



**CENTRO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES (CALEN)**

***“COLEGIO DE DEFENSA DEL URUGUAY”***

**MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL**

**REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY**

## **MAESTRÍA EN ESTRATEGIA NACIONAL**

**“ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL HIDRÓGENO VERDE EN  
URUGUAY CON HERRAMIENTAS FODA Y FAR”**

**Área: Estrategia I**

**Asignatura: Análisis Prospectivo**

**Docente: Tte. Cnel. Alfonso Fojo**

**Maestrando: Ana Andrea Gnazzo Laplume**

**Montevideo, 7 de marzo de 2022.**

# ÍNDICE

---

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Objetivo</b>	<b>4</b>
<b>3. ¿Qué es el Hidrógeno Verde?</b>	<b>5</b>
<b>4. Análisis del entorno</b>	<b>7</b>
<b>5. Herramienta Prospectiva FODA</b>	<b>17</b>
<b>6. Elaboración de Tabla FODA</b>	<b>17</b>
<b>7. Matriz FODA</b>	<b>20</b>
<b>8. Algunas propuestas de acciones a implementar</b>	<b>23</b>
<b>9. Herramienta Prospectiva FAR</b>	<b>26</b>
<b>10. Justificación del escenario probable</b>	<b>27</b>
<b>11. Bibliografía</b>	<b>30</b>

## INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo pretende realizar un primer acercamiento a un tema de Defensa Nacional vinculado con la Soberanía Energética del Uruguay a partir de la incorporación de la producción de Hidrógeno Verde (H2) en la matriz energética y en la oferta de productos exportables. Esto impacta en dos Objetivos Fundamentales de nuestro país: la Preservación de la Soberanía e Independencia y la Conservación de la Integridad del Territorio y sus Recursos Estratégicos.

La actual forma de vida a nivel global, necesita cada vez más energía para funcionar. A finales de 2019, las estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), preveían un aumento de la demanda energética global de entre un 25 y un 30 % hasta 2040, lo que en una economía dependiente del carbón y del petróleo, significaría más emisiones de CO2 con el consiguiente agravamiento del cambio climático.

El Uruguay ha suscrito diversos acuerdos internacionales sobre las acciones requeridas para la descarbonización de su economía, a efectos de lograr mitigar los efectos del cambio climático, la adaptación al mismo y el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) vinculados a la Agenda 2030 comprometida por los países que integran la Organización de Naciones Unidas (ONU), el Pacto de Kyoto y el Acuerdo de París, entre otros.

Como resultado, Uruguay ha fijado Prioridades Estratégicas para el cumplimiento de dicha Agenda 2030, que implican – entre otras – las siguientes que se detallan por parte de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto en el Informe Voluntario de Cumplimiento de los ODS 2021:

1. **Economía Innovadora**, garante de la sostenibilidad del desarrollo a través de la innovación y producción sostenible;
2. **Estado Eficiente**;
3. **Políticas Públicas que Aseguran Educación y Salud de Calidad para todos**;
4. Una Sociedad que **No Deja a Nadie Atrás**.

La seguridad energética, la búsqueda de la eficiencia en el uso de los recursos, la salud de la población y su protección ante situaciones de emergencia, son objetivos de la Defensa Nacional, y se encuentran estrechamente vinculados al abordaje de estas Prioridades Estratégicas Nacionales.

En este marco, desde el año 2018 el Gobierno Nacional se ha embarcado en el desarrollo de estudios de pre-factibilidad, ejecución de programas piloto (H2U), así como con otros estudios vinculados a estudiar el potencial del Hidrógeno Verde (H2) como vector energético que contribuya a la descarbonización de la economía uruguaya, y a la posibilidad de generar fuentes

genuinas de riqueza a través de un nuevo producto de exportación, cuyas proyecciones de demanda mundial crecen en forma exponencial.

La Agencia Internacional de Energías renovables (IRENA por su sigla en inglés), indica en su último reporte *“Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor”* publicado este año, que el hidrógeno cubrirá hasta el 12% del uso mundial de energía a 2050. Este hecho portador de futuro, implicará que el hidrógeno cambiará *“la geografía del comercio de energía, regionalizando las relaciones energéticas, insinuando el surgimiento de nuevos centros de influencia geopolítica construidos sobre la producción y el uso de hidrógeno, a medida que disminuye el comercio tradicional de petróleo y gas”*.

Por este motivo, el **H2** se convertirá en un recurso estratégico y como tal, requerirá el profundo entendimiento de su cadena de valor, el planeamiento estratégico en cuanto a la protección de los activos asociados a la misma y a su logística de distribución, así como el análisis multidimensional a nivel estratégico que debe realizarse a nivel país frente a una oportunidad de estas características, que promueve a Uruguay como potencial proveedor de **H2** a nivel local y mundial.

La independencia energética que traerá aparejada la producción de **H2**, impactará en nuestra Soberanía al dejar de depender del petróleo, así como en la calidad de vida de la ciudadanía debido a la mayor accesibilidad que una reducción sustancial de costos puede implicar a partir de la incorporación del **H2** a la matriz energética uruguaya. Asimismo, se incrementarían los ingresos de divisas en un escenario de exportación de **H2**, impactando en el incremento del Producto Bruto Interno (PBI) del Uruguay y en el valor agregado la producción nacional.

A efectos de fundamentar este trabajo, se realizará una revisión bibliográfica de estudios académicos, gubernamentales y de organismos internacionales especializados, así como de otras fuentes de información, todas de acceso público.

## OBJETIVO

---

Aportar al entendimiento del tema, a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la materia “Análisis Prospectivo” dictada en el marco de la Maestría en Estrategia Nacional del Centro de Altos Estudios Nacionales (CALEN), aplicando las herramientas prospectivas FODA y FAR, sobre los posibles impactos del comienzo de la producción de Hidrógeno Verde en el Uruguay.

## ¿QUÉ ES EL HIDRÓGENO VERDE?

---

### **El hidrógeno**

El Hidrógeno es el primer elemento de la Tabla Periódica y el más abundante en la naturaleza. Es el responsable en la actualidad de más del 2 % de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en el mundo. A finales de 2019, las últimas estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), preveían un aumento de la demanda energética global de entre un 25 y un 30 % hasta 2040, lo que significará más CO<sub>2</sub> y el agravamiento del cambio climático debido a nuestra dependencia de los combustibles fósiles.

### **Principales tipos de hidrógeno existentes en la actualidad**

Los tipos de hidrógeno se diferencian en su “color”. Cada uno de ellos está determinado por su forma de producción, además de ser un indicador de la cantidad de emisiones que genera en el proceso.

El hidrógeno siempre se encuentra acompañado de otros elementos y para poder obtenerlo, resulta necesario separarlo de los mismos. El tipo de energía que se utiliza en el proceso (y su procedencia: renovable o no), determina el color que se le otorga. Así, existe el hidrógeno verde, rosa-violeta-rojo, amarillo, blanco, turquesa, negro-gris, azul y marrón.

Los más nombrados son el gris, azul y verde, aunque ahora se agrega el rosado.

Hidrógeno gris: todos conocemos al "hidrógeno gris" desde hace mucho tiempo. Se produce a partir de combustibles fósiles, incluido el gas natural, lo que genera la liberación de carbono a la atmósfera. Casi todo el hidrógeno producido en la actualidad a nivel mundial es "hidrógeno gris". Este hidrógeno se utiliza en la industria química para fabricar amoníaco y fertilizantes y para el refinado de petróleo (BID Invest, 2022).

Hidrógeno azul: es aquel que se obtiene también a partir de combustibles fósiles, pero sin liberación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ya que las mismas se capturan para ser posteriormente

almacenadas o reutilizadas (por ejemplo, para fabricar ecocombustibles). Se trata de un hidrógeno de bajas emisiones.

Hidrógeno rosa: es aquel que se obtiene mediante electrólisis del agua alimentada por energía nuclear. Es un tipo de hidrógeno bastante sostenible.

Hidrógeno verde: es el generado a partir de agua, haciendo uso de la electricidad procedente de energías renovables. No emite CO<sub>2</sub>.

Los cuatro tipos de hidrógeno se diferencian entre sí por su origen, pero no por sus usos, pues tienen el potencial de ser utilizados en las mismas aplicaciones.

### **Hidrógeno verde (H<sub>2</sub>)**

El H<sub>2</sub> se produce por electrólisis, utilizando una corriente eléctrica para separar el hidrógeno del oxígeno del agua. Si esta corriente eléctrica se genera a partir de una fuente renovable (energía solar, eólica o hidroeléctrica), el hidrógeno limpio producido se conoce como hidrógeno verde. Este proceso no genera emisiones.

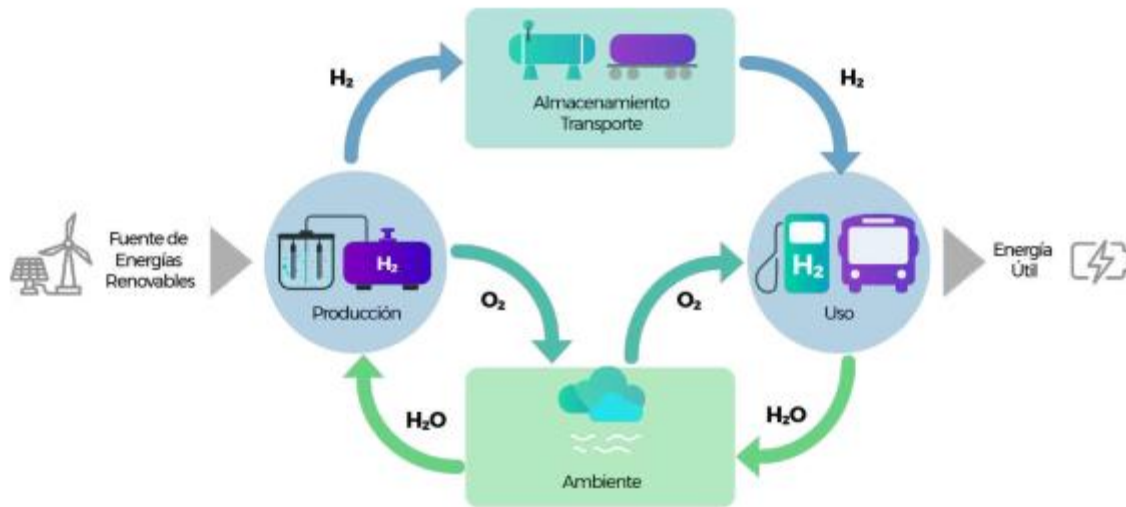
Cuando se produce mediante electrólisis, puede almacenarse, transportarse y procesarse para una cantidad de usos cada vez mayor.

Puede utilizarse para generar electricidad, sin los problemas de la intermitencia que presentan la energía eólica y solar. *“Con el hidrógeno verde, es posible almacenar y transportar la energía renovable intermitente y utilizarla cuando resulte necesario. Por supuesto, también se usa como materia prima para producir amoníaco y metanol verdes.*

*Sectores como la siderurgia, la aviación y el transporte marítimo y terrestre de larga distancia (camiones y ferrocarriles) se beneficiarán enormemente del hidrógeno verde, ya que no existe una alternativa evidente para lograr la descarbonización. Su mayor ventaja es que se quema de forma limpia, por lo que solo deja vapor de agua. Además, puede transportarse fácilmente a través de gasoductos en el país y exportarse por barco y por tuberías.”* (BID Invest, 2022)

La necesaria descarbonización del planeta nos propone alcanzar un escenario muy distinto para el año 2050: más accesible, eficiente y sostenible, e impulsado por energías limpias como el H<sub>2</sub>.

## Ciclo de vida del hidrógeno a partir de la energía renovable



Fuente: MIEM Uruguay, "Monitor **Energético** – Año 1, N°8 – Octubre 2021, Página 4

## ANÁLISIS DEL ENTORNO

### ANÁLISIS A NIVEL GLOBAL

#### La crisis climática mundial

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con el objetivo de reconocer el problema de un potencial cambio climático mundial. Su cometido es la realización de evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

Sus informes, establecen que muchos de los efectos del cambio climático “*pueden evitarse, reducirse o retrasarse a través de su mitigación. Pero las tendencias globales de la emisión de gases de efecto invernadero han venido aumentando desde la era preindustrial alcanzando incrementos del 70% entre 1970 y 2004*” (Zhang, 2021), cuando se verificó su mayor crecimiento debido al sector de suministro de energía, un 120% debido al transporte, un 65% a la industria y un 40% al uso del suelo y los recursos forestales. Asimismo, establece que “*con las actuales políticas de mitigación y las prácticas de desarrollo sostenible relacionadas, las*

*emisiones de gases de efecto invernadero continuarán aumentando durante unas cuantas décadas.”*

Debe destacarse que en el mismo informe se muestra que la tasa de aumento de la concentración anual de CO<sub>2</sub> alcanzó un máximo en el período comprendido entre 1995 y 2005. Asimismo, existe un consenso mundial que establece que limitar el calentamiento global a menos de 1.5°C, sería el mínimo requerido a efectos de evitar una crisis climática sin precedentes en la historia de la humanidad y a causa de ésta (IPCC, 2019).

Este marco, requiere un compromiso mundial en el cumplimiento de una batería de medidas para efectuar cambios radicales no solo en la forma de producir energía, sino en el uso que hacemos de la misma, teniendo en cuenta que las emisiones globales de gases de efecto invernadero provienen en un 73,2% del sector energético según Ritchie, H. (2020).

Dentro de las medidas de mitigación a corto y medio plazo propuestas para dar cumplimiento a la Agenda 2030 (denominada la “Década de la Acción”), los cambios en el estilo de vida, en los procesos industriales y en los patrones de comportamiento, pueden contribuir a la mitigación del cambio climático en todos los sectores de la economía, posibilitando una transición energética sostenible a través del uso de fuentes renovables de energía, donde el **H2** es reconocido hoy a nivel mundial como un elemento clave para posibilitar dicha transición.

Por ejemplo, el sector transporte en general - donde solo el modo terrestre implica el 11,9% de las emisiones atribuidas al sector energético mundial, según Ritchie, H. (2020) - , puede reducir el consumo de combustibles fósiles en los modos de transporte de larga distancia (trenes, buques, vehículos eléctricos y aviones), logrando una gran contribución a la disminución de gases de efecto invernadero.

Los hogares (que según la misma fuente representan el 10,9% de la emisión global de dicho sector) también pueden modificar la elección de los combustibles utilizados para el acondicionamiento térmico, promoviendo el uso de nuevas tecnologías que impacten en reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> ligadas al uso de energía en las viviendas.

Asimismo, dado que el potencial económico del sector industrial se concentra en industrias intensivas en el uso de energía tales como las del acero y el hierro, la transición al **H2** resulta más que viable, justificando el incremento exponencial esperado en la demanda de este nuevo vector energético.

El sector agrícola en su conjunto puede también contribuir de manera significativa y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que representan un 18,4% de las



emisiones globales (Ritchie, H. 2020) que podrían mitigarse a partir del uso de **H2** en la producción de fertilizantes y otras necesidades energéticas de la industria tales como el secado.

Por otro lado, el crecimiento de los países industrializados, demandará un mayor uso de energía que no están en condiciones de producir para su autoabastecimiento, lo que les exige concretar planes y asociaciones estratégicas con otros países para el aseguramiento de los recursos energéticos requerido para satisfacer dicha demanda.

Se estima por parte de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) que para el año 2050 y en un escenario de cumplimiento de la agenda de ODS pactada a nivel global, la demanda global de hidrógeno multiplique por cuatro la demanda actual, correspondiendo la mitad de esa demanda a **H2**.

En este sentido, el mundo ha venido avanzando en el desarrollo de energías renovables lo que ha permitido la disminución de costos de la misma, lo que es una condición indispensable para el desarrollo de **H2**. Entre los logros destacables de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kyoto se encuentran el establecimiento de una respuesta global al problema del clima, el impulso a las políticas nacionales, la creación de un mercado internacional de los derechos de emisión de carbono y el establecimiento de nuevos mecanismos institucionales que pueden sentar las bases de futuros esfuerzos de mitigación.

Asimismo, se han concretado acuerdos entre países demandantes y oferentes de energías renovables, a efectos de satisfacer la demanda requerida para sostener sus proyecciones de crecimiento y contribuir al cumplimiento de las presiones globales para una transición a energías limpias. Y es allí donde el **H2** se perfila como uno de los elementos clave para facilitar esta transición.

### **La situación actual a nivel global**

En febrero del 2022, la realidad mundial se vio afectada por el ataque ruso a Ucrania, uno de los principales corredores de gas natural desde Rusia hacia la Unión Europea (UE), lo que debilita a la UE e implicará la puesta en práctica de un plan de contingencia para la sustitución de las fuentes de abastecimiento de dicho energético, considerando escenarios de parcialidad o total sustitución.

La dependencia energética de Rusia por parte de la UE, representa casi un 38% del total de su consumo (Aurora Energy Research, 2022) e impacta en lo que –a largo plazo - podría generar una mayor demanda de energías alternativas y potenciar aún más el avance del **H2** como vector energético alternativo a nivel mundial.

En este aspecto, es importante destacar que Europa identificó formalmente el **H2** como elemento clave para la descarbonización de su sector energético y lo considera un hito estratégico en el cumplimiento de los compromisos asumidos a nivel internacional. Esto ya fue aprobado por el Parlamento Europeo (BID, 2021).

Asimismo, Europa cuenta con una base normativa central denominada RED II (Renewable Energy Directive), que define directivas para la certificación del hidrógeno y sus derivados en Europa. Por otro lado, en Estados Unidos, existe un programa denominado “DOE Hydrogen Program” liderado por la “Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office (HFTO) en conjunto con la Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), que dirige la investigación y el desarrollo del hidrógeno en dicho país.

### **Algunas cifras sobre el hidrógeno**

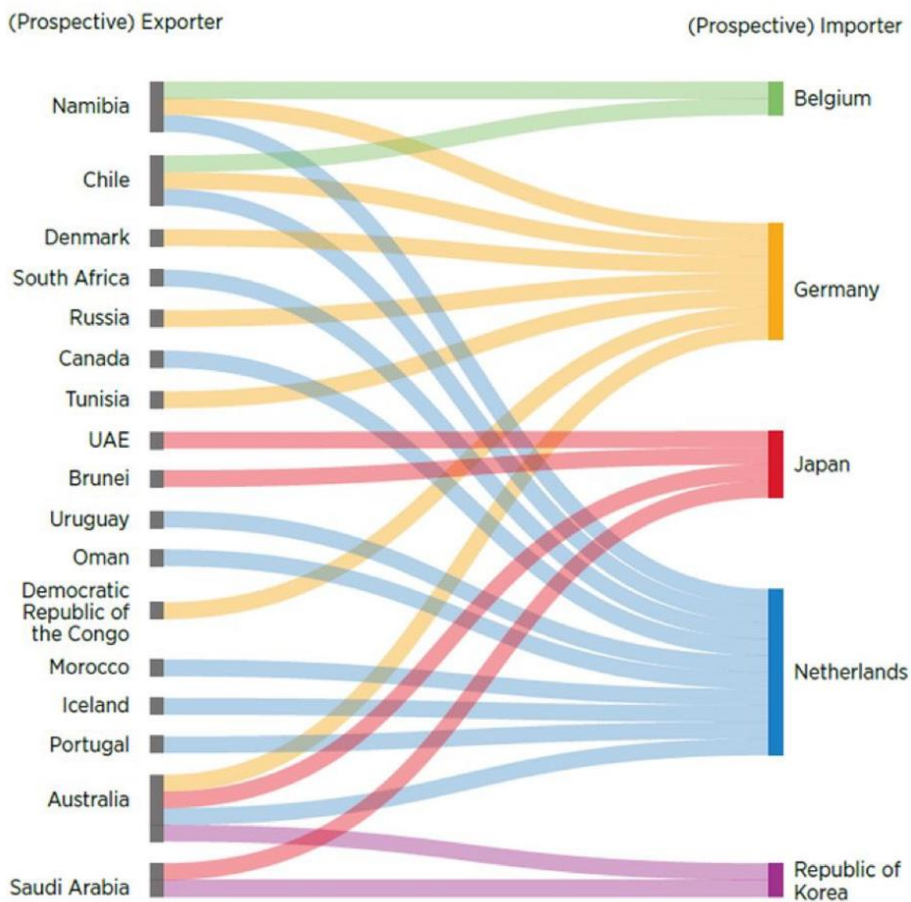
De acuerdo al último informe de IRENA, “Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor” (de reciente publicación) el mercado de hidrógeno a la fecha tiene un valor aproximado a los USD 174mil millones, lo que supera al valor del mercado de gas licuado. Incluso si el uso del hidrógeno solo se concentrara en la industria y el transporte de larga distancia, su potencial es enorme.

De acuerdo a los mayores bancos de inversión del mundo, el valor del mercado del hidrógeno podría sobrepasar los USD 600mil millones para 2050 (Financial Times, 2021). Las cadenas de valor vinculadas al **H2** en este mercado, implicarán oportunidades de inversión por USD 371 trillones.

Si bien se espera que la demanda de **H2** comience a crecer significativamente en 2035 (World Energy Council, 2021), las rutas del **H2** deben ser establecidas a priori, por lo que ya existen acuerdos bilaterales y memorandos de entendimiento entre potenciales importadores y exportadores.

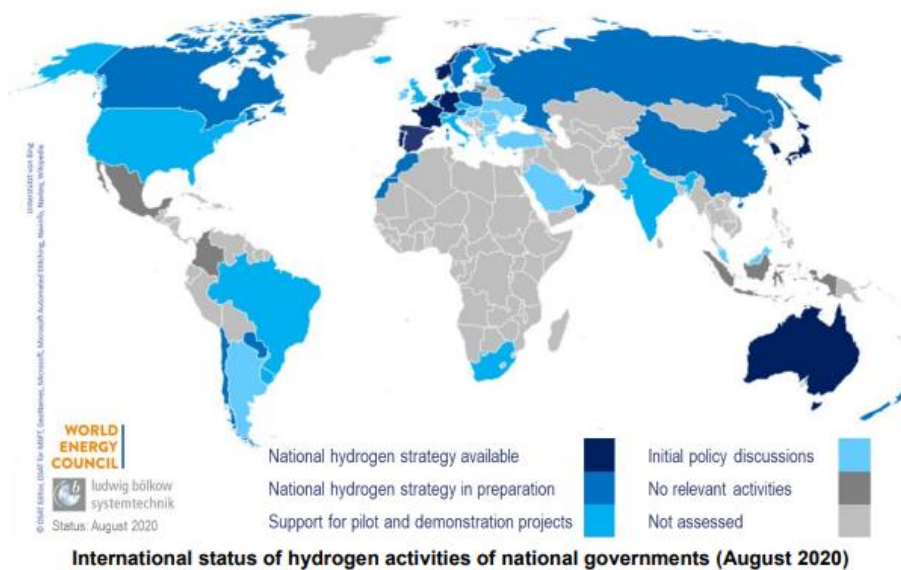
El gráfico a continuación, resume una selección de los mismos (IRENA, 2022). Como se observa, Uruguay ya cuenta con un acuerdo con los Países Bajos.

**Figure 4.5** Selected country bilateral trade agreements and MOUs, announced as of November 2021



## ANÁLISIS A NIVEL REGIONAL

De acuerdo a un relevamiento realizado (LBST, 2020), a agosto de 2020 existían varios países con políticas o iniciativas públicas en diferentes estados de madurez, vinculadas al **H2**, como se muestra a continuación:

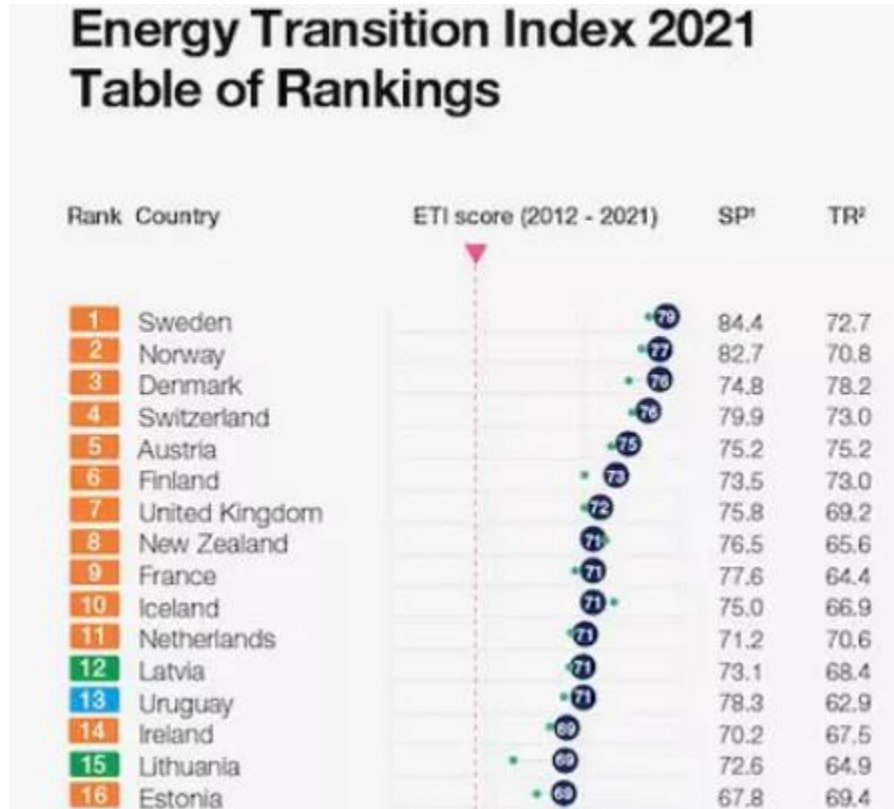


En particular, en América Latina se destaca a la cabeza Chile, quien ya cuenta con una Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, elaborada en base a una estrategia participativa con mesas técnicas integradas por todos los stakeholders, y la realización de talleres ciudadanos con representantes de la sociedad civil organizada. Cuenta también con un Consejo Asesor conformado por especialistas en políticas públicas y la estrategia ha sido puesta a consulta pública por parte del Ministerio de Energía de Chile.

Otros países como Colombia, Panamá cuentan con Hojas de Ruta para el H2, mientras que Argentina, Barbados, Brasil, Paraguay y Trinidad y Tobago también cuentan con iniciativas en distintos estados, la mayoría de ellos en etapas iniciales.

### ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN EN URUGUAY

Uruguay es uno de los países que ya ha descarbonizado su matriz energética, contando con un 97% de la misma proveniente de fuentes renovables. Esto ha permitido posicionar a Uruguay como jugador de clase mundial en la transición energética, ocupando una destacada decimotercera posición en el índice global elaborado por el Foro Económico Mundial liderado por Suecia, según se muestra en el siguiente cuadro:



Si bien bajó dos puestos con respecto a la clasificación de 2020, siguió en un lugar muy destacado en el mundo y en la región, ya que Costa Rica ocupó la posición 26 (subiendo un escalón respecto al año pasado) y Colombia, tras caer cuatro puestos, se situó en el 29°. Les siguen Brasil (en 30ª posición), Chile (34ª), Paraguay (36ª), Perú (42ª), México (46ª), Argentina (47ª), Ecuador (48ª) y Panamá (50ª), mientras que el resto de países de la región ocupan puestos en la parte baja de la tabla de 115 países.

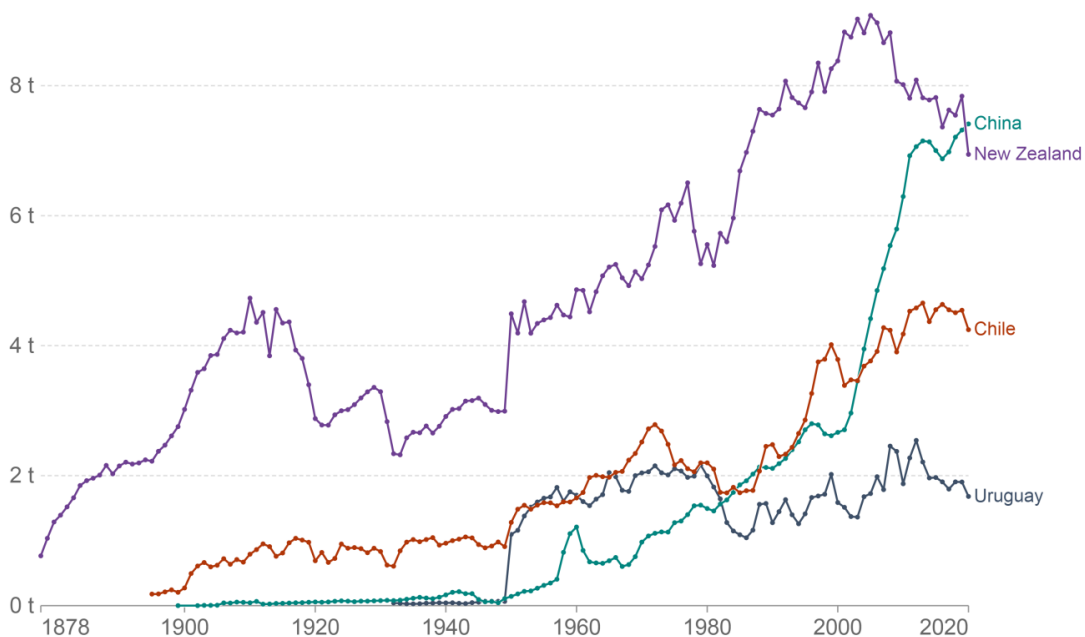
Entre las principales economías mundiales, destaca el séptimo puesto del Reino Unido y el noveno de Francia, mientras que por detrás de Uruguay se sitúan Alemania (18ª posición), Estados Unidos (24ª) e Italia (27ª), y China sigue en la mitad baja de la tabla (68ª) pero sube diez puestos con respecto a 2020.

### **¿Cuál es la emisión total de CO2 en Uruguay?**

A continuación se muestra un cuadro comparativo de las emisiones de CO2 per cápita en Uruguay, Chile, Nueva Zelandia y China:

#### Per capita CO<sub>2</sub> emissions

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from the burning of fossil fuels for energy and cement production. Land use change is not included.



Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Fuente: Ritchie, H (2020), Recuperado de [ourworldindata.org](https://ourworldindata.org)

De acuerdo al Inventario Nacional Emisiones GEI 2017 Serie 1990 – 2017 (MOVTMA, 2019), el sector transporte es el responsable del 64% de las emisiones de carbono del país, y consume el 70% del combustible importado, pero constituye un sector estratégico para la

descarbonización. Solo los vehículos de carga que constituyen el 19% de la flota, son responsables del 56% del total de las emisiones de carbono del sector, lo que implica un gran potencial de descarbonización (ANCAP, 2019).

Este índice de emisión per cápita (que como país representan un total de 5,84 Millones de toneladas en 2020), puede ser considerado como bajo, lo que también contribuye en forma positiva al fortalecimiento del posicionamiento de Uruguay en la ruta como potencial productor de H2.

Asimismo, Uruguay cuenta con grado inversor (Ministerio de Economía y Finanzas, Uruguay, 2022) y de acuerdo a la Agencia Uruguay XXI, “...el importante crecimiento del país en la última década está asociado al fuerte incremento de la inversión. En Uruguay la inversión Extranjera Directa (IED) ha alcanzado niveles récord, lo que ha permitido al país posicionarse entre los principales receptores de IED, en términos del PIB en América del Sur”. “Uruguay es un país con una trayectoria de estabilidad política, democrática y social, y solidez macroeconómica, lo que crea el ambiente adecuado para desarrollar inversiones exitosas. Además es un país estable y predecible, cualidades que son tomadas como un diferencial por los inversores.”



Todos estos atributos, sumados a los hechos que se detallan a continuación, hacen de Uruguay un país con muy buenas condiciones para la captación de las millonarias inversiones requeridas para el desarrollo de una economía del H2:

- a. Un alto potencial de generación de energías renovables, a partir de los abundantes recursos eólicos y solares existentes en el país (BID&MIEM, 2020) y que además cuentan con buena complementariedad durante el día y la noche (lo que podría lograr costos competitivos tanto off-shore como on-shore);
- b. La existencia de puertos comerciales con acceso al Océano Atlántico, así como un área declarada (por el Art. 337 de la Ley 19.670 de 15 de octubre de 2018) como Zona de Interés Portuario, constituida por el frente marítimo que se extiende entre los balnearios

Mar del Plata y La Florida, definido por las coordenadas geográficas latitud Sur 34°32'17.00", longitud Oeste 54°03'38.00", latitud Sur 34°27'20.57" y longitud Oeste 53°54'51.89", que forma parte de la zona denominada "Entre Cabos" de la costa del Océano Atlántico, en el departamento de Rocha. Esto, sumados a los estudios técnicos ya existentes realizados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, facilitará las negociaciones para la instalación de un Puerto de Aguas Profundas, debido a que se trata de una zona menos poblada de Rocha (Rossi, V., 2019) y coincidente con el mapa de potencial off-shore de Uruguay en materia de generación eólica, realizado por el Banco Mundial en 2020 y que se muestra en la página a continuación;

- c. Una infraestructura vial con los mejores índices de conectividad de América Latina;
- d. El potencial de la rehabilitación del modo ferroviario central para el 2023;
- e. Estudio de pre-factibilidad que indica que un precio conservador de la producción de en Uruguay estaría a un costo por kg de **H2** por debajo de € 1,5, el que puesto en el Puerto de Rotterdam alcanzaría un costo de € 2,5 por kg **H2** (BID & MIEM, 2021). Esto resulta un precio competitivo, ya que las aspiraciones de Europa en la materia, tienen como objetivo alcanzar un costo de € 1,8 por Kg **H2** para el 2030.

Se muestra a continuación el Mapa de potencial off-shore de Uruguay en materia de generación eólica, realizado por el Banco Mundial:





Finalizando este breve análisis de la situación de Uruguay, es importante resaltar que en los tres escenarios considerados en el estudio realizado por BID & MIEM (2021), estiman que se requerirán inversiones millonarias al 2050, las que oscilarán entre un mínimo de **€ 5.780 millones** (escenario conservador), **€ 12.300 millones** (escenario medio) y **€ 45.000 millones** (escenario ambicioso).

## HERRAMIENTA PROSPECTIVA FODA

El análisis FODA se utilizará para identificar Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del Uruguay en relación al desarrollo del H2 en Uruguay.

### Elaboración de la tabla FODA

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p><b>O1.</b> Existe consenso a nivel internacional en que el desarrollo de una economía de <b>H2</b> jugará un papel fundamental en la transformación hacia la carbono neutralidad en 2050.</p> <p><b>O2.</b> Europa se proyecta como el principal demandante de H2 –en los próximos 10 a 30 años- a partir de la constatación de que no existe capacidad instalada localmente para satisfacer el crecimiento de su demanda (BID/MIEM, 2021)</p> <p><b>O3.</b> Europa, quien se estima será el principal demandante de <b>H2</b> en los próximos años, identificó formalmente el <b>H2</b> como elemento estratégico para la descarbonización de su sector energético y lo considera un hito clave en el cumplimiento de los compromisos asumidos a nivel internacional, lo ya que fue aprobado por el Parlamento Europeo.</p>	<p><b>A1.</b> Barreras institucionales por falta de coordinación previa entre todos los stakeholders o normativa armonizada, que enlentecan la concreción de las inversiones.</p> <p><b>A2.</b> Barreras de mercado debidas a la competencia internacional con otros países con potencial exportador más avanzados en sus proyectos.</p> <p><b>A3.</b> Políticas de promoción de demanda a nivel internacional insuficientes</p> <p><b>A4.</b> Políticas de incentivo a la inversión y generación de escala insuficientes para extraer inversión privada para el desarrollo de la infraestructura requerida por el <b>H2</b>.</p> <p><b>A5.</b> Quedar fuera de la carrera mundial por el mercado emergente que significa la exportación de <b>H2</b>, ya que los volúmenes de inversión requeridos implicarán contratos a largo plazo (concesiones, PPP u otras nuevas modalidades contractuales específicas para el</p>

<p><b>O4.</b> El principal puerto de Europa en tamaño -Puerto de Rotterdam- busca posicionarse como líder en la importación de <b>H2</b> para el continente europeo y ya manifestó su interés en el Uruguay como potencial proveedor de <b>H2</b>, habiendo realizado junto al MIEM un estudio de pre-factibilidad (BID&amp;MIEM, 2021).</p> <p><b>O4.</b> Ya se encuentran vigentes políticas globales, de financiamiento e iniciativas públicas de apoyo a la generación de <b>H2</b> en un grupo de países que representa aproximadamente el 90% del PBI global e incluyen a Uruguay.</p> <p><b>O5.</b> Lograr la autosuficiencia energética y la disminución de los costos de generación de energía en Uruguay.</p> <p><b>O6.</b> Creciente disponibilidad de financiamiento verde a nivel global se complementa con el sólido posicionamiento de Uruguay como receptor de inversiones.</p> <p><b>O7.</b> Potencial de formación de capacidades a la interna del país y consolidación del fomento de la innovación.</p>	<p>negocio) que deben concretarse lo antes posible.</p>
<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<p><b>F1.</b> Uruguay tiene grado inversor y un ambiente adecuado para la captación de la Inversión Extranjera Directa requerida para el desarrollo del H2, debido a su fortaleza institucional, su historial de estabilidad política, democrática y social, y su solidez macroeconómica.</p>	<p><b>D1.</b> Falta o insuficiencia de incentivos fiscales y de apoyos financieros por parte del Estado uruguayo para captar la millonaria Inversión Extranjera Directa específica requerida para el desarrollo de la infraestructura necesaria en la cadena de valor del <b>H2</b>.</p> <p><b>D2.</b> Falta de escala a nivel interno.</p>

**F2.** Posición geográfica privilegiada asegura la complementariedad del recurso solar y eólico disponibles, que obteniendo cerca de un 60% de capacidad de electrólisis para la obtención del **H2** (MIEM, 2021)

**F3.** La plataforma marítima uruguaya permite desarrollar el potencial de la energía eólica marina a lo largo de 230 km de costa.

**F4.** Matriz energética uruguaya consolidada con una participación del 97% de energías renovables (MIEM, 2020) y exceso de oferta.

**F5.** Normativa aprobada en materia de designación de áreas de prioridad portuaria, que facilitarían la construcción de un puerto de aguas profundas, requerido para buques de gran calado, indispensables en la economía del **H2** y coincidente con las áreas con potencial de generación off-shore.

**F6.** Uruguay cuenta con Convenio Marco de Cooperación con el Puerto de Rotterdam como potencial punto de ingreso a Europa del **H2**.

**F7.** Estudio de pre-factibilidad realizado a partir del acuerdo MIEM & Puerto de Rotterdam, posiciona competitivamente al Uruguay en cuanto a los costos de producción y traslado del **H2** a Europa.

**F8.** Aunque es una debilidad para el desarrollo mercado interno, el tamaño del mercado uruguayo lo hace ideal para testeo de proyectos piloto, y prueba de ello es el Proyecto H2U, llevado adelante por ANCAP.

**D3.** Uruguay no cuenta aún con una Hoja de Ruta del **H2** y aunque se está elaborando, no están participado todos los stakeholders involucrados en la cadena de valor del H2, lo que pone en riesgo la viabilidad de su aplicación (por ejemplo, el Factor Militar no está participando en las mesas de discusión formales).

**D4.** Falta de un espacio común de interacción de todos los stakeholders involucrados en el desarrollo del H2 a nivel país, que asegure la coordinación de políticas, así como un proceso de planificación participativo que permita realizar un completo análisis prospectivo en la materia, específico para Uruguay.

**D5.** El talento nacional especializado en **H2** es limitado y esto impacta en la dependencia de talento especializado externo.

**D6.** No hay un Plan Nacional de Desarrollo Académico vinculado a la generación de talento especializado y educación para toda la cadena de valor del **H2** y el desarrollo de esta nueva industria, así como la concientización de la población sobre sus potenciales usos y rol estratégico.

## MATRIZ FODA

---

La Matriz FODA completa el análisis anteriormente realizado. A partir de esta matriz y mediante la confrontación de las Oportunidades, Fortalezas, Debilidades y Amenazas, en base a enfoques de coincidencia, reacción, adaptación y conversión, se completa el estudio.

**Enfoque de éxito:** ¿Cómo se pueden potenciar las Fortalezas a partir de las Oportunidades?

<b>OPORTUNIDADES vs. FORTALEZAS</b>
<b>O1 - F1F2F4F7F8</b>
<b>O2O3O4 – F1F2F3F4F5F6</b>
<b>O5 – F4F7</b>
<b>O6O7 – F1</b>

**Enfoque de reacción:** ¿Cómo se pueden utilizar las Fortalezas para mitigar las Amenazas?

<b>FORTALEZAS vs. AMENAZAS</b>
<b>F1-A1</b> Se requiere profundizar en los mecanismos de coordinación interinstitucional con la participación de todos los interesados (Data Room, Mesas de discusión, Revisión de lecciones aprendidas en los proyectos PPP, entre otras medidas)
<b>F6F7F8 - A2</b>
<b>F4 - A3</b> Esta fortaleza logra una mitigación menor
<b>F1F2F3F4F5F6F8 - A4</b>
<b>F1-A5</b>

**Enfoque de adaptación:** ¿Cómo se pueden aprovechar las Oportunidades para corregir las Debilidades?

<b>OPORTUNIDADES vs. DEBILIDADES</b>
<b>O6 – D1</b>
<b>O4O6 – D2</b>
<b>O4O6 – D3</b> Aprovechar el conocimiento global ya generado y el apoyo de organismos multilaterales de crédito interesados en invertir en los proyectos de <b>H2</b>
<b>D5D6</b> Debe desarrollarse una estrategia para su corrección

**Enfoque de conversión:** ¿Cómo podemos mantenernos en pie aún con las Amenazas existentes?

<b>DEBILIDADES vs. AMENAZAS</b>	
D1D2D3– A1A2A4A5	Incorporar políticas de Estado que involucren a todos los stakeholders, estableciendo incentivos específicos para la atracción de inversiones que posibiliten el desarrollo de la economía del H2 en Uruguay y eliminen burocracia estatal debida a la falta de coordinación.
D2 – A3	Generar incentivos fiscales para el fomento de la demanda de H2
D4 – A1	Generar un espacio participativo para la creación de un Sistema Nacional de H2

## ALGUNAS PROPUESTAS DE ACCIONES A IMPLEMENTAR

---

Están vinculadas directamente a la promoción, prevención, documentación del proceso del **H2** y compilación sistematizada de información, que permitan desarrollar un Sistema Nacional de **H2** coordinado y con la normativa regulatoria armonizada a nivel local y global, a efectos de potenciar y optimizar el desarrollo de esta nueva economía.

Se sugieren las siguientes acciones estratégicas:

1. Creación de un ámbito de trabajo neutro y descalzado del ciclo electoral, que reúna a todos los actores interesados (stakeholders) en **H2**, a efectos de identificar y analizar las complejas interacciones que surgirán en esta nueva “Economía del Hidrógeno”, incorporando no solo los aspectos técnicos de su producción, su etapa de transición con las diferentes energías existentes, sino también construir escenarios futuros con un amplio conocimiento de todos los componentes que interactúan, de forma tal de lograr el aseguramiento de construir un SISTEMA que trabaje totalmente integrado. El objetivo de este ámbito de trabajo es aportar al entendimiento de las complejas interacciones entre los actores de la cadena de valor del **H2**, sus componentes, costos, impactos medioambientales, psicosociales, militares, su logística de distribución y almacenamiento, protección de la infraestructura crítica, compilación y armonización

de normativa y estándares existentes a nivel mundial. Todo lo anterior, además de estar en condiciones brindar asesoramiento independiente calificado para la toma de decisiones, y contribuir al logro de una norma completa para el H2 en Uruguay, que permita regular este nuevo recurso estratégico con las garantías que ofrece el sistema normativo uruguayo.

2. Documentar a nivel país, los avances tecnológicos y las lecciones aprendidas en todas las etapas del proceso de estudio de factibilidad y de la cadena de valor del H2, las asociaciones y alianzas estratégicas realizadas, los interesados en aportar inversión para su desarrollo, realizar análisis de riesgos oportunos para todos los Factores del Poder Nacional, de forma tal de proveer al gobierno, al sector privado y a la sociedad civil organizada, informes periódicos, integrales e independientes del estado de situación de la nueva economía del H2, anticipar necesidades, formar los talentos requeridos y planificar en forma estratégica.
3. Generar un Plan Nacional de Capacitación que contribuya a la generación de la conciencia nacional en todos los niveles de aprendizaje y sectores de la sociedad uruguaya, sobre el potencial del H2 como energía alternativa y como recurso estratégico para generar divisas al país, lograr mayor independencia respecto a los combustibles fósiles y contribuir al cumplimiento de la Agenda de Desarrollo Sostenible. En especial, se requieren planes de capacitación para todos los tomadores de decisión gubernamentales, el ámbito militar y el de la diplomacia, así como de los hacedores de la Política Pública, representantes del sistema político y de la sociedad civil organizada, a efectos de lograr un idioma y entendimiento común en la materia.
4. Generar políticas de incentivo de inversión específicas para el sector, así como políticas de promoción para la generación de demanda en el uso de H2.

### **Presentación**

Este análisis pretende proyectar la situación de Uruguay en el mediano plazo (año 2030) y establecer sus fortalezas y debilidades para definir los cursos de acción que permitan lograr un mejor desarrollo de la economía del **H2** en el país.

Mediante una matriz estructurada de conformidad al método FAR, en la cual se establecen diferentes variables y estados (Sectores y Factores), se pretende identificar oportunidades y amenazas en el futuro próximo para el desarrollo de la economía del **H2** en nuestro país y de esta manera establecer las áreas que deban ser fortalecidas para potenciarlo.

### **Identificación de las fuerzas principales**

- **Existencia de mercado para el H2 (M):** El mantenimiento o no del consenso internacional en cuanto a la viabilidad de este vector energético, y de los acuerdos internacionales en materia de cambio climático, determinarán el éxito o fracaso del modelo de negocio.
- **Recursos disponibles para su producción (R):** La disponibilidad del recurso renovable a partir del cual se genera el **H2**, su localización y la capacidad ociosa del mismo, son factores determinantes para el retorno de la inversión del negocio y de la disminución de costos por escala. Asimismo, el acceso a fondos verdes de financiamiento, resulta fundamental para poder complementar los escasos recursos disponibles de Uruguay para alcanzar los niveles de inversión requeridos por esta nueva economía.
- **Voluntad política participativa y descalzada de los períodos electorales (V):** La participación y el consenso político, económico, militar, científico-tecnológico, académico, social y ambiental en cuanto a esta nueva economía, así como el alcance del apoyo a la norma resultante por parte del espectro político en su conjunto, son factores fundamentales para blindar la viabilidad de un negocio que se sustenta en contratos de muy largo plazo.
- **Costo de producción competitivo (C):** el costo por kg de **H2** producido, debe ser competitivo y la hoja de ruta que se apruebe, debe prever la incorporación de otros productos (amoníaco verde, fertilizantes, etc.) a efectos de lograr una mayor escala que permita, sumado al avance de la tecnología y a la gestión del talento y al fomento

de la investigación y la innovación en la materia, una eficiencia en costos cada vez mayor.

- **Posibilidades de escalabilidad del negocio (E):** el desarrollo de proyectos piloto a nivel local, el fomento a la descarbonización del sector de transporte terrestre de carga (que ya cuenta con una demanda conocida), y la generación de demanda interna tanto para el **H2** como para sus derivados, permitirá desarrollar la cadena de suministro, el conocimiento y la infraestructura requerida para encarar un escenario de exportación.
- **Marco regulatorio armonizado (L):** La consolidación de un marco regulatorio específico para el negocio, robusto y orientado al incentivo de la nueva economía que se genera a partir del **H2**, que contribuya a la facilitación de los procesos contractuales y burocráticos del Estado, así como su armonización, al incentivo de la producción del **H2** y al fomento de su demanda, resultan elementos fundamentales para el desarrollo de este nuevo vector energético.
- **Generación de talento para sostener la cadena de valor del H2 (T):** La existencia de recursos presupuestales, humanos y materiales para lograr la concientización de la población en general sobre los usos e importancia del **H2**, así como la generación de talento local y promoción de la investigación sobre el tema.

#### **Establecimiento de los estados alternativos de cada factor**

- **Existencia de mercado para el H2 (M)**
  - M1 Muy Buena: Mercado local y de exportación consolidados
  - M2 Buena: Mercado local consolidado y un mercado de exportación incipiente
  - M3 Regular: Mercado local incipiente y no existe mercado de exportación aunque existen proyectos piloto en ejecución
  - M4 Mala: No se logró desarrollar mercado de ningún tipo para el **H2**
- **Recursos disponibles para su producción (R)**
  - R1 Muy Buena: Capacidad disponible de recursos eólicos y solares on-shore y off shore
  - R2 Buena: Capacidad plena de recursos de generación on-shore mientras se desarrolla la infraestructura off shore
  - R3 Regular: Capacidad disponible de recursos de generación parcialmente ociosa
  - R4 Mala: Capacidad ociosa de recursos de generación sin generar **H2**



- **Voluntad política participativa y descalzada de los períodos electorales (V)**
  - V1 Total: Existe un acuerdo elaborado en forma participativa que refleja el consenso por el **H2**, firmado por todos los partidos políticos y actores involucrados. Política de Estado.
  - V2 Parcial: Existe un acuerdo por mayoría, firmado, que se transforma en un objetivo de Gobierno.
  - V3 Regular: Se logra la firma de un acuerdo con algunos de los actores participantes.
  - V4 Insuficiente: No hay acuerdo firmado que refleje el compromiso necesario para respaldar un proyecto de largo plazo, pero aún existe la normativa vigente en materia de inversiones.
  
- **Costo de producción competitivo (C)**
  - C1 Óptimo: precio CIF Rotterdam de € 1,8 por Kg de **H2**
  - C2 Bueno: precio CIF Rotterdam € 2,5 por Kg de **H2**
  - C3 Malo: precio CIF Rotterdam mayor a € 2,5 por Kg de **H2**
  - C4 Pésimo: el H2 producido en Uruguay no es competitivo para su exportación
  
- **Posibilidades de escalabilidad del negocio (E)**
  - E1 Excelentes: Sector transporte de carga pesada descarbonizado entre 70% y 90%, al menos 5 proyectos piloto en ejecución, y al menos un contrato de exportación a largo plazo
  - E2 Muy buenas: Sector transporte de carga pesada descarbonizado entre 50 y 70%, al menos 3 proyectos piloto en ejecución, y al menos una exportación realizada
  - E3 Favorables: Sector transporte de carga pesada descarbonizado entre un 20 y 50%, al menos 1 proyectos piloto en ejecución, sin exportaciones
  - E4 Insuficientes: Sector transporte de carga pesada menos de un 20% descarbonizado, no hay proyectos piloto en ejecución, sin exportaciones
  
- **Marco regulatorio armonizado (L)**
  - L1 Muy bueno: Normativa regulatoria consolidada y armonizada con estándares internacionales. Hoja de Ruta y Estrategia Nacional finalizadas.

Contratos de largo plazo con inversores confiables y transparentes, que aseguran la protección de los activos nacionales vinculados a la infraestructura de la cadena de valor del **H2**

- L2 Bueno: Normativa regulatoria con oportunidades de mejora detectadas y en proceso de modificación. Hoja de Ruta y Estrategia Nacional en elaboración a través de un proceso ampliamente participativo. Contratos confiables y transparentes, que aseguren la protección de los activos nacionales vinculados a la infraestructura de la cadena de valor del **H2**
  - L3 Regular: Normativa regulatoria con oportunidades de mejora detectadas, pero sin amplio acuerdo político para su modificación. No hay Hoja de Ruta ni Estrategia Nacional completadas. No se registran aún contratos vinculados a la infraestructura requerida por la de la cadena de valor del **H2**
  - L4 Precaria: La normativa regulatoria es insuficiente y/o no garantiza la protección de los activos nacionales y no hay acuerdo político para su modificación.
- **Generación de talento para sostener la cadena de valor del **H2** (T)**
    - T1 Muy Bueno: existen expertos locales en todas las etapas de la cadena de valor del **H2**, y reciben capacitación y entrenamiento permanente.
    - T2 Bueno: existe un buen nivel técnico en la mayoría de las etapas de la cadena de valor del **H2** pero aún se depende de expertos extranjeros.
    - T3 Insuficiente: el nivel técnico local no ha alcanzado un nivel aceptable como para atender la mayoría de las etapas de la cadena de valor del **H2**
    - T4 Deficiente: el nivel técnico local es insuficiente y se mantiene la dependencia del talento externo

A continuación, se construye la matriz Sectores/Factores, que representa la construcción de todos los escenarios planteados: Actual, Optimista, Pesimista y más Probable.

Su representación se muestra a continuación, teniendo en cuenta que a efectos de calibrar la matriz, toma el estado actual de la economía del **H2** en Uruguay que corresponde a:

**M2-R1-V2-C2-E3-L2-T3**

**Construcción de Escenarios**

M	R	V	C	E	L	T
Existencia de mercado para el H2	Recursos disponibles para su producción	Voluntad política participativa y descalzada de los períodos electorales	Costo de producción competitivo	Posibilidades de escalabilidad del negocio	Marco regulatorio armonizado	Generación de talento para sostener la cadena de valor del H2
<b>M1</b>	<b>R1</b>	<b>V1</b>	<b>C1</b>	<b>E1</b>	<b>L1</b>	<b>T1</b>
Muy Buena	Muy Buena	Total	Óptimo	Excelentes	Muy Bueno	Muy Bueno
	Muy Buena				Muy Bueno	
<b>M2</b>	<b>R2</b>	<b>V2</b>	<b>C2</b>	<b>E2</b>	<b>L2</b>	<b>T2</b>
Buena	Buena	Parcial	Bueno		Bueno	
Buena		Parcial	Bueno	Muy Buenas		Bueno
			Bueno			
<b>M3</b>	<b>R3</b>	<b>V3</b>	<b>C3</b>	<b>E3</b>	<b>L3</b>	<b>T3</b>
Regular	Regular	Regular	Malo	Favorables	Regular	Insuficiente
				Favorables		
<b>M4</b>	<b>R4</b>	<b>V4</b>	<b>C4</b>	<b>E4</b>	<b>L4</b>	<b>T4</b>
Mala	Mala	Insuficiente	Pésimo	Insuficientes	Precario	Deficiente

	Escenario Actual	M2-R1-V2-C2-E3-L2-T3
	Escenario Optimista	M1-R1-V1-C1-E1-L1-T1
	Escenario más Probable	M2-R1-V2-C2-E2-L1-T2
	Escenario Pesimista	M3-R3-V4-C2-E3-L3-T3

## Justificación del escenario más probable

Las condiciones que favorecen la construcción del escenario más probable para el desarrollo de la economía del H2 en Uruguay, se fundamentan en el análisis realizado al comienzo de este trabajo, que tiene un alcance limitado a la consigna del mismo.

Como síntesis, se determina el escenario más probable a partir de que existe un mercado para el H2, en función del consenso a nivel internacional en la urgente necesidad de reducir los efectos adversos del cambio climático, esto, avalado por las agencias de energía de los países que requieren el uso intensivo de energía para mantener sus procesos agroindustriales, mineros y de refinación de combustibles.

La existencia de mercado para el H2 ya es una realidad, tanto a nivel local como internacional. La debilidad que implica la dependencia de los combustibles fósiles de una cantidad limitada de proveedores, ha quedado expuesta en Europa ante el estallido de la guerra entre Rusia y Ucrania. La necesidad de diversificar la matriz energética para lograr una mejor distribución de riesgos, así como para dar cumplimiento a la Agenda de Objetivos del

Desarrollo Sostenible y lograr la descarbonización de las economías, hacen prácticamente seguro el impulso del mercado global del H2.

Uruguay cuenta con recursos renovables para su producción tanto on-shore como off-shore, donde su amplia plataforma marítima cuenta con la posibilidad de desarrollar la infraestructura necesaria. Asimismo, la reputación internacional del Uruguay lo posiciona como un buen candidato para la captación de Inversión Extranjera Directa, así como para el acceso al financiamiento a través de fondos verdes que en la actualidad, se encuentran ampliamente disponibles.

Las Políticas de Estado en materia de inversiones, han sido respetadas a lo largo de todos los gobiernos de los diferentes partidos, contribuyendo a generar una estabilidad política que es muy valorada por los inversores, más aún en contratos de largo plazo como son los que requerirán los proyectos vinculados al H2. Ejemplo de esto, es el portafolio de contratos de Participación Público Privada vigente por USD 1.942 millones de dólares (MEF, 2020), iniciados en anteriores gobiernos y que actualmente se encuentran en su totalidad en diferentes etapas de ejecución.

Pero, como parte de las lecciones aprendidas de este tipo de contratos complejos, es la necesidad de generar capacidades locales y ámbitos de trabajo ampliamente participativos (donde se incluyan a todos los interesados), que contribuyan a la adecuada coordinación de políticas públicas y a un ambiente que favorezca tanto la promoción de las inversiones requeridas, así como el fomento de la demanda de uso del nuevo vector energético.

El marco regulatorio específico para el H2, es otro requisito fundamental, así como la Hoja de Ruta y la Estrategia Nacional de H2 en Uruguay y requiere la participación de representantes de todos los Factores del Poder Nacional. En el escenario actual, no se ha contemplado la participación de representantes del Ministerio de Defensa Nacional, por ejemplo, en las mesas técnicas que trabajan en la elaboración de la Hoja de Ruta del H2 en Uruguay. Esto debe ser revertido. El marco regulatorio constituye un desafío, por tratarse de una nueva economía que debe armonizarse no solo a la interna del país, sino principalmente con los códigos, normas técnicas, políticas de calidad y estatutos que ya se encuentran vigentes o en procesos de elaboración avanzados a nivel mundial.

El talento especializado, debe ser formado integrando a todos los niveles educativos. Muy especialmente, en el nivel técnico requerido para asegurar una producción, logística, almacenaje y uso seguro del H2, así como en el vinculado a la Defensa Nacional, ya que las instalaciones marítimas conformarán infraestructura crítica y se encontrarán bajo su jurisdicción.

Por otro lado, se requieren talentos en materia de gestión de proyectos, que permitan el desarrollo del estado del arte en la gestión de los mismos. No menos importante es el rol de la diplomacia uruguaya para la promoción de Uruguay esta nueva economía a nivel mundial, que contribuya a la captación de inversión.

En materia de costos de producción, estudios realizados ya muestran un precio final calculado de forma conservadora bastante competitivo, por lo que es esperable que al menos se mantenga y tienda a la baja y no al revés. Por otro lado, el hecho de producir H<sub>2</sub> y lograr aunque sea parcialmente la descarbonización del sector transporte, permitirá a Uruguay independizarse (aunque sea parcialmente) de la volatilidad del precio del petróleo y de posibles interrupciones en la cadena de suministro en el caso del acaecimiento de escenarios adversos.

Referido a la escalabilidad del negocio, Uruguay ya cuenta con un proyecto piloto (H<sub>2</sub>U) y se encuentra muy activo en la promoción de sus condiciones como país receptor de este tipo de proyectos; existe prioridad de Estado en materia de descarbonización del sector transporte de carga y pasajeros, por lo que se encuentran vigentes incentivos fiscales para recambio de flota; se cuenta con un Plan Estratégico Nacional de Innovación y Desarrollo Tecnológico llevado adelante por la ANII que tiene como una de sus áreas prioritarias desarrollos en el sector energético, además de todas las condiciones reputacionales anteriormente mencionadas.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Barbero, J., (2020) El transporte automotor de cargas en América Latina. BID. Disponible en: [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El\\_transporte\\_automotor\\_de\\_car\\_gas\\_en\\_Am%C3%A9rica\\_Latina.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El_transporte_automotor_de_car_gas_en_Am%C3%A9rica_Latina.pdf)
- Ritchie, H. (2020) Disponible en: <https://idbinvest.org/es/blog/energia/bienvenidos-la-nueva-economia-del-hidrogeno>
- BID Invest (2022) Disponible <https://idbinvest.org/es/blog/energia/bienvenidos-la-nueva-economia-del-hidrogeno>
- B2B Media Group, (2021). “Estudio del Hidrógeno Verde”. Resumen de muestra publicado en LinkedIn el 22/09/202.
- Demoro, L. (2021), “Bloomberg Climatescope 2021 – Energy Transition Factbook”. Recuperado de: <https://global-climatescope.org/downloads/climatescope-2021-report.pdf> el 04/03/2022.
- ENAGAS, (2022) Artículo publicado el 27/01/2022: “Los próximos hitos del hidrógeno verde. Disponible en: <https://goodnewenergy.enagas.es/comprometidos/los-proximos-hitos-del-hidrogeno-verde/>
- ESMAP, (2020), “Green Hydrogen in Developing Countries”. Washington DC: WorldBank.
- Gallardo, A. (2007), “Manual de métodos de prospectiva”, Santiago, Chile: Centro de Estudios e Investigaciones Militares.
- IRENA (2022), “Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponible en: [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA\\_Geopolitics\\_Hydrogen\\_2022.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA_Geopolitics_Hydrogen_2022.pdf)

- LBST (2020). “International Hydrogen Strategies”. Disponible en: [https://www.weltenergie.de/wp-content/uploads/2020/10/WEC\\_H2\\_Strategies\\_Executive-Summary\\_final.pdf](https://www.weltenergie.de/wp-content/uploads/2020/10/WEC_H2_Strategies_Executive-Summary_final.pdf)
- Ley 19.670, Art. 337. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19670-2018/337>
- Manual de Estrategia, Tomo I “Conceptos Básicos”, Centro de Altos Estudios Nacionales, Montevideo, Uruguay.
- Manual de Estrategia, Tomo III “Método para el Planeamiento Estratégico”, Centro de Altos Estudios Nacionales, Montevideo, Uruguay.
- MIEM, (2021), “Monitor Energético Año I N°8 Octubre\_0.pdf”. Recuperado el 04/03/2022 de: [https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/publicaciones/Monitor%20Energ%C3%A9tico%20A%C3%B1o%20I%20N%C2%B08%20Octubre\\_0.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/publicaciones/Monitor%20Energ%C3%A9tico%20A%C3%B1o%20I%20N%C2%B08%20Octubre_0.pdf)
- MOVTMA, 2019, “Inventario Nacional Emisiones GEI 2017 Serie 1990 – 2017”. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2021-07/Inventario%20Nacional%20Emisiones%20GEI%202017%20Serie%201990%20-%202017.pdf>
- PORT OF ROTTERDAM “Facts and Figures”. Recuperado el 05/03/2022 de: <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/facts-and-figures-port-of-rotterdam.pdf>
- Presidencia de la República Oriental del Uruguay (2021). “Informe Nacional Voluntario de los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2021”, Montevideo, Uruguay. Disponible en: [https://ods.gub.uy/images/2021/Informe\\_Nacional\\_Voluntario\\_Uruguay\\_2021.pdf](https://ods.gub.uy/images/2021/Informe_Nacional_Voluntario_Uruguay_2021.pdf)
- ROSSI, V., “Datos actualizados de la Costa Atlántica”. Disponible en: <https://www.gub.uy/presidencia/comunicacion/noticias/proyecto-puerto-aguas-profundas-rocha-data-siglo>

- Taylor, A, BID Invest (2021). “Bienvenidos a la nueva economía del hidrógeno”, Información disponible en: <https://idbinvest.org/es/blog/energia/bienvenidos-la-nueva-economia-del-hidrogeno>
  
- The U.S. Department of Energy Hydrogen Program, Disponible en: <https://www.hydrogen.energy.gov/>
  
- Uruguay XXI: Agencia de promoción de exportaciones, inversiones e imagen país, “Por qué invertir en Uruguay”. Recuperado el 02/03/2022 de: <https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/quiero-invertir/por-que-uruguay/paisconfiable/#:~:text=Uruguay%20es%20un%20pa%C3%ADs%20con,adecuado%20para%20desarrollar%20inversiones%20exitosas>