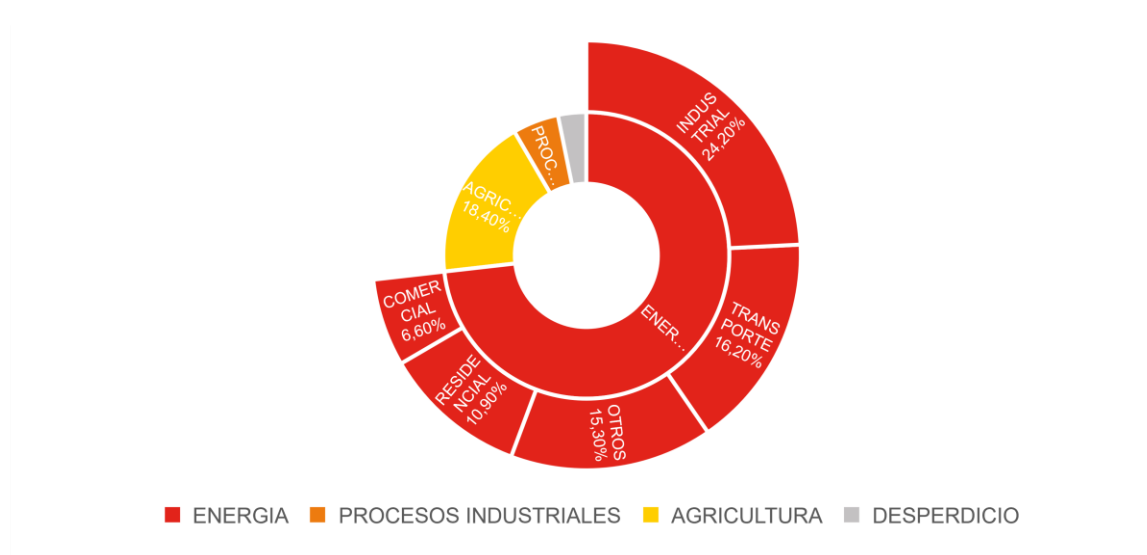
2.3. Sector del hidrógeno verde en Malasia

Malasia enfrenta el desafío de un elevado consumo energético, principalmente en los sectores industrial y de transporte (gráfico 3), atribuyéndose casi dos tercios del consumo total en 2019, según datos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MOSTI). En este contexto, la implementación de energías renovables surge como una solución central para reducir hasta un 70 % las emisiones de CO₂, en especial en los sectores anteriormente mencionados. Esta transición se complementa con iniciativas para mejorar la eficiencia energética, estableciendo un enfoque integral que busca equilibrar el crecimiento económico con la protección ambiental.

El hidrógeno verde, en particular, se destaca como un componente vital en esta estrategia, según se detalla en el "National Energy Transition Roadmap" (NETR). Su capacidad para reemplazar los combustibles fósiles lo posiciona como una pieza clave en la búsqueda de alternativas energéticas limpias. Esta orientación hacia fuentes de energía sostenible no solo apunta a resolver los retos inmediatos de la dependencia de combustibles fósiles, sino que también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la visión nacional MADANI, el 12.º Plan de Malasia (RMK-12), y la meta de alcanzar cero emisiones netas para 2050.¹⁸ De esta manera, el país apunta a convertirse en un líder regional en la adopción de esta tecnología, impulsando no solo la descarbonización sino también abriendo nuevas oportunidades económicas.

GRÁFICO 16: CONTRIBUCION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN MALASIA

Por sector, 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Malaysia's Fourth Biennial Update Report de la UNFCC (2022).

¹⁸ <https://mastic.mosti.gov.my/mosti-related-policies/hydrogen-economy-technology-roadmap>

Dada la aún incipiente madurez tecnológica en la cadena de valor del sector, la transición hacia el hidrógeno como vector energético implica desafíos relacionados con el transporte, almacenamiento y los costes de producción derivados de fuentes renovables. Además, considerando que los electrolizadores constituyen aproximadamente un tercio del costo total de la producción, resulta imprescindible la implementación de mejoras en eficiencia para que Malasia pueda asegurar una ventaja competitiva significativa. Sin embargo, se anticipa que, mediante el desarrollo de infraestructura adecuada, el Costo Nivelado de Hidrógeno (LCOH) experimentará una disminución, consolidando la economía del hidrógeno como un camino viable hacia una nación con neutralidad de carbono para el año 2050.

Por todo ello, el éxito del hidrógeno dependerá en última instancia de la inversión que logre movilizarse mediante la política gubernamental que impulsa el desarrollo del sector, al menos en las primeras etapas. A corto plazo, los proyectos se limitarán en su mayoría a la investigación y desarrollo a pequeña escala y a proyectos con procesos industriales dirigidos a usuarios finales específicos. Los proyectos a gran escala que se están generando en el Estado de Sarawak (H2ornbill y H2biscus) están orientados a la exportación y cuenta con el apoyo gubernamental.

2.3.1. El *hub* del hidrógeno verde en Sarawak

En 2017, el primer ministro de Sarawak hizo una declaración trascendental que establecería un nuevo camino para la estrategia regional: "Dado que contamos con abundantes recursos de energía hidroeléctrica limpia, Sarawak proporciona un escenario ideal para impulsar la Economía del Hidrógeno". Esta proclamación se acompañó de la resuelta idea de que Sarawak debería encabezar el innovador proceso de exploración en la comercialización y aplicaciones de la tecnología del hidrógeno, situando a la provincia como líder en este campo emergente.

Con esta ambiciosa visión, la Corporación de Desarrollo Económico de Sarawak (SEDC) ha generado dos grandes proyectos de producción de hidrógeno en colaboración con inversores extranjeros: H2ornbill y H2biscus, los cuales serán detallados más adelante en el apartado 10.1.

Asimismo, en la feria de hidrógeno verde (APGH) celebrada en Sarawak en junio de 2024, el primer ministro habló sobre el Sarawak H2 Hub, que pretende ser un centro de producción de hidrógeno a gran escala en Bintulu y que supondrá un paraguas de proyectos donde se incluyen los ya mencionados.¹⁹ Esta iniciativa será desarrollada conjuntamente por SEDC Energy y Gentari (Petronas) a través de una nueva *joint venture*, creada específicamente para gestionar y optimizar proyectos de hidrógeno verde en la región. De esta manera, la asociación marca un hito importante, apoyando el objetivo de Sarawak de convertirse en un productor comercial y un actor clave de la economía del hidrógeno para 2027.

Entre las principales razones por las que esta provincia representa una oportunidad latente para

¹⁹<https://www.gentari.com/insight/premier-launches-sarawak-h2-hub-pioneering-hydrogen-initiative-propel-states-clean-energy-ambitions>

el desarrollo adecuado de la industria, podemos destacar:

- Según ha indicado el profesor Christoph Menke de la Universidad Trier de Ciencias Aplicadas alemana: “Con importantes inversiones en energías renovables, incluidos sistemas fotovoltaicos flotantes en presas hidroeléctricas, Sarawak tiene la capacidad para suministrar la electricidad renovable necesaria para la producción de hidrógeno verde”. Además, estos recursos energéticos superan con creces la demanda doméstica.
- Ya dispone de desarrollos terminados que sirven de aliciente para aumentar la inversión. Asimismo, la provincia está invirtiendo en la mejora de su infraestructura energética y de transporte, lo que facilita la expansión industrial y la atracción de inversiones extranjeras. Además, hay proyectos en marcha tales como el de Kuching Urban Transportation System (KUTS) desarrollado por Sarawak Metro para crear flotas de autobuses que funcionen con pilas de hidrógeno o las seis estaciones de servicio multicomcombustible que ofrecerán combustibles convencionales, carga eléctrica y repostaje de hidrógeno.
- La mayoría de sus fuentes de energía son renovables, principalmente hidroeléctrica. El 70 % del potencial técnico total hidroeléctrico de Malasia se encuentra en Sarawak, ascendiendo a unos 87.000 GWh al año.
- La provincia está comprometida con la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico equilibrado, alineándose con las tendencias globales hacia una economía verde. Así es que planea convertirse en la primera economía productora de hidrógeno verde de la región ASEAN. Su ubicación geográfica le permitirá abastecer a países demandantes como Japón, Corea y China, facilitando el comercio y las exportaciones. De esta manera, el Gobierno de Sarawak ha implementado una ambiciosa hoja de ruta a través de la cual Sarawak se está posicionando para ser un productor comercial de hidrógeno para 2027.
- Para incentivar las inversiones del sector privado en la construcción de la infraestructura de hidrógeno, se requerirán subsidios y apoyo financiero que el gobierno de Sarawak está abierto a contemplar.

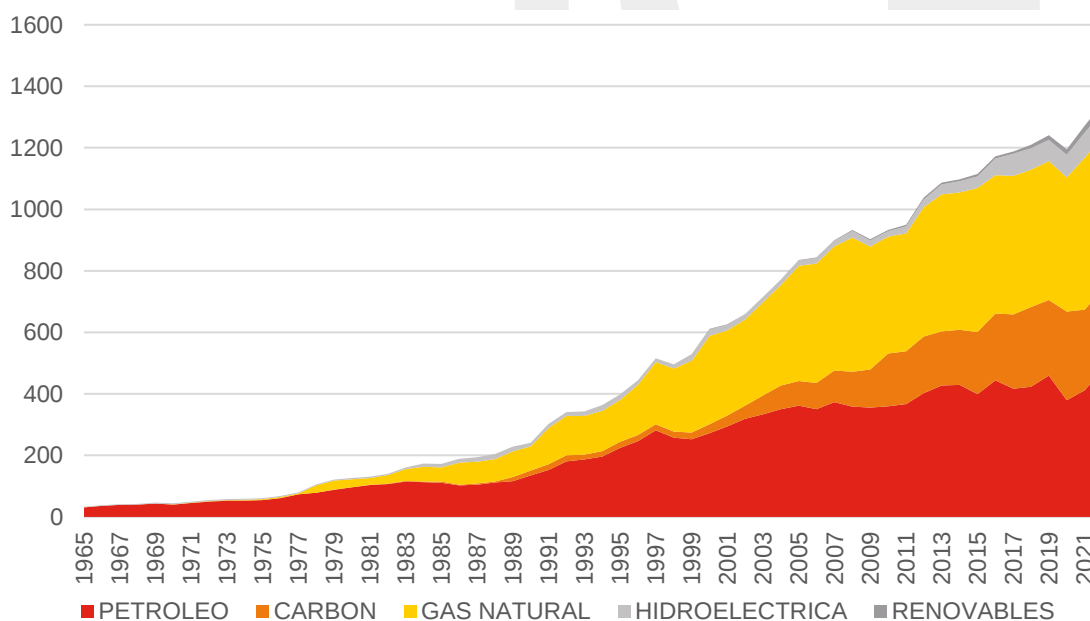
3. Oferta – Análisis de competidores

3.1. Introducción

En la actualidad, Malasia se sustenta principalmente en el gas natural y el carbón para la producción de su electricidad (gráfico 4). No obstante, el gobierno malasio está elaborando estrategias para diversificar sus fuentes energéticas, con el objetivo de atender la creciente demanda nacional y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Esta iniciativa no solo aspira a fortalecer la seguridad energética del país, sino también a mitigar su impacto ambiental. Dicho enfoque ha generado oportunidades para los participantes de la industria en Malasia, abriendo caminos para la exploración y adopción de tecnologías enfocadas en el aprovechamiento de energías renovables.

GRÁFICO 4: CONSUMO DE ENERGIA EN MALASIA POR TIPO

Por fuente, en Teravatios por hora (TWh) hasta 2022



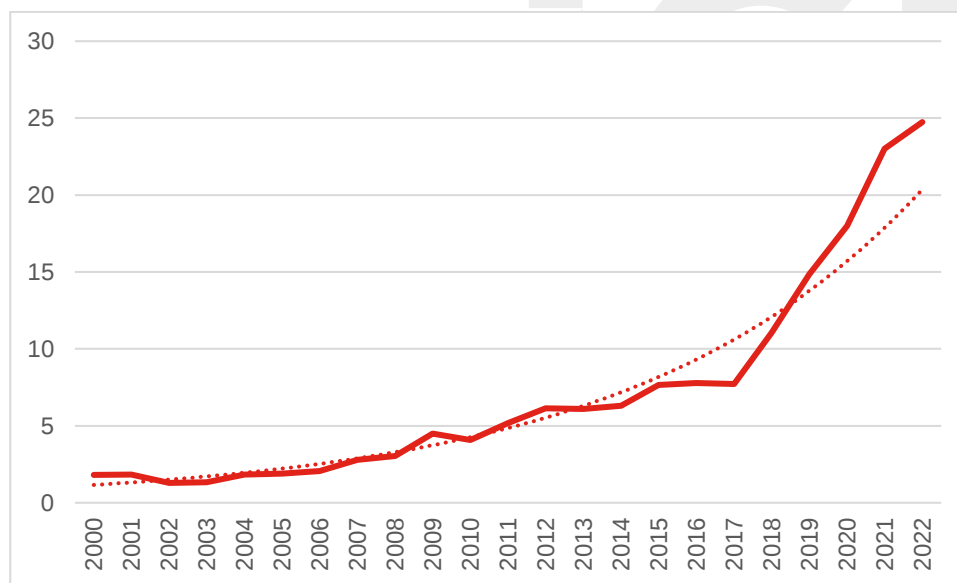
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de BP Statistical Review of World Energy, 2023.

3.2. Producción energética potencial

Como se puede observar en el gráfico 5, el consumo de energía renovable solo ha ido en aumento desde el año 2000. Dicho crecimiento ha sido superior a la línea de tendencia dibujada, indicando una expansión mayor que la establecida por la proyección normal de datos históricos. Ejemplo de ello es que desde 2017 haya aumentado un 220 %, lo que pone en evidencia el potencial del sector. Cabe mencionar que, debido al incipiente interés por el hidrógeno verde, no se tienen datos registrados sobre su producción y consumo exacto. Así es que, para poder realizar suposiciones inferidas extrapolables al sector, se debe observar la tendencia de uso de la energía renovable como variable *proxy*. De esta manera, dado que el hidrógeno verde se nutre y depende de fuentes renovables para ser producido, se podría inferir que, a mayor producción energética proveniente de fuentes renovables, mayor potencial del hidrógeno verde.

GRÁFICO 5: CONSUMO DE ENERGIA RENOVABLE EN MALASIA

En Teravatios por hora (TWh), 2000-2022



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de BP Statistical Review of World Energy, 2023.

Resaltada la relevancia de las fuentes de energía renovable en la producción de hidrógeno verde, resulta crucial valorar su potencial. Para ello, se considerarán diversas variables, incluyendo el porcentaje de capacidad de explotación alcanzado, la factibilidad de instalación, y el potencial energético que representan, entre otras.

El objetivo general de capacidad de generación de energía renovable del 70 % para el año 2050 que propone el gobierno malasio requeriría un aumento de once veces respecto a la capacidad

actual.²⁰ Este ambicioso objetivo se sustenta en la abundancia de recursos fácilmente explotables para la generación de energía renovable. Desde la irradiación solar para la generación de energía fotovoltaica y los ríos para la hidroeléctrica, hasta los residuos agrícolas, domésticos e industriales para la combustión o gasificación de bioenergía.

Como se puede observar en la tabla 3, Malasia es una economía dependiente de combustibles fósiles, donde las energías renovables tan solo representan un 23 % en el total de la capacidad energética instalada. Basándose en la evolución esperada de la capacidad instalada, para alcanzar el objetivo del Gobierno de un 31 % de participación de las energías renovables (ER), se requiere un total de 12,916 MW, lo que corresponde a 4,466 MW adiciones desde 2021 hasta 2025. En 2021, el total de dicha capacidad instalada de energías renovables (ER) alcanzó los 8.450 MW. De esta capacidad total, la hidroelectricidad de gran escala representa la mayor parte, con 5.692 MW, seguida por la energía solar fotovoltaica y la biomasa, con 1.534 MW y 594 MW respectivamente. Por otro lado, atendiendo a los datos expuestos en la tabla 4, la energía solar fotovoltaica cuenta, con diferencia, con la mayor disponibilidad de recursos potenciales, pudiendo alcanzar los 269 GW. La hidroelectricidad de gran escala ocupa el segundo lugar, con 13,6 GW (13.619 MW), seguida de la bioenergía (biomasa de residuos agrícolas, biogás y residuos sólidos) con 3,6 GW. Es importante mencionar que ni la energía eólica ni la geotérmica es relevante en Malasia, dado el escaso potencial que presentan ambas. En total, la capacidad potencial de generación de energía renovable en Malasia se estima en 288,9 GW, lo que evidencia un vasto potencial para el desarrollo de energías renovables en el país.²¹

TABLA 3: ENERGIA RENOVABLE INSTALADA EN FUNCION DE LA CAPACIDAD TOTAL

Por tipo, en megavatios (MW), en Malasia, en 2020

RENOVABLE		8.450 MW (23 %)
NO-RENOVABLE		28.307 MW (77 %)
FUENTES DE ENERGIA RENOVABLE (ER)	ENERGIA RENOVABLE INSTALADA EN FUNCION DE SU CAPACIDAD	
	MW	PESO EN % DEL TOTAL GENERADO
SOLAR FV	1.534	18
BIOENERGIA	594	7
HIDRO PEQUEÑAS (<30MW)	507	6
HIDRO GRANDES (>30MW)	5.692	67
TOTAL ANALIZADO	8.327	98 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Malaysia Renewable Energy Roadmap.

²⁰ <https://www.mida.gov.my/mida-news/green-hydrogen-from-a-malaysian-perspective/>

²¹ https://www.seda.gov.my/reportal/wp-content/uploads/2022/03/MyRER_webVer3.pdf

TABLA 4: RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES DISPONIBLES EN MALASIA.

Por tipo, en gigavatios (GW), cuantificada en capacidad equivalente de generación de energía.

FUENTES DE ENERGIA RENOVABLE (ER)	POTENCIAL DE ENERGIA RENOVABLE EN MALASIA	
	GW	%
SOLAR FV	269	93,1
BIOENERGIA	3,6	1,25
HIDRO (<30MW)	2,5	0,87
HIDRO (>30MW)	13,6	4,71
GEOTÉRMICA	0,2	0,08
TOTAL ANALIZADO	288,9	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Malaysia Renewable Energy Roadmap.

3.2.1. Energía solar fotovoltaica

Como pone en evidencia el Banco Mundial, el potencial para la generación de electricidad a partir de fuentes fotovoltaicas solares en la mayoría de los países eclipsa con creces su demanda actual de electricidad.²² Esto también aplica para Malasia, que, a pesar de su creciente sector energético, aún no ha explotado plenamente este potencial. En este sentido, como se puede observar en el gráfico 6, debido a su ubicación cercana al ecuador, Malasia recibe aproximadamente 1.575-1.812 kWh/m² de irradiación solar (media de 1.726 kWh/m², lo cual está cerca del promedio de irradiación solar que presenta el Sudeste Asiático (1.500 a 2.000 kWh/m²).²³ Al realizar una comparación con países que cuentan con una infraestructura más consolidada, como Alemania, observamos que estos presentan índices de irradiación solar incluso inferiores (1.088 kWh/m²).²⁴ Esta situación subraya la enorme oportunidad de Malasia para expandir su capacidad solar fotovoltaica y satisfacer sus necesidades energéticas de una manera más sostenible y menos dependiente de fuentes convencionales.

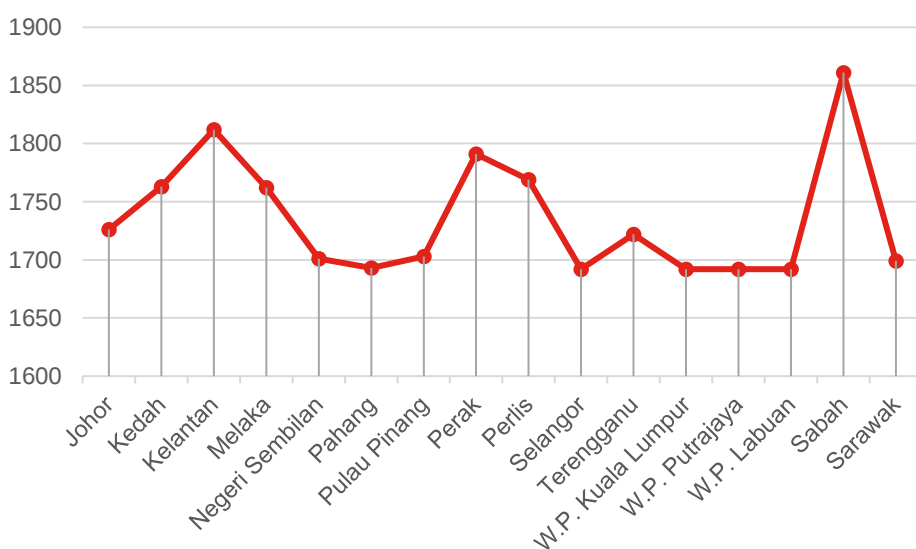
²² <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/solar-photovoltaic-power-potential-by-country>

²³ Estudio realizado por SEDA en 2016 (MyRER)

²⁴ Fraunhofer, Recent Facts about Photovoltaics in Germany, 2020

GRÁFICO 6: CANTIDAD DE IRRADIACION SOLAR POR REGION.

Por región, en kWh/m²



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Malaysia Renewable Energy Roadmap.

Dicho potencial se complementa con las áreas geográficas del país aptas para ser explotadas. Atendiendo a los datos ofrecidos por La Autoridad de Desarrollo de Energía Sostenible de Malasia (SEDA), podemos dividirlo en:

- **Energía FV en tierra:** situadas en terrenos no utilizados que no se encuentran clasificados para ningún uso específico y que excluyen cuerpos de agua, bosques, tierras agrícolas y áreas montañosas, presentan el mayor potencial solar en Malasia, alcanzando los 210 GW.
- **Energía FV flotante:** 16,6 GW potenciales que incluye instalaciones flotantes en cuerpos de agua en 17 centrales hidroeléctricas grandes y 62 represas de embalses, abarcando una superficie de 2.944 km².
- **Energía FV en techos:** La Malasia Peninsular posee, con diferencia, el recurso de energía solar fotovoltaica en techos más elevado, con 37,4 GW, gracias a su alta urbanización. Sin embargo, Sarawak y Sabah disponen, respectivamente, de 2,6 GW y 2,2 GW.

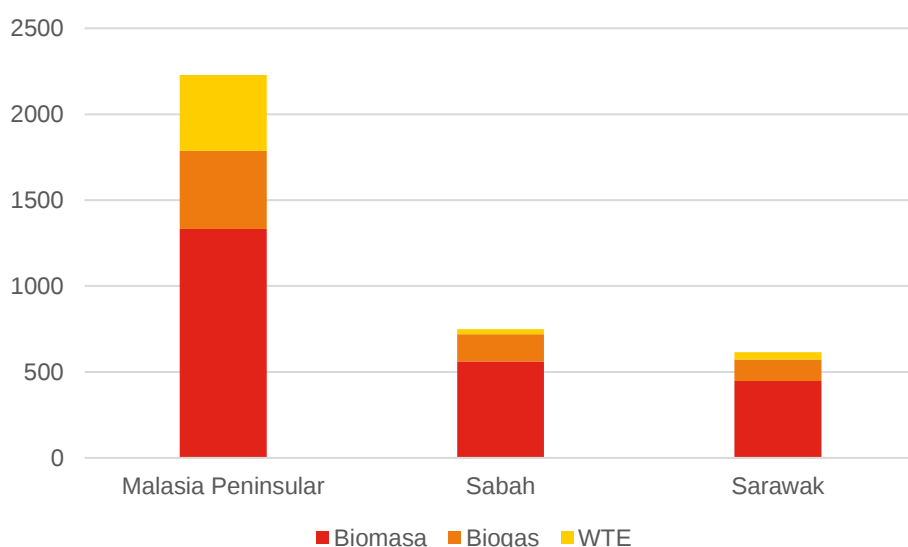
3.2.2. Bioenergía

En Malasia, la convergencia de las actividades agrícolas, el crecimiento demográfico y el incremento en los estándares de vida han dado lugar a una producción masiva de subproductos y residuos. Estos, tradicionalmente desaprovechados mediante incineración o confinamiento en vertederos, representan una oportunidad latente para la innovación energética. De esta manera, según el

reporte de MyRER en 2021, el potencial total de recursos de bioenergía en Malasia, incluyendo biomasa, biogás y energía a partir de residuos (WTE), se calcula en 3,6 GW.

GRÁFICO 7: DISPONIBILIDAD DE RECURSOS DE BIOENERGIA EN MALASIA

Por región, en megavatios.



Fuente: Elaboración propia con datos de SEDA; MPOB; MBIC; JPSPN; IPCC.

Como se evidencia en el gráfico 7, la Malasia Peninsular ostenta el potencial más elevado para la explotación de bioenergía, alcanzando una cifra imponente de 2.229 MW. Esta capacidad supera significativamente los 749 y 616 MW que exhiben Sabah y Sarawak, respectivamente. Si bien estos valores no alcanzan siquiera un 2 % de las cifras potenciales de la energía solar fotovoltaica, es innegable que la bioenergía constituye un recurso de relevancia con un potencial considerable que también merece atención en el marco de la diversificación energética. Además, los datos no dejan de ser hipótesis de regresiones realizadas por el SEDA, que aun fiables, no tienen en cuenta posibles cambios en estrategias políticas, eficiencia de explotación o el costo de implementación entre otros.

3.2.3. Energía hidroeléctrica. Pequeña y grande.

En el contexto de la energía hidroeléctrica en Malasia, diferenciamos principalmente entre la gran hidroeléctrica (>100 MW) y la pequeña hidroeléctrica (≤ 100 MW), ambas con un papel crucial en el desarrollo de la infraestructura energética del país.

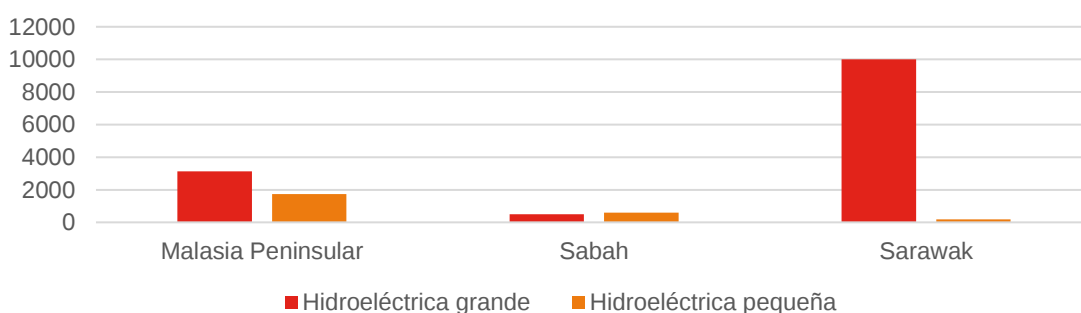
- **Energía Hidroeléctrica Grande:** representa la mayoría de la capacidad instalada con 5.692 MW. Actualmente 2.240 MW están instalados en la Malasia peninsular y 3.452 MW en

Sarawak. Sin embargo, si hablamos de potencial, podría ascender a 13,6 GW, de los cuales Sarawak acumularía el 73,43 %, Malasia peninsular un 22,95 % y Sabah un escaso 3,62 %. Cabe mencionar que, en el corto plazo, se espera que la capacidad existente actual aumente en 189 MW para 2025, alcanzando los 5,9 GW.

- **Energía Hidroeléctrica Pequeña:** En contraste con la mencionada anteriormente, el potencial total tan solo ascendería a los 2,5 GW y el grueso del potencial se encontraría en Malasia peninsular. Sin embargo, teniendo en cuenta la abundancia de cuencas fluviales en Malasia (189 cuencas en total), es posible que los sitios con potencial para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas superen el potencial de recursos identificados.

GRÁFICO 8: DISPONIBILIDAD DE RECURSOS DE HIDROELECTRICOS EN MALASIA

Por región, por tipo de instalación, en megavatios.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SEDA; TNB; SESB; SEB.

3.2.4. Conclusión

Como se mencionaba al inicio de este apartado, el hidrógeno verde representa un potencial cambio de paradigma para Malasia de cara al futuro, especialmente en el caso del Estado de Sarawak. Sin embargo, su consolidación dependerá de la implementación de un eficaz plan de transición energética que fomente la explotación sostenible de recursos. La evidencia del potencial es clara, y Malasia ya está enfocando sus esfuerzos hacia las energías renovables, siendo la hidroeléctrica la principal fuente, aportando un 72 % del total de megavatios generados. Le siguen la energía solar, con un 17 %, y la bioenergía, con un 11 %. Esto subraya la importancia de monitorear de cerca el sector, especialmente dada la atracción que puede generar.

3.3. Principales actores en Malasia

La industria del hidrógeno en Malasia comprende varios actores que abarcan diferentes partes de la cadena de valor. La siguiente tabla muestra una breve infografía del panorama actual, dividido por la participación de empresas destacadas en la cadena del hidrógeno verde específicamente.

TABLA 5: ACTORES CLAVE EN LA CADENA DE VALOR DEL HIDROGENO VERDE
Compañías con proyectos en curso (Corto Plazo)

CADENA DE VALOR	EMPRESAS	
	GOBERNAMENTALES	MULTINACIONALES
MATERIA PRIMA (Hidrogeno Verde)	PETRONAS (GENTARI), SARAWAK ENERGY Y SEDC	-
PRODUCCION Y GENERACION	PETRONAS (GENTARI), SARAWAK ENERGY Y SIME DARBY	-
CONVERSION Y ALMACENAMIENTO	PETRONAS (GENTARI) Y SARAWAK ENERGY	AIR PRODUCTS Y AIR LIQUIDE
TRANSPORTE	PETRONAS (GENTARI)	AIR PRODUCTS Y AIR LIQUIDE
RECONVERSION	SARAWAK ENERGY	AIR LIQUIDE
USO FINAL	PETRONAS, SARAWAK ENERGY, SIME DARBY, MCMC, DIGI Y MTSFB	-

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de HETR.

En el incipiente mercado del hidrógeno verde, diversos actores (tanto del ámbito empresarial como gubernamental) desempeñan roles fundamentales a lo largo de toda la cadena de valor. Entre estos, Petronas, a través de su iniciativa Gentari, se destaca en el segmento de producción, apostando por la generación de hidrógeno verde mediante el aprovechamiento de la energía hidroeléctrica en sinergia con Sarawak Energy Berhad (SEB) y Tenaga Nasional Berhad (TNB). Por otro lado, el conglomerado Sime Darby, conocido por su amplia presencia en el sector de plantaciones en Malasia, explora el potencial de la biomasa para la producción de hidrógeno, especialmente a través subproductos de la industria de procesamiento del aceite de palma.

Desde la perspectiva de la estructura competitiva del mercado, es crucial reconocer la importancia de entidades gubernamentales como el NRECC, MITI, KPKT y MIDA, que junto con corporaciones líderes como Petronas/Gentari y TNB, así como Sime Darby, configuran el panorama competitivo. A ello se suman ministerios estatales, agencias y corredores económicos que colaboran en proyectos específicos, evidenciando un ecosistema robusto y cooperativo que facilita la transición energética hacia el hidrógeno verde. En el caso del Estado de Sarawak SDEC y SDEC Energy están liderando la adopción de estas energías.

Este análisis de mercado, entendido como una radiografía sectorial, subraya no solo la diversidad de actores involucrados y sus respectivas contribuciones, sino también la importancia de la colaboración intersectorial. Es evidente que el desarrollo del mercado del hidrógeno verde en Malasia se encuentra en una etapa prometedora, con potencial para combinar la innovación tecnológica, con apoyo gubernamental y compromiso corporativo, anticipando un futuro sostenible y de alta competitividad.

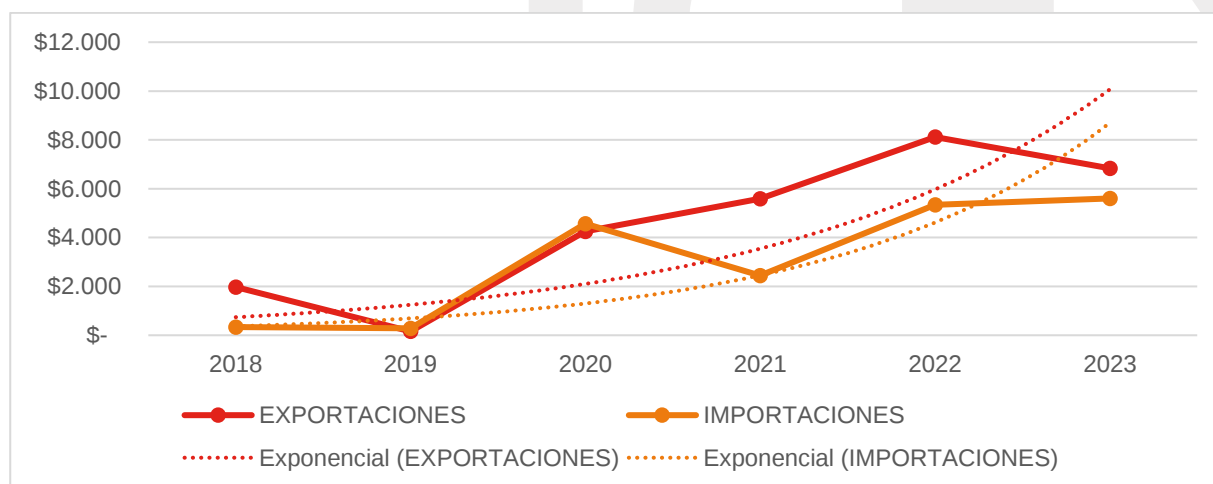
3.4. Balanza Comercial – Importaciones vs Exportaciones

La ambición de Malasia por transformarse en un polo líder en la exportación de hidrógeno verde es especialmente relevante en el Estado de Sarawak. No obstante, la industria del hidrógeno aún está en una fase incipiente, y actualmente, todavía una gran parte de la producción se destina al consumo interno.

Para evaluar el potencial del mercado, es crucial considerar el estado actual del sector en términos de comercio internacional. La falta de una clasificación arancelaria específica para el hidrógeno verde nos lleva a utilizar el código 280410, que engloba al hidrógeno de manera general. Entendemos que en su mayoría estas estadísticas actuales reflejan el comercio de hidrógeno de origen no renovable, pues la producción de hidrógeno verde se encuentra todavía en una fase incipiente de desarrollo.

GRÁFICO 17: COMERCIO DE HIDROGENO EN MALASIA YoY

En miles de dólares. Código HS 280410: hidrógeno



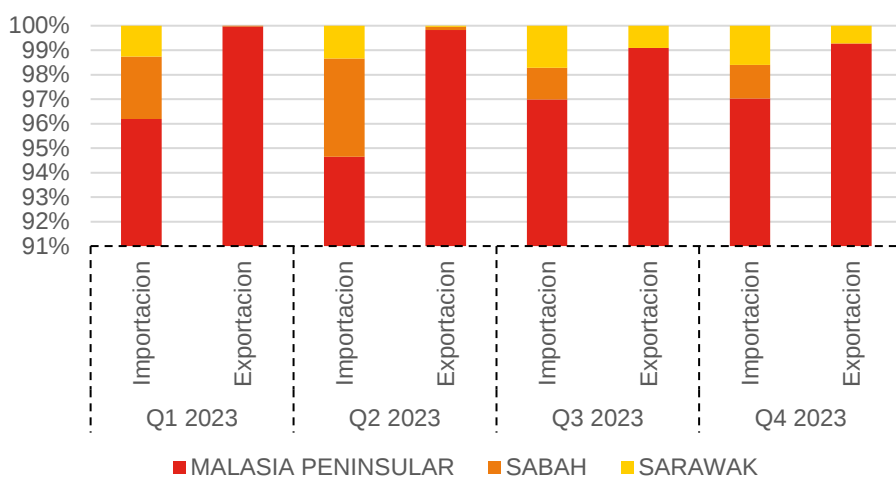
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de METS ONLINE (DOSM).

Según se observa en el gráfico 17, la dinámica comercial del hidrógeno en Malasia muestra una tendencia ascendente, tanto en importaciones como en exportaciones, lo cual resalta el creciente interés en este sector en los últimos años. Entre los principales socios comerciales se destacan Singapur, China y Estados Unidos. En el ámbito de las exportaciones, Singapur sobresale como el destinatario principal, acaparando el 98 % de estas (equivalentes a 31,13 millones de dólares). Por su parte, los mayores proveedores hacia Malasia son China (12,56 millones de dólares), Estados Unidos (11,06 millones de dólares) y Singapur (1 millón de dólares). Este escenario comercial arroja un saldo positivo, con un superávit de 5,77 millones de dólares, impulsado principalmente por las significativas exportaciones al país vecino.

Por otro lado, al analizar la dinámica comercial específica de Malasia, tal como se ilustra en el gráfico 9, resulta evidente la predominancia de la Península de Malasia sobre la Isla de Borneo. Aunque Sabah y Sarawak, por ese orden en términos de volumen, muestran niveles significativos de importaciones, no alcanzan a compararse con las cifras peninsulares. La distribución de las exportaciones está influenciada principalmente debido a que Singapur, el mayor socio comercial, comparte frontera con la parte peninsular de Malasia. Esto explica por qué el hidrógeno exportado proviene mayoritariamente de esta zona, aunque su producción no se limite exclusivamente a ella.

GRÁFICO 9: COMERCIO DE HIDROGENO POR REGIONES (2023)

Código HS 280410: hidrógeno



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de METS ONLINE (DOSM).

4. Demanda

El hidrógeno verde se perfila como un componente crucial en la estrategia energética de Malasia para mitigar el cambio climático, en un contexto donde los combustibles fósiles aún dominan su *mix* energético, con un 91 % de dependencia.²⁵ Actualmente, Malasia dispone de infraestructuras de gas natural bien consolidadas y dada la capacidad del hidrógeno verde para integrarse en ellas, podría simplificarse significativamente su adopción y desarrollo. Teniendo en cuenta el interés malayo por la transición energética, se prevé un incremento en su demanda, especialmente en sectores clave tales como el transporte, la industria y la edificación.

El *Hydrogen Economy and Technology Roadmap* (HETR) identifica dos escenarios principales para estimar la demanda de hidrógeno hasta 2050: el escenario de *Business-as-usual* (BAU) y el de *Emissions Driven Scenario* (EDS). BAU se fundamenta en planes futuros basados en el compromiso regional hacia la tecnología del hidrógeno, mientras que EDS persigue una estrategia más ambiciosa, asumiendo una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero alineada con los objetivos de la Agencia Internacional de Energía. Basado en los datos de la Tabla 6, la demanda actual de hidrógeno de fuentes bajas en carbono y verdes es limitada, con perspectivas de crecimiento en el futuro. En el primer escenario para 2050, las emisiones de gases de efecto invernadero podrían reducirse a 20.646.933 tCO₂, representando el hidrógeno un 6 % del consumo final de energía (105 TWh), con una inversión acumulada de 201 MMMYR, impulsando ingresos nacionales e internacionales y creando empleos sostenibles. El segundo escenario presenta una reducción de 91.027.598 tCO₂, aumentando la participación del hidrógeno al 18.8 % del consumo energético final y una inversión de 577 MMMYR. Los sectores de Industria y Movilidad serán los principales consumidores proyectados de hidrógeno en el escenario BAU, sumando un total de 1.09 millones de toneladas de hidrógeno consumido. Respecto al consumo final de energía, se proyecta que la participación del hidrógeno será del 1,1 % en 2030, 3,6 % en 2040 y 6 % en 2050.

En el corto plazo, se prevé que la biomasa sea la fuente principal para la producción de hidrógeno verde. No obstante, a largo plazo, la tecnología de electrolizadores adquiere una importancia crucial, permitiendo proyectos de mayor escala y con una proyección de aumento en su eficiencia. Esto augura un incremento significativo en la contribución del hidrógeno verde a la matriz energética, tal como se detalla en las proyecciones presentadas. En esta proyección puede observarse que el hidrógeno se destinará fundamentalmente a la exportación. La demanda local del mismo se concentrará en la industria, especialmente la no energética, y en menor medida en el transporte.

²⁵ <https://www.bcg.com/press/2november2021-green-hydrogen>

TABLA 6: ESCENARIOS DE ECONOMÍA DEL HIDRÓGENO

Proyecciones para 2030, 2040 y 2050. El segundo apartado (sectores) medido en MTPA y el tercer apartado (indicadores) medido en miles de millones de Ringgit.

		BUSINESS AS USUAL (BAU)			EMISSIONS DRIVEN SCENARIO (EDS)		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
REDUCCION GEI		1,57 % reducción de intensidad en 2050			6,94 % reducción de intensidad en 2050		
FUENTE DE H₂	Bajo en carbono	99,94 %	78,07 %	51,14 %	90,14 %	0,6166	53,37 %
	verde	0,06 %	23,13 %	49,53 %	9,86 %	38,34 %	46,63 %
VOLUMEN DE PRODUCCION (MT)		1	4	7	2	8	16
% CONSUMO DE ENERGIA		1,10 %	3,60 %	6,00 %	3,30 %	10,60 %	18,80 %
ENERGIA		-	-	-	0,05	0,99	2,05
INDUSTRIA (Generación de calor)		0,03	0,22	0,48	0,03	0,63	1,32
INDUSRTRIA (No energética)		0,32	1,32	2,32	0,97	2,7	5,58
TRANSPORTE		0,0006	0,03	0,46	0,01	0,12	0,92
MARITIMO		-	-	-	0,03	0,21	0,41
EXPORTACION		0,55	1,88	3,2	0,55	1,88	3,2
INVERSION ACUMULADA		6,9	58	201	12	148	577
INGRESOS DOMESTICOS		7,4	37,1	151,7	12,1	151,8	497,2
INGRESOS EXPORTACION		20,3	218,77	408,93	20,3	218,77	408,93
CONTRIBUCION AL PIB		49	292	663	61	637	1573
CREACION LABORAL		168.000 puestos de trabajo			211.680 puestos de trabajo		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Hydrogen Economy and Technology Roadmap (HETR).

4.1. Demanda por sector y sus desafíos

4.1.1. Transporte

El hidrógeno está emergiendo como un combustible clave en el sector de la movilidad, ofreciendo soluciones para el transporte terrestre, marítimo y aéreo. En el ámbito terrestre, la demanda de hidrógeno muestra su potencial más inmediato, particularmente en el ámbito de los vehículos de pila de combustible. La adopción de autobuses, camiones y coches propulsados por hidrógeno está creciendo, ofreciendo una alternativa viable y sostenible a los vehículos de combustión interna y, en ciertos aspectos, complementando la movilidad eléctrica a batería.

En el sector marítimo, la demanda de hidrógeno y sus derivados como el amoníaco está creciendo, motivada por las regulaciones internacionales para reducir las emisiones de GEI. La capacidad del amoníaco de servir como combustible marino ofrece una ruta viable para desvincular esta industria de los combustibles fósiles. Se anticipa que la infraestructura de abastecimiento y las tecnologías de motores se desarrollen en los próximos años.

Aunque el sector de la aviación enfrenta desafíos más complejos debido a las altas demandas energéticas y los estrictos requisitos de seguridad, el interés por el hidrógeno como componente de e-combustibles para la propulsión de aeronaves está en aumento. Estas innovaciones prometen mitigar la considerable huella de carbono del sector, marcando el comienzo de una era de viajes aéreos más sostenibles.

4.1.2. Industria no energética

La demanda de hidrógeno en la industria no energética está experimentando un crecimiento notable, impulsada por la necesidad de alternativas más limpias y sostenibles a los combustibles fósiles. En sectores como el químico, la refino y la metalurgia, el hidrógeno se ha convertido en una materia prima indispensable. En la vanguardia de este cambio, se encuentra el hidrógeno limpio o verde, producido a partir de fuentes de energía renovables, que promete reemplazar al hidrógeno gris, derivado de los combustibles fósiles.

La producción de amoníaco y metanol con hidrógeno verde es una opción cada vez más atractiva para reducir la huella de carbono en estas industrias. El amoníaco verde, utilizado como fertilizante y potencial combustible, se produce impulsada por energía renovable. Asimismo, el hidrógeno verde puede combinarse con monóxido de carbono para fabricar metanol, un químico empleado en plásticos y biocombustibles.

La adopción del hidrógeno verde en la industria no energética representa un paso significativo hacia una economía baja en carbono. A medida que las tecnologías relacionadas con el hidrógeno maduran y se vuelven más accesibles, se espera que su uso se expanda aún más, ofreciendo una ruta prometedora para la descarbonización de sectores industriales clave y, eventualmente, para una movilidad más limpia y sostenible.

4.1.3. Energético y calefactor

En el ámbito del estudio de mercado para el hidrógeno verde, su capacidad para desempeñar un papel integral tanto en la generación de calor como de electricidad es de particular interés. De esta manera, aquellas soluciones tecnológicas que permiten el uso de hidrógeno se perfilan como alternativas prometedoras para la transición hacia un sistema de bajas emisiones de carbono. Aun así, es de esperar que la transición hacia el hidrógeno para sistemas de calefacción y generación de energía sea gradual, aprovechando las mezclas de hidrógeno con gas natural, lo que permite una reducción inmediata de la huella de carbono (tabla 7) y prepara el camino hacia una

infraestructura completamente renovable. Además, los informes técnicos señalan que la infraestructura de gas existente puede adaptarse para usar estas mezclas, lo que simplifica la transición y la hace más rentable.

Existen diversos métodos para producir calor y electricidad a partir de hidrógeno;

- **Centrales de Ciclo Combinado:** Utilizan una combinación de turbinas de gas y de vapor para producir hasta un 50 % más de electricidad con el mismo combustible en comparación con las plantas de ciclo simple.²⁶ Aunque típicamente se alimentan con gas natural, también pueden funcionar con carbón, biomasa, energía solar e hidrógeno.
- **Plantas de Cogeneración (CHP):** Son un método descentralizado y eficiente de producción de calor y electricidad. Algunas de estas plantas funcionan con biocombustibles, pero también hay plantas que operan con una mezcla de gas e hidrógeno y, en otros países, algunas funcionan exclusivamente con hidrógeno.
- **Celdas de Combustible de Hidrógeno:** Producen electricidad combinando átomos de hidrógeno y oxígeno. La reacción del hidrógeno con el oxígeno, a través de una celda electroquímica similar a la de una batería, genera electricidad, agua y pequeñas cantidades de calor. Estas celdas de combustible pueden utilizar gas natural, biogás o hidrógeno como materia prima principal para el generador.
- **Calderas adaptadas:** Una de las ventajas más notables de estas calderas es que, al quemar hidrógeno, el único subproducto generado es agua, eliminando así las emisiones de dióxido de carbono al ambiente. Además, Las calderas de hidrógeno pueden diseñarse para adaptarse a la infraestructura de gas natural existente con cambios mínimos.

TABLA 7: CONTAMINACIÓN POR SISTEMA DE GENERACION ELECTRICO

CONTAMINANTE	SISTEMAS DE GENERACION					
	Turbina de gas	Ciclo combinado	Motor de gas	Motor de fuelóleo	Central convencional de gas	Central de carbón
NOx	1,9	1,9	0,8	7,2	6,6	3,4
SO ₂	-	-	-	3	-	15
CO ₂	280	280	240	530	470	1200
CO	0,1	0,1	1,5	1,6	0,1	1,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Universidad de Sevilla

²⁶ HETR

5. Precios

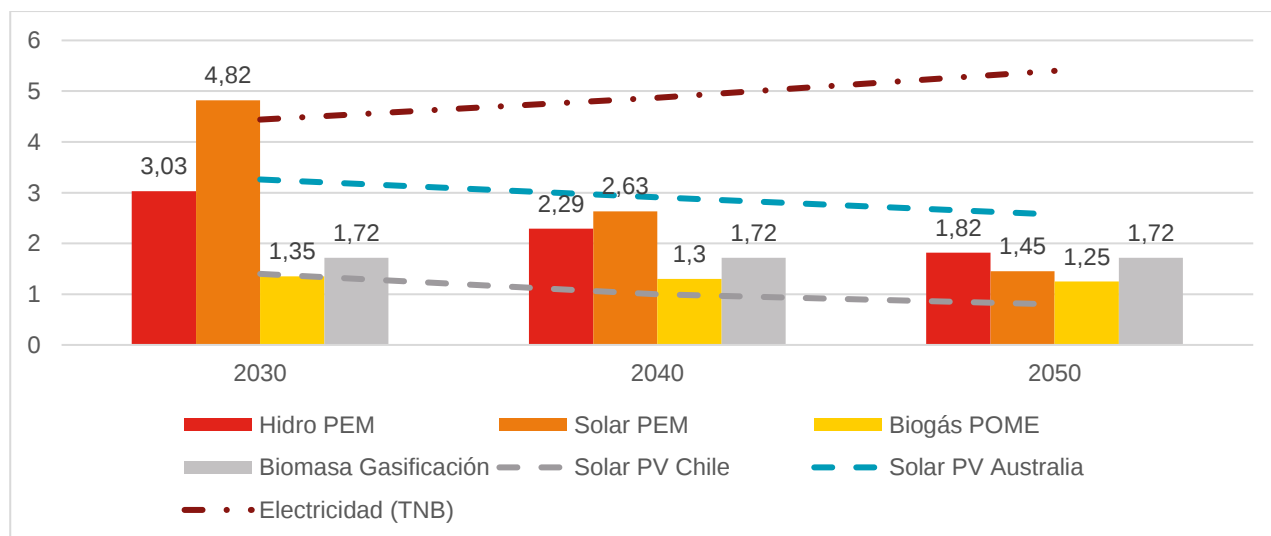
5.1. Costes de producción y precio

La producción de hidrógeno verde actualmente es cara debido a los costos asociados con la electricidad renovable y la tecnología de electrolizadores. No obstante, se espera que los precios disminuyan significativamente a medida que mejore la eficiencia de dichos electrolizadores y la disponibilidad de electricidad renovable a bajo costo. Este descenso en los precios es crucial para su competitividad, con objetivos de coste cercanos a 2 dólares por kilogramo.

De forma generalizada, para calcular el coste asociado a la producción del hidrógeno verde se usa el Costo Nivelado de Hidrógeno (LCOH, por sus siglas en inglés). Este parámetro refleja el costo de producir 1 kg de hidrógeno verde, teniendo en cuenta tanto los costos estimados de la inversión requerida como los costos operativos de los activos involucrados en su producción. Actualmente, el LCOH en la producción de hidrógeno verde dobla a la del gris y negro, suponiendo un reducido incentivo para invertir en la infraestructura necesaria para su explotación.

GRÁFICO 10: LCOH (\$) EN MALASIA POR TIPO DE FUENTE

2030-2050. Comparativa con otros países exportadores de hidrógeno y al precio de la electricidad



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del HETR.

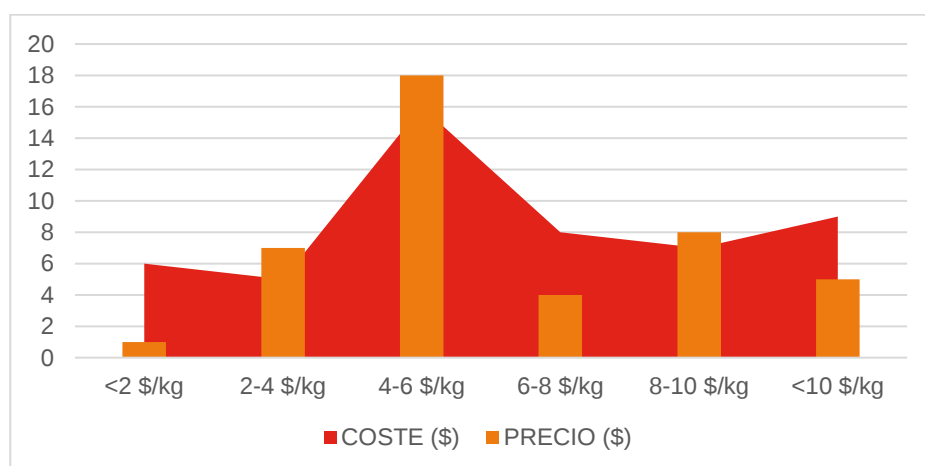
El análisis presentado en el gráfico 10 revela variaciones significativas en el Costo Nivelado de Hidrógeno (LCOH) según la fuente energética empleada. De manera consistente, la producción a

partir de biogás muestra los costes más bajos y estables a lo largo del período estudiado. Similar estabilidad presenta los costos asociados a la generación de biomasa, que además se mantiene competitiva frente a otras fuentes. No obstante, estas enfrentan desafíos notables, principalmente debido a la escasez de recursos en Malasia, y la dificultad de consolidar los recursos de las plantaciones de aceite de palma. Además, una considerable cantidad de estos recursos se destina a la exportación, aprovechando su mayor valor en mercados internacionales.

En contraste, la producción de hidrógeno vía energía fotovoltaica destaca por su potencial de mejora, impulsada por la reducción de costos en electrolizadores y módulos fotovoltaicos. Esta tecnología, con un amplio potencial de expansión en Malasia a largo plazo, beneficia especialmente a las regiones septentrionales de la península.²⁷

Por último, la generación hidroeléctrica, particularmente en Sarawak, ofrece una alternativa viable y prometedora. Los costes aquí considerados corresponden a infraestructuras de menor escala, donde los requisitos de ingeniería civil son más reducidos, lo que podría facilitar su implementación. Junto con el biogás y la biomasa, estas fuentes representan opciones competitivas a corto plazo, aunque limitadas por la disponibilidad de recursos. Si comparamos los datos con los de otros dos países analizados, observamos que para 2040, Malasia podrían alcanzar niveles de competitividad similares. Es importante destacar que tanto Australia como Chile han progresado gracias al apoyo gubernamental en tecnologías de hidrógeno por lo que, para competir adecuadamente, Malasia deberá invertir significativamente en estas áreas.

GRÁFICO 11: NUMERO DE VALLES DE HIDROGENO POR RANGO DE COSTE Y PRECIO



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de H2V.

²⁷ [https://fupubco.com/fusus/article/view/155#:~:text=The %20levelized %20cost %20of %20hydrogen,by %202030 %2C %20indicating %20better %20prospects.](https://fupubco.com/fusus/article/view/155#:~:text=The%20levelized%20cost%20of%20hydrogen,by%202030%2C%20indicating%20better%20prospects.)

Según un estudio realizado por H2V en 2021²⁸, el coste medio de producción de hidrógeno se sitúa generalmente entre 4 y 8 dólares por kg para tecnología PEM, aunque la mayoría de los precios se concentran entre los 4 y 6 dólares por kg (gráfico 11). Además, El estudio resalta dos pilares clave para financiar proyectos: asegurar inversores privados y obtener subsidios gubernamentales. Es importante señalar que, aunque la mayoría de los datos son europeos y su aplicación a Malasia puede estar sesgada, ofrecen una visión clara del sector.

La tabla 8 muestra que los costos en la cadena de producción de hidrógeno dependen principalmente de la energía utilizada y del proceso de electrólisis. Por ello, centrar los esfuerzos en aumentar la eficiencia de estos dos factores podría llevar a una notable reducción de costos y a una mejora en la competitividad del hidrógeno.

TABLA 8: DESGLOSE DEL COSTE EN LA CADENA DE PRODUCCION

DESGLOSE DEL COSTE	% SOBRE TOTAL
ELECTROLISIS	36 %
ENERGIA	48 %
ALMACENAMIENTO	12 %

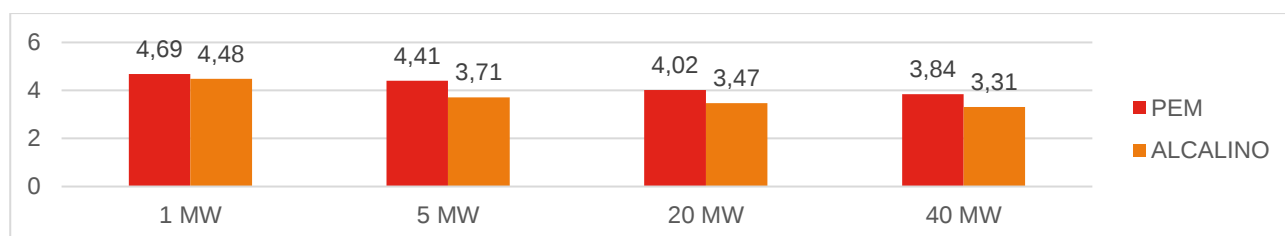
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CEEW.

5.2. Análisis de otros componentes del precio

Uno de los factores que más influye sobre el precio son las economías de escala, entendida como el efecto que tiene el aumento de la producción para disminuir el coste. En este caso, el fenómeno depende en gran medida de la maduración tecnológica del sector, así como de la capacidad productiva y el tipo de electrolizador utilizado (gráfico 12).

GRÁFICO 12: PRECIOS DE PRODUCCIÓN POR ELECTROLIZADOR Y CAPACIDAD

En 2025, en dólares por MW y asumiendo tecnología europea



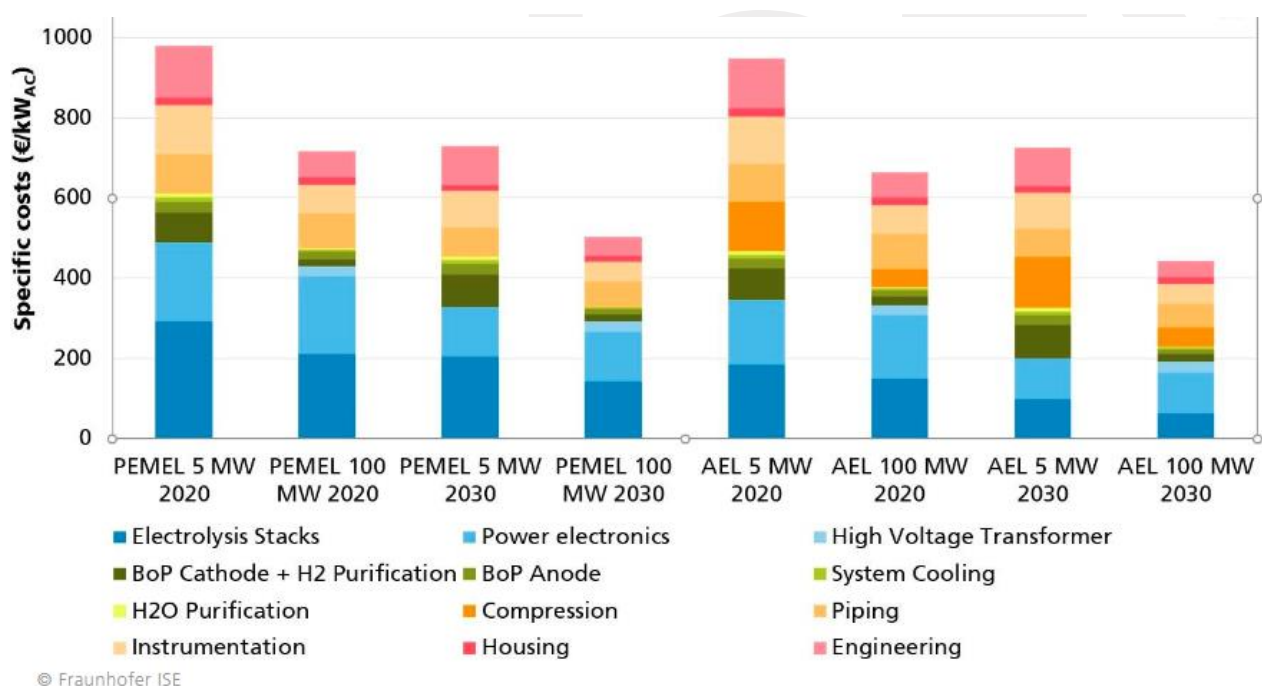
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Fraunhofer para sistemas de energía solar ISE, 2022.

²⁸ <https://h2v.eu/analysis/statistics/financing/key-success-factors>

Por otro lado, una vez producido el hidrógeno, se enfrentan gastos significativos en almacenaje y transporte. El almacenaje en portadores orgánicos líquidos (LOHC), el método más económico, cuesta alrededor de 1\$ por kg de hidrógeno. En contraste, otras formas de almacenamiento como en estado líquido o amoníaco duplican este costo. Además, este coste de almacenaje habrá de tener en cuenta costes de conversión, transmisión, almacenamiento y reconversión asociados al tipo de transporte. Por otro lado, el transporte supone entre 2,75 y 7\$ por kg²⁹, dependiendo de la cantidad de hidrógeno producida y transportada, así como de la distancia a recorrer, detalles que se explicarán más a fondo en el apartado 7. Como referencia, el gráfico 13 ilustra la distribución de los costos del hidrógeno por tipo de electrolizador utilizado entre 2020 y 2030.

GRÁFICO 13: COSTES DE HIDROGENO Y SU PROGRESION HASTA 2030

En 2020 y 2030, en EUR/kW y asumiendo tecnología europea



Fuente: Instituto Fraunhofer para sistemas de energía solar ISE, 2022.

²⁹ IEA: "Future of Hydrogen"

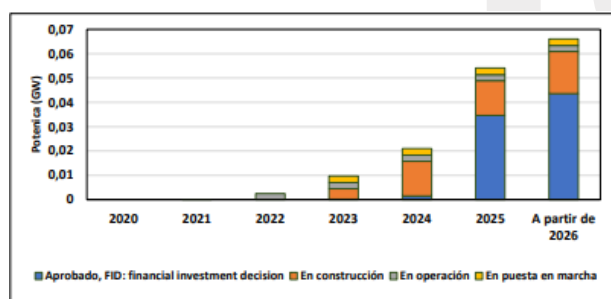
6. Percepción del producto español

España se está consolidando como un referente en el sector del hidrógeno verde, enfocando sus esfuerzos en la descarbonización y la transición hacia un sistema energético más sostenible por lo que el hidrógeno verde se percibe como un vector energético clave. Para dimensionar el mercado, es descabale mencionar que en el país se consume anualmente alrededor de 500,000 toneladas de hidrógeno³⁰, en su mayoría de tipo gris, utilizadas en la producción industrial, como en plantas de amoníaco y refinerías. Esto destaca el potencial latente para sustituir dicho hidrógeno por un homólogo más sostenible.

GRÁFICO 14: INFORMACIÓN SOBRE PROYECTOS EN ESPAÑA

IZQ: Capacidad acumulada de proyectos de hidrógeno en el Censo con Decisión Final de Inversión (FID)

DER: Principales actividades relacionadas con hidrógeno desarrollándose en España



Fuente: Hoja de ruta del hidrógeno (MITECO) y Censo de Proyectos de Hidrógeno en España (AeH2).

Las necesidades energéticas del sector industrial presentan retos para el uso de fuentes renovables. Se abre la posibilidad de integrar el hidrógeno por su alta capacidad calorífica y bajos niveles de emisiones. Se destacan tres áreas de aplicación: refino, industria química y metalurgia.

Según EUROSTAT, en 2018, aproximadamente el 30 % de la energía consumida en España se destinó al suministro energético residencial y terciario, principalmente de gas natural y electricidad. Las aplicaciones estacionarias, incluyendo sistemas de cogeneración para sectores residenciales e industriales, se incluyen en este uso. El hidrógeno verde se perfila como una alternativa para contribuir a la descarbonización de estos sectores también, proporcionando un suministro

³⁰ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/hidrogeno/hojarutahidrogenorenovable_tcm30-525000.PDF

energético flexible, adaptado y continuo. Cabe mencionar que por el momento su uso térmico solo se ha demostrado en proyectos piloto.

Estos desarrollos son indicativos de una percepción positiva y un fuerte compromiso con el hidrógeno verde en España, y muestran un avance significativo hacia la reducción de la dependencia del hidrógeno gris y el avance en la sostenibilidad energética.

6.1. Proyectos de hidrógeno

A continuación, se presenta una selección de iniciativas clave que abarcan la producción y utilización del hidrógeno en general y muchas de ellas se relacionan directa o indirectamente con el hidrógeno verde en particular.

TABLA 9: PROYECTOS DE HIDROGENO EN ESPAÑA

Proyecto	Promotores/Socios	Objetivo	Enlace
BENORTH2	Nortegas, WhiteSummitCapital, CCI, Sener, BizkaiaEnergía	Mezclar hidrógeno y gas natural para su uso en la red de gas ciudad e industrial.	https://www.benorth2.com/
GREEN HYSLAND	Acciona, Enagás, Cemex, IDAE, Redexis	Producir hidrógeno verde a partir de electricidad renovable	https://www.acciona.com
H2SAREA	Nortegas	Estudiar la inyección de hidrógeno verde en la red de gas natural.	https://www.h2sarea.com/
BH2C	Repsol, Petronor, Cluster Energía, Nortegas, Enagás, Enargi, Mubil/GHK, Garbiker, Sarralle, Sener	Crear un ecosistema de hidrógeno en el País Vasco para la descarbonización.	https://www.bh2c.org/es
H2PORTS	Ballard, Grimaldi	Proyecto piloto en el Puerto de Valencia para transformar máquinas a hidrógeno.	https://h2ports.eu/
BAHIA H2 OFFSHORE	Clúster de Energía Marina de Cantabria	Prototipo marino para producción de hidrógeno y amoníaco verde.	https://bahiah2.com/proyecto/
HIDROGENO SOLAR	Naturgy, Enagás	Planta de hidrógeno limpio.	N.D.
SEA FUEL	ITER, Cabildo de Tenerife, Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, Enagás	Viabilidad de combustibles renovables para transporte en Tenerife, completado en 2020.	https://www.seafuel.eu/es/inicio/
SUN2HY	Enagás, Repsol	Energía solar e hidrógeno. Completado en 2020.	https://www.gasrenovable.org/proyecto/sun2hy/

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Tecnología española

España dispone de una amplia base de compañías, universidades y organizaciones que pretenden desarrollar soluciones en el sector del hidrógeno verde. Ello no solo refleja un compromiso con la sostenibilidad ambiental, sino que también responde a las necesidades energéticas crecientes. A

continuación, se presentan algunas de las tecnologías innovadoras que posicionan a España como un centro destacado en su desarrollo;

TABLA 10: TECNOLOGIA ESPAÑOLA OFERTADA

Producción a partir de biomasa	Tanques de plástico para almacenamiento	Tuberías para distribución	Placas bipolares
Producción mediante electrólisis	Reformado de biocombustibles	Pila de combustible alcalina	Pilas de combustible PEM
Software CFD	Materiales avanzados para almacenamiento	Sistemas estacionarios y de movilidad	Tecnología de LOHCs
Estudios de viabilidad técnica y sostenibilidad	Análítica de líquidos y gases	H2 para vehículos	Análítica de pureza
Tecnología de SOEC	Tecnología de SOFC	Procesos P2X	Síntesis de productos químicos (metanol, amoníaco, etc.)
Infraestructura de repostaje	Suministro y dispensadores	Carga y descarga de tráileres	H2 vía catalítica y termoquímica
Gas comprimido	Prototipos	Valles de hidrógeno	Pirólisis/gasificación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de pte-h2.

TABLA 11: UNIVERSIDADES, ASOCIACIONES Y EMPRESAS ESPAÑOLAS

UNIVERSIDADES	ASOCIACIONES Y CT	COMPAÑÍAS		
U. Autónoma de Madrid	AeH2	Abengoa	GreenTech	Naturgy
U. del País Vasco	*Pte-H2	Ajusa	EcoIntegral	MMM Energy
U. Rey Juan Carlos	**Hydrogen Europe	Cepsa	Enagas	Prematecnica
U. Politécnica de Cataluña	CENER	BaseSistemas	Greenew2h2	Repsol
U. de Oviedo	CNH2	BSE Renovables	Hiperbaric	Saralle
U. de León	CIRCE	Cetil	HRS	TSK
U. de Castilla-La Mancha	TECNALIA	Diverxia	LEITAT	Iberdrola

* Pte-H2 es una plataforma, no una asociación.

**Hydrogen Europe es una asociación de ámbito europeo, no limitada a España.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de pte-h2

7. Canales de distribución

7.1. Almacenamiento

Antes de proceder con la distribución de hidrógeno en el siguiente apartado, es crucial evaluar las opciones y capacidades de almacenamiento disponibles. Las técnicas más comunes incluyen el almacenamiento en forma de gas comprimido y en estado líquido. El método de gas comprimido, aunque ampliamente adoptado y tecnológicamente avanzado, implica el uso de tanques resistentes y específicos que soportan altas presiones, pero este proceso consume bastante energía debido a la necesidad de compresión. El líquido, menos desarrollado, implica mayores costos energéticos para la licuefacción y el mantenimiento a temperaturas criogénicas.

Por otro lado, para mejorar la eficiencia y la seguridad, se están investigando alternativas innovadoras como los borohidruros, el amoníaco y el metanol, como portadores de hidrógeno, elemento que liberan con posterioridad mediante reacciones químicas específicas. Los hidruros metálicos también son prometedores por su capacidad de absorber y liberar hidrógeno de manera eficiente y segura. Estos compuestos pueden ofrecer ventajas significativas en términos de seguridad y practicidad.

Adicionalmente, las cavernas de sal se están explorando como una opción viable y flexible para el almacenamiento subterráneo de grandes volúmenes de hidrógeno. Representan una solución atractiva debido a su capacidad para almacenar hidrógeno a baja presión, reduciendo los costos energéticos asociados con la compresión. Este enfoque no solo mejora la seguridad, sino que también potencia la viabilidad económica del almacenamiento a largo plazo.

7.2. Modo de transporte y sus características³¹

7.2.1. Energía eléctrica, calefacción y uso no-energético

- **GH₂:** El hidrógeno gaseoso se transporta principalmente en camiones o mediante tuberías. Debido a que se produce a una presión relativamente baja (20-30 bar), es necesario comprimirlo antes de su transporte. Cuando se transporta en camiones, estos están equipados con tubos largos apilados en el remolque, adecuados generalmente para distancias más cortas. En cambio, el transporte por tuberías se utiliza para volúmenes mayores y distancias más largas. La mayoría de las tuberías de hidrógeno existentes se encuentran en refinerías de petróleo, donde se usa en el proceso de refino.

³¹ HETR

- **LH₂ + evaporación:** Cuando se necesita transportar grandes volúmenes de hidrógeno y no hay tuberías disponibles, comúnmente se transporta en forma líquida. Para licuar el hidrógeno, este debe enfriarse a temperaturas criogénicas, específicamente por debajo de los **-253°C**. Licuar el hidrógeno requiere una cantidad significativa de energía, consumiendo más del 30 % del contenido energético del hidrógeno y resultando costoso. Para convertir el hidrógeno líquido de nuevo en gas, se utiliza un proceso de evaporación que implica una serie de intercambiadores de calor que pueden calentarse indirectamente mediante aire, agua o vapor.
- **Portadores de hidrógeno líquido (LOHC) + deshidrogenación:** Los transportadores de hidrógeno almacenan este elemento en formas químicas distintas al tradicional transporte de moléculas de hidrógeno libres. Se están llevando a cabo investigaciones para desarrollar nuevos transportadores de hidrógeno, tanto líquidos como sólidos, que faciliten su entrega. Una técnica emergente, aún en fase de investigación, consiste en hidratar un compuesto químico en el lugar de producción y luego deshidratarlo en el punto de entrega o directamente en el vehículo de celda de combustible. Entre los candidatos para actuar como transportadores se encuentran los hidruros metálicos, diversas nanoestructuras de carbono, e hidrocarburos reversibles, como el Metilciclohexano (MCH) y otros compuestos líquidos. Esta metodología promete revolucionar la manera en que se maneja y distribuye el hidrógeno, adaptándose a diversas necesidades y aplicaciones.
- **Portadores de hidrógeno sólido (SHC) + Hidrólisis:** Representan una alternativa comercialmente viable al hidrógeno comprimido o líquido si el objetivo es almacenar gas de la más alta pureza de manera segura, a bajas presiones (de 2 a 40 bares), en un espacio reducido y sin pérdidas por evaporación. Además, en caso de fuga, el gas no se libera de una vez, sino en pequeñas cantidades a lo largo del tiempo. Se ha sugerido el uso de SHCs en sistemas descentralizados de hidrógeno, los cuales son capaces de suministrar energía limpia a áreas poco atendidas por la red eléctrica convencional. Estos sistemas posibilitan el almacenamiento, transporte y distribución segura y eficiente de energía limpia.

7.2.2. Movilidad

- **GH₂:** El uso de hidrógeno para la movilidad generalmente involucra hidrógeno comprimido. Las operaciones de compresión para el hidrógeno en forma gaseosa se diferencian según la capacidad y las necesidades de presurización. Para el transporte por gasoducto, se requieren altas tasas de flujo (miles de kg/hr) y presiones relativamente bajas (<10 MPa) con ratios de compresión (10:1). Sin embargo, en las estaciones de combustible, las tasas de flujo son menores y las presiones de compresión llegan hasta 100 MPa (1.000 bar).
- **LH₂:** Es crítico que las bombas de hidrógeno líquido estén herméticamente selladas y solo dejen escapar trazas muy pequeñas de hidrógeno al ambiente exterior. El hidrógeno líquido se mantiene a temperaturas extremadamente bajas por lo que se presuriza típicamente con bombas centrífugas especialmente diseñadas. Las bombas de pistón de hidrógeno líquido se usan para el reabastecimiento, cargar hidrógeno en vehículos y en otras aplicaciones

como turbinas de gas y algunos tipos de motores. Este tipo de hidrógeno también se puede transportar tanto en camiones como por tuberías, al igual que el mencionado anteriormente.

7.3. Infraestructura en Malasia

Dado el estado emergente de las infraestructuras para el transporte de hidrógeno verde, actualmente solo es posible realizar un análisis aproximado utilizando como referencia los principales sistemas de transporte establecidos para el gas natural.

Actualmente, el gas natural (*offshore*) llega a Malasia a través de las provincias de Kedah y Terengganu, abasteciendo a otras provincias del país. El gas natural licuado (LNG) se regasifica al entrar por las terminales de Sungai Udang y Pengerang, que tienen la capacidad de recibir, almacenar y transformar el LNG en gas para su distribución.

Malasia cuenta con una red significativa de gaseoductos operados principalmente por Petronas Gas Berhad, diseñada para el transporte de gas natural a través de la Península de Malasia y hacia Singapur. El sistema más extenso es el Peninsular Gas Utilisation (PGU), que abarca unos 2,623 kilómetros. Esta red conecta fuentes importantes de gas natural con sectores industriales, plantas petroquímicas y estaciones de generación de energía.

En cuanto a la infraestructura portuaria, los principales puertos de Malasia incluyen Klang, Tanjung Pelepas, Kuantan, Penang, y Bintulu. Estos manejan la mayoría de las importaciones y exportaciones de LNG. Por ejemplo, el puerto de Bintulu es una puerta de entrada estratégica para el comercio en la región, manejando cerca del 76 % de sus operaciones en carga líquida, debido a su proximidad a plantas de procesamiento.³²

La red ferroviaria, aunque centrada en el transporte de pasajeros, también incluye estaciones clave para el transporte de mercancías como Port Klang, Padang Besar, Batu Caves, Johor Bahru, Ipoh y Butterworth. Estas estaciones conectan con los principales puertos para facilitar el movimiento de mercancías a lo largo del país.

³² <https://www.marineinsight.com/know-more/7-major-ports-in-malaysia/>

8. Acceso al mercado – Barreras

8.1. Requisitos comerciales, legales y técnicos

Actualmente, La infraestructura actual para la producción y distribución de hidrógeno verde en Malasia aún no está desarrollada. Como consecuencia, los requisitos comerciales para este sector suelen estar alineados con los del hidrógeno convencional. Este escenario representa un desafío considerable, pues las compañías deben navegar por un marco regulatorio en proceso de adaptación a las necesidades específicas del hidrógeno sostenible.

Por otro lado, existen requisitos técnicos particulares para este tipo de hidrógeno que marcan la diferencia con respecto a su contraparte convencional. Un ejemplo destacado es la tecnología de electrolizadores, que además requiere de fuentes de energía renovable como la solar o eólica para ser ambientalmente viable. Para destacar algunos de los desafíos en la comercialización y despliegue de electrolizadores, es necesario señalar que requieren compresores adicionales in situ, tienen una vida útil relativamente corta, requieren de procesos de reformado y fermentación con desafíos inherentes y precisan de mejoras significativas en su eficiencia energética. Adicionalmente, los sistemas de almacenamiento deben no solo manejar altas presiones, sino también garantizar la pureza del hidrógeno para su uso eficiente en células de combustible y otras aplicaciones que demandan altos estándares de calidad.

Fiscalmente, el hidrógeno y los equipos relacionados con el hidrógeno pueden estar sujetos a derechos de importación. Según Access2Markets, soporta una tarifa del 5 % (MFN). Por otro lado, al estar estrechamente relacionados con las energías renovables, el gobierno proporciona como incentivo diversas deducciones y exenciones, clasificadas en³³:

- Deducción Fiscal por Inversión Verde (GITA) para Propósitos Comerciales.
- Deducción Fiscal por Inversión Verde (GITA) para Consumo Propio.
- Exención del Impuesto sobre la Renta Verde (GITE) para Arrendamiento Solar.

Asimismo, las empresas que inviertan en tecnologías verdes, incluido el hidrógeno, pueden calificar para las ITA, permitiéndoles compensar un porcentaje de su inversión contra los ingresos imponibles. Además, si los proyectos son innovadores e invierten en energía verde, podrían ser elegibles para una exención fiscal del 70 % al 100 % sobre los ingresos estatutarios durante un período de 5 a 10 años.³⁴

³³ <https://www.mgtc.gov.my/what-we-do/green-incentives/green-investment-tax-allowance-gita-asset-2024/>

³⁴ <https://taxsummaries.pwc.com/malaysia/corporate/tax-credits-and-incentives>

Estas características subrayan la necesidad de un desarrollo continuo y específico en políticas e infraestructura para apoyar el crecimiento de la industria. Es por ende fundamental establecer un marco legal claro y específico que regule de manera estructurada toda la cadena de suministro del hidrógeno, desde la producción hasta su utilización final, para superar las ambigüedades del marco actual y fomentar una transición energética efectiva en Malasia.

A continuación, se presenta un resumen de algunas leyes que impactan directa o indirectamente al sector:

TABLA 12: LEYES Y REGULACIONES QUE AFECTAN AL SECTOR, EN MALASIA

Área	Leyes y Regulaciones Relevantes en Malasia
Producción	Ley de Tierras (para producción de Hidrógeno Azul con CCUS). Ley de Coordinación Industrial 1957. Ley de Seguridad y Salud Ocupacional 1994.
Almacenamiento	Directrices sobre Almacenamiento de Productos Químicos Peligrosos del Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional. Código técnico para Almacenamiento de Hidrógeno y Seguridad con Células de Combustible.
Transporte – Carretera	Ley de Transporte por Carretera 1987. Regulaciones relevantes para enmienda.
Transporte – Ferrocarril	Ley de Ferrocarriles 1991. Las regulaciones pertinentes tendrían que ser modificadas para el transporte de hidrógeno por ferrocarril.
Transporte – Oleoductos	Ley de Suministro de Gas 1993. Código de Acceso a Terceros (TPA). Es posible necesitar enmiendas para incluir Hidrógeno como gas.
Transporte – Envío	Ordenanza de Navegación Mercante 1952. Las regulaciones pertinentes tendrían que ser modificadas.
Seguridad	Regulaciones de Suministro de Gas 1997. Acta de Calles, Drenaje y Edificación 1974. Directrices sobre Sistemas de Tuberías Domésticas de Gas.
Medio ambiente	Ley de Calidad Ambiental 1974 (pertinente para la producción de Hidrógeno Gris).

Fuente: AZMI & ASSOCIATES.

8.2. Barreras inherentes al sector

En el análisis del sector del hidrógeno verde, debemos reconocer que nos enfrentamos a un ámbito de competencia considerablemente intensa, impulsada por la demanda creciente de soluciones energéticas sostenibles. Las entidades que operan en este mercado se distinguen por su enfoque en la innovación, la eficiencia de costos y la ampliación de capacidades productivas. Sin embargo, es crucial subrayar que la barrera de entrada para nuevos competidores es elevada, debido a las ingentes inversiones requeridas, lo cual limita el número de actores a empresas con capital suficiente para asumir proyectos con rentabilidades a largo plazo más que inmediatas. No obstante, se anticipa que esta rivalidad podría intensificarse en el futuro conforme disminuyan las barreras de entrada y la tecnología se democratice.

Por otro lado, el poder de negociación de los proveedores es significativo, dado que los insumos, la tecnología y el equipo, así como la energía renovable necesaria para la producción, están en manos

de unas pocas empresas que ejercen un considerable poder de mercado. Esto ha llevado a gigantes del sector, como Petronas, a optar por la integración vertical para mitigar este riesgo.

Adicionalmente, la creciente presión por virar hacia una economía más sostenible ha incrementado la demanda por parte de gobiernos, empresas de transporte y fabricantes de diversos sectores industriales, lo que podría fortalecer la posición negociadora de los productores de hidrógeno verde.

Finalmente, la amenaza de productos sustitutivos no es trivial, especialmente en el corto plazo, donde existen alternativas más económicas como otros tipos de hidrógeno con el mismo uso final. La viabilidad y aceptación de estas alternativas pueden representar una amenaza considerable. Sin embargo, una vez se equiparen los costes a largo plazo, se espera que el hidrógeno verde supere a sus competidores gracias a su perfil ambientalmente sostenible.

8.3. Acceso a licitaciones y ayudas

Malasia ha estado mostrando un creciente interés en el desarrollo del sector del hidrógeno verde como parte de su compromiso más amplio con la sostenibilidad y la energía renovable. Sin embargo, como hemos mencionado anteriormente, la economía del hidrógeno en Malasia aún está en una etapa incipiente, la cadena de suministro competitiva aún no está establecida, y la estructura de costos actual sigue siendo costosa, lo que requiere un gran impulso de políticas, apoyo gubernamental y financiero, inversiones (en proyectos e I+D) y colaboración o asociación transversal.³⁵

8.3.1. Licitaciones

Aunque hay varios proyectos activos de hidrógeno en Malasia, los específicos de hidrógeno verde son menos comunes. Este sector, aún en desarrollo inicial, se encuentra en una fase de promoción de las inversiones necesarias, en la que las autoridades están tratando de promover la inversión extranjera. Esto va a generar demanda de equipamiento y soluciones técnicas, que podría cubrirse mediante contrataciones negociadas en esta etapa.

8.3.2. Subsidios

En la actualidad, Malasia carece de un programa de subsidios gubernamentales dedicado exclusivamente al hidrógeno verde, ofreciendo en su lugar apoyos para el avance de tecnologías bajas en carbono. Entidades públicas están apoyando la realización de inversiones mediante fórmulas de colaboración público-privada en régimen de coinversión, como es el caso de los dos proyectos de gran escala que se están desarrollando en el Estado de Sarawak. La expansión del sector del hidrógeno verde precisa de un respaldo estatal que asegure la viabilidad económica de las inversiones y su competitividad en términos de costes, vital para estimular el uso de energías

³⁵ HETR

renovables y la implementación de soluciones de hidrógeno verde hasta 2030. Este impulso es clave para atraer inversiones tanto públicas como privadas.

La estrategia del Gobierno hacia una progresiva eliminación de los actuales subsidios a los combustibles fósiles resulta fundamental para lograr que las fuentes de combustible alternativas sean competitivas.

8.4. Políticas y programas relevantes

TABLA 13: POLITICAS DE APOYO A LA ENERGIA RENOVABLE EN MALASIA DESDE 2010

POLITICA	DESCRIPCION
National Renewable Energy Policy and Action Plan (2010)	- Desarrollar energía renovable en Malasia y aumentar uso de recursos renovables para seguridad energética y desarrollo sostenible. - Establecer instituciones y medidas de apoyo para el crecimiento de negocios RE.
Renewable Energy Act (2011)	Ley para establecer e implementar un sistema de tarifas especiales para catalizar la generación de energía renovable.
Sustainable Energy Development Authority Act (2011)	Establece la Autoridad de Desarrollo de Energía Sostenible de Malasia.
Feed-in Tariff (2011)	Impulsa la generación de energía renovable hasta 30MW.
12th Malaysia Plan (2021-2025)	- Política Nacional de Energía (National Energy Policy, NEP (2022-2040)) y desarrollo del Hidrógeno - Hoja de ruta de Desarrollo y Tecnología de Economía de Hidrógeno (Hydrogen Economy & Technology Roadmap) para 2021 – 2050

Fuente: HETR.

TABLA 14: PROGRAMAS DE APOYO EN MALASIA

PROGRAMA / CERTIFICADO	DESCRIPCION
Certificados de Energía Renovable (RECs)	- Instrumento de mercado que certifica a los generadores de 1 MWh de electricidad renovable. - En Malasia, son voluntarios y se basan en atributos de programas de energías renovables específicos. - Se comercializan en plataformas como mGATS, I-REC y TiGRs. - Alineados con estándares internacionales como CDP, GHG Protocol y RE100.
Programas de formación de SEDA	- Cursos desde 2012 para el desarrollo humano en energías renovables. - Colaboración con instituciones locales y universidades. - Cursos reconocidos por el Departamento de Desarrollo de Habilidades.
Esquema de Financiación de Tecnología Verde (GTFS)	- Reembolso del 2 % anual en intereses de préstamos verdes (7 años) - Garantiza el 60 % del costo de componentes verdes. - Extendido con 2 MMYR en 2019, y GTFS 3.0 lanzado en 2021 para proyectos de energías renovables.
Deducción Fiscal por Inversión Verde (GITA) y Exención Fiscal de Ingresos Verdes (GITE)	- GITA ofrece deducción del 70 % del Gasto de Capital Calificado del ingreso estatutario. - GITE permite eximir el 70 % del ingreso estatutario a proveedores de servicios verdes. - Ambos extendidos hasta 2023, con GITE nueva para empresas de arrendamiento solar con deducciones por hasta 10 años.



**Nuevo Esquema de
Despacho Mejorado
(NEDA)**

- Pretende incrementar la competencia y eficiencia de costos en la industria eléctrica.
- Permite a IPPs sin PPA y a generadores de energías renovables vender energía a la red.

Fuente: HETR.

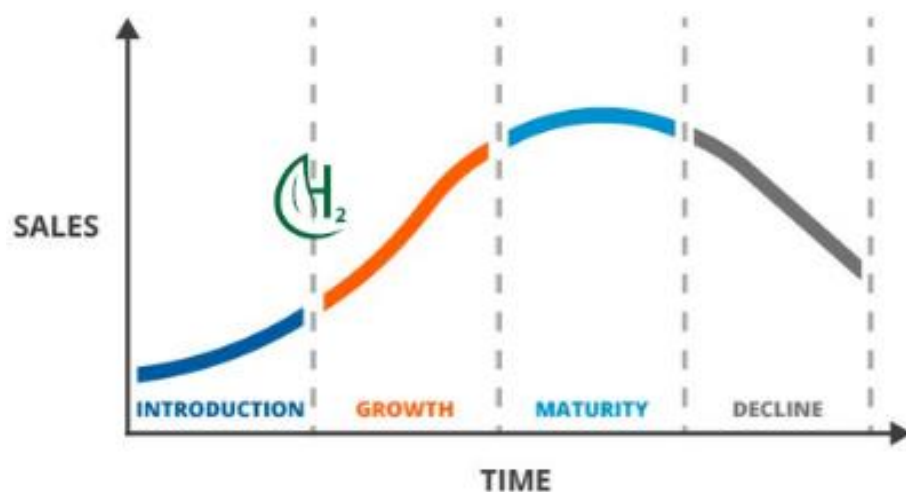
icex

9. Perspectivas del sector

9.1. Evolución del mercado

El mercado está actualmente en una fase de crecimiento y expansión donde la innovación desempeña un papel crucial. Por esta razón, la estrategia de posicionamiento de mercado es principalmente táctica, con proyectos diseñados a medida (ad-hoc), claramente definidos y coordinados. A pesar de que los costes son altos, los clientes escasos y los procesos ineficientes, la importancia de este sector para lograr un futuro sostenible asegura que su desarrollo esté estrechamente vinculado a los intereses gubernamentales. Esto implica que habrá más recursos e incentivos disponibles para innovar, subrayando la oportunidad significativa que representa invertir en un sector emergente y prometedor como este.

GRÁFICO 15. MADRUEZ DEL MERCADO DEL HIDROGENO VERDE EN MALASIA



Fuente: Elaboración propia.

9.2. Ventajas y desventajas del hidrógeno verde en Malasia

El mercado del hidrógeno verde en Malasia enfrenta desafíos, incluidos los costos elevados de producción y la necesidad de infraestructura avanzada para el almacenamiento y transporte del hidrógeno. Sin embargo, el potencial para integrar el hidrógeno verde en el transporte y la industria, así como la producción orientada a la exportación, ofrece oportunidades para la expansión futura del mercado. A futuro, se espera que Malasia continúe desarrollando el mercado del hidrógeno

verde. Con el apoyo continuo del gobierno y la colaboración con socios internacionales, el país está bien posicionado para ser un líder en la transición hacia una economía energética más limpia y sostenible en el sudeste asiático.

TABLA 15: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SECTOR

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Apoyo público	Necesidad de adecuación del marco legal y políticas públicas
Vector energético de gran versatilidad	Producto difícil de exportar
Potencial de exportación elevado	Tecnologías poco maduras
Gran potencial expansión del mercado y de integración con energías renovables	Necesidades importantes en inversión e innovación
Demanda creciente debido a la necesidad de descarbonización de industrias destacadas	Costos elevados y problemas de almacenamiento y transporte

Fuente: Elaboración propia.

9.2.1. Desafíos

La transición hacia alternativas energéticas sostenibles como el hidrógeno verde enfrenta desafíos significativos, especialmente en términos de costes y eficiencia. Esta tecnología requiere una considerable inversión inicial y opera con costes elevados debido a su eficiencia aún insuficiente. Optimizar este proceso es fundamental para reducir los costes de producción y minimizar su impacto ambiental, haciendo de esta fuente de energía una opción más viable a gran escala.

Además, el desarrollo de infraestructuras adecuadas para el almacenamiento y transporte es crucial, ya que implica desafíos logísticos y financieros significativos.

La producción también depende de la disponibilidad constante y suficiente de fuentes de energía renovable, lo cual no está siempre garantizado. Integrar eficazmente estas tecnologías en las redes energéticas existentes supone desafíos técnicos y regulatorios, destacando la necesidad de una infraestructura bien planificada y regulaciones adaptativas.

Finalmente, la regulación clara y la aceptación del mercado son esenciales. La falta de un marco regulatorio coherente puede inhibir la inversión y la innovación, mientras que la competencia con fuentes de energía más económicas, como los combustibles fósiles, representa un reto considerable. Además, es crucial fomentar la adopción de estas tecnologías en la industria y aumentar la conciencia pública sobre sus beneficios. La colaboración entre los sectores público y privado y los esfuerzos de divulgación ayudarán a superar estos obstáculos y a avanzar hacia un futuro energético más sostenible.

10. Oportunidades

El mercado del hidrógeno verde está en pleno desarrollo, presentando oportunidades significativas en toda la cadena de valor, desde la provisión y desarrollo de electrolizadores hasta el transporte del hidrógeno. Malasia, reconociendo el potencial de esta industria emergente, busca consolidarse como un actor clave a nivel global. El compromiso del país con el hidrógeno verde se refleja en sus inversiones en proyectos innovadores, que no solo buscan avanzar en la producción y uso de esta fuente de energía limpia, sino también en establecer infraestructura crítica para su distribución eficiente. Este enfoque estratégico destaca la intención de Malasia de liderar en la transición hacia energías más sostenibles, lo cual se hace evidente a través de proyectos como los que se detallan a continuación, que se ubican en el Estado de Sarawak que es el mejor posicionado actualmente.

10.1. Proyectos en Malasia

Actualmente están en marcha dos importantes proyectos centrados en la producción de hidrógeno verde, ambos liderados por el Estado de Sarawak a través de SEDC Energy y con el uso de tecnología avanzada extranjera, principalmente de Corea y Japón. Estos proyectos, denominados H2ornbill y H2biscus, tienen el potencial de producir conjuntamente 240,000 toneladas anuales de hidrógeno verde. Ello coloca al *Hub* de Hidrógeno de Sarawak como uno de los principales productores mundiales de esta energía limpia, destacando su rol crucial en la promoción de soluciones energéticas sostenibles y en la transformación del panorama energético regional.

10.1.1. Proyectos de gran envergadura³⁶

Project H2hornbill

Se trata de un ambicioso proyecto de hidrógeno verde, con una capacidad de producción anual de 90,000 toneladas. Se espera que alcance la Decisión Final de Inversión (FID) en 2025. Este proyecto es el resultado de un acuerdo tripartito entre SEDC Energy y dos empresas japonesas: Eneos, una compañía petrolera, y Sumitomo Corp, una casa de comercio. La colaboración tiene como objetivo desarrollar una planta productora de hidrógeno que se transportará para su exportación utilizando el químico portador metilciclohexano (MCH), lo que representa un enfoque innovador en la logística del hidrógeno verde.

Project H2biscus

³⁶ <https://www.chemanalyst.com/NewsAndDeals/NewsDetails/sarawak-nears-completion-of-4-2-billion-green-hydrogen-venture-25481>

SEDC Energy está colaborando con tres compañías surcoreanas —Samsung Engineering, Posco y Lotte Chemical— para la construcción de una planta de producción de hidrógeno. Los socios esperan que el proyecto produzca aproximadamente 150.000 toneladas anuales de hidrógeno verde a partir de energía hidroeléctrica. De esta cantidad, unas 7.000 toneladas se utilizarán a nivel doméstico, mientras que el resto será enviado a Corea del Sur en forma de amoníaco. Actualmente, el proyecto está en marcha, con una decisión de inversión final (FID) y el inicio de la construcción previstos para finales de este año. H2biscus tiene como objetivo exportar hidrógeno en forma de amoníaco.

10.1.2. Otros proyectos³⁷

Proyecto en Perak por Semarak Renewable Energy³⁸

Una planta de 60 MW en el estado de Perak, alimentada por energía solar flotante, tendrá una capacidad de producción anual de hidrógeno de alrededor de 6,000 toneladas. Los objetivos principales del proyecto incluyen el diseño, la adquisición y la construcción (EPC) de unidades de generación de energía fotovoltaica flotante y de producción y almacenamiento de hidrógeno.

Planta de producción de SEDC Energy³⁹

SEDC Energy planea desarrollar una planta de producción de hidrógeno y una estación de recarga para apoyar al Rembus Depot, una parte integral del Sistema de Transporte Urbano de Kuching (KUTS). Se espera que la planta del Rembus Depot esté completada para el 2025 y se anticipa que producirá aproximadamente 1,900 toneladas de hidrógeno anualmente, con un costo de construcción estimado entre 400 y 500 millones de ringgits.

³⁷ <https://www.chemanalyst.com/NewsAndDeals/NewsDetails/sarawak-nears-completion-of-4-2-billion-green-hydrogen-venture-25481>

³⁸ <https://www.hydrogeninsight.com/production/malaysias-largest-green-hydrogen-project-to-begin-construction-this-year-after-closing-400m-in-finance/2-1-1602253>

³⁹ <https://www.chemanalyst.com/NewsAndDeals/NewsDetails/sarawak-nears-completion-of-4-2-billion-green-hydrogen-venture-25481>

11. Información práctica

11.1. Ferias

- **Asia Pacific Green Hydrogen (APGH 2024)**

Es un evento centrado en la presentación de nuevos productos, la generación de leads y oportunidades de negocio dentro de la comunidad del hidrógeno.

Web: <https://hydrogenapac.com>

Fecha y lugar: 10-12 de junio en Borneo Convention Centre, Kuching, Sawarak.

- **International Energy Week**

Es el mayor evento energético de Borneo, se celebrará "en persona" e incorporará una serie de nuevas iniciativas para hacerla aún más impactante.

Web: <https://www.iew.my/>

Fecha y lugar: 27-29 de mayo de 2025 en Borneo Convention Centre, Kuching, Sawarak.

- **MTE – Malaysia International Technology Expo**

Es un acontecimiento anual en el que se presentan los últimos avances e innovaciones en diversos campos de la tecnología. Además, posiciona a Malasia como un *tech-hub*, atrayendo visitantes de sectores muy diversos.

Web: <https://www.mte.org.my/>

Fecha y lugar: febrero 2025, PWTC, Kuala Lumpur.

- **ENLIT ASIA**

Es un evento pensado para que los principales proveedores del sector presenten soluciones, servicios y productos innovadores en consonancia con la estrategia asiática de transición a un suministro energético con bajas emisiones de carbono.

Web: <https://www.enlit-asia.com/>

Fecha y lugar: agosto 2024, MITEC, Kuala Lumpur

- **ENERTEC**

Se trata del principal evento del sudeste asiático dedicado a ESG y a la transición energética. Está llamada a revolucionar el sector ofreciendo soluciones y oportunidades sostenibles a las empresas de todo el mundo.

Web: <https://www.enertecasia.com/about-enertec-asia/>

Fecha y lugar: 26-28 junio 2024, KLCC, Kuala Lumpur

- **International Sustainable Energy Summit (ISES)**

La 6ª Cumbre Internacional de Energía Sostenible (ISES) 2024, organizada por SEDA Malasia y el Ministerio de Transición Energética, tiene como objetivo acelerar la transición energética a través de la innovación.

Web: <https://ises.gov.my/>

Fecha y lugar: 20-21 agosto 2024, KLCC, Kuala Lumpur

11.2. Organismos relevantes y asociaciones sectoriales

- Autoridad de Desarrollo de Energía Sostenible de Malasia (SEDA)

<https://www.seda.gov.my/>

- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MOSTI)

<https://www.mosti.gov.my/>

- Asociación Malaya de Energía del Hidrógeno (MAHE)

<https://www.mymahe.info/>

- Corporación de Tecnología Verde de Malasia (MGTC)

<https://www.mgtc.gov.my/>

- Autoridad de Desarrollo de Inversiones de Malasia (MIDA)

<https://www.mida.gov.my/>

- Centro de Información de Ciencia y Tecnología de Malasia (MASTIC)

<https://mastic.mosti.gov.my/>

- Asociación de Hidrógeno de Asia Pacífico

<https://apac-hydrogen.org/>



11.3. Informes

Malaysia Renewable Energy Roadmap (MyRER):

https://www.seda.gov.my/reportal/wp-content/uploads/2021/12/MyRER_webVer-1.pdf

National Energy Transition Roadmap (NETR):

[https://www.ekonomi.gov.my/sites/default/files/2023-09/National %20Energy %20Transition %20Roadmap_0.pdf](https://www.ekonomi.gov.my/sites/default/files/2023-09/National%20Energy%20Transition%20Roadmap_0.pdf)

Hydrogen Economy & Technology Roadmap (HETR):

<https://mastic.mosti.gov.my/mosti-related-policies/hydrogen-economy-technology-roadmap>

BP Statistical Review of World Energy 2022

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>



12. Anexos

12.1. Páginas web

- Estrategia de Hidrógeno Verde del Gobierno Español
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/ministerio/planes-estrategias/hidrogeno/hojarutahidrogenorenovable_tcm30-525000.PDF
- Estudio de Mercado sobre el Hidrógeno (OBS Business School)
<https://www.obsbusiness.school/actualidad/informes-de-investigacion/informe-obs-mercado-del-hidrogeno-2022>
- Factores Clave para el Éxito en el Financiamiento de Proyectos de Hidrógeno (H2V)
<https://h2v.eu/analysis/statistics/financing>
- Hidrógeno Verde en Malasia: Perspectivas y Avances (MIDA)
<https://www.mida.gov.my/mida-news/green-hydrogen-from-a-malaysian-perspective/>
- Hidrógeno Verde: Competitividad frente a Combustibles Fósiles (Technology Review)
<https://www.technologyreview.es/s/13204/tr10-hidrogeno-verde-capaz-de-competir-con-los-combustibles-fosiles>
- Hoja de Ruta para la Economía de Hidrógeno en Malasia (MASTIC)
<https://mastic.mosti.gov.my/mosti-related-policies/hydrogen-economy-technology-roadmap>
- Incentivos Fiscales para Tecnología Verde en Malasia
<https://taxsummaries.pwc.com/malaysia/corporate/tax-credits-and-incentives>
- Incentivos Fiscales para Tecnología Verde en Malasia
<https://www.mgtc.gov.my/what-we-do/green-incentives/green-investment-tax-allowance-gita-asset-2024/>
- Iniciativa de Hidrógeno en Sarawak: Lanzamiento del H2 Hub (Gentari)
<https://www.gentari.com/insight/premier-launches-sarawak-h2-hub-pioneering-hydrogen-initiative-propel-states-clean-energy-ambitions>
- Monitor de Hidrógeno Verde 2022 (PNUD Uruguay)
<https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/uy/undp-uy-Monitor-Hidrogeno-Verde-2022.pdf>
- Proyecto de Hidrógeno Verde a Gran Escala en Malasia (Energía Hoy)
<https://energiyahoy.com/2024/01/24/acuerdan-primer-proyecto-de-hidrogeno-verde-a-gran-escala-en-malasia/>
- Revisión Global de Hidrógeno 2023 (Agencia Internacional de la Energía)
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ecdfc3bb-d212-4a4c-9ff7-6ce5b1e19cef/GlobalHydrogenReview2023.pdf>
- Revisión Global del Hidrógeno 2021 (Agencia Internacional de la Energía)
<https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021/executive-summary>
- Uso del Hidrógeno en el Sistema Energético de Malasia y Leyes Relacionadas (Azmilaw)
<https://www.azmilaw.com/insights/the-use-of-hydrogen-in-the-energy-system-in-malaysia-and-the-relevant-laws-and-regulation>
- WTO y el Hidrógeno Verde: Perspectivas Globales
https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/green_hydrogen_e.pdf



12.2. Iniciativas Internacionales

- European Clean Hydroegn Alliance
- Clean Hydrogen Partnership
- IEA Hydrogen Technology Collaboration program
- EERA Fuel Cells & Hydrogen and Bioenergy
- ETIP SNET and Bioenergy
- European Energy Research Alliance
- Hydrogen Research Europe
- European Technology and Innovation Platform Smart Networks for Energy Transition (ETIPSNET)
- EMIRI
- CVE- CO2 Value Europe
- World Hydrogen Leaders

icex



Si desea conocer todos los servicios que ofrece ICEX España Exportación e Inversiones para impulsar la internacionalización de su empresa contacte con:

Ventana Global

913 497 100 (L-J 9 a 17 h; V 9 a 15 h)
informacion@icex.es

Para buscar más información sobre mercados exteriores [siga el enlace](#)

www.icex.es

