

Sostenibilidad social en la producción de hidrógeno verde y sus derivados en Uruguay

Como empresa de propiedad federal, GIZ apoya al Gobierno de Alemania en el cumplimiento de sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:

Cámara de Comercio e Industria Uruguayo-Alemana (AHK Uruguay)

Oficina registrada:

Plaza Independencia 831, Oficina 201
UY-11100 Montevideo
Uruguay

E comex@ahkurug.com.uy

I <https://uruguay.ahk.de/>

Autoras:

Janne Steinmeyer, AHK Uruguay
Nora Hildebrand, AHK Uruguay
Rabea Dauwe, AHK Uruguay

Revisores:

Catalina Orellana, GIZ GmbH
Isabella Boese, GIZ GmbH
Vincent Fleck, GIZ GmbH

Diseño:

peppermint werbung berlin gmbh, Berlin

El Ministerio Federal de Economía y Energía de Alemania apoya la participación empresarial en el fomento del hidrógeno en el Sur Global, a través del Programa Internacional de fomento al Hidrógeno (H2Uppp).

Montevideo, Noviembre 2025

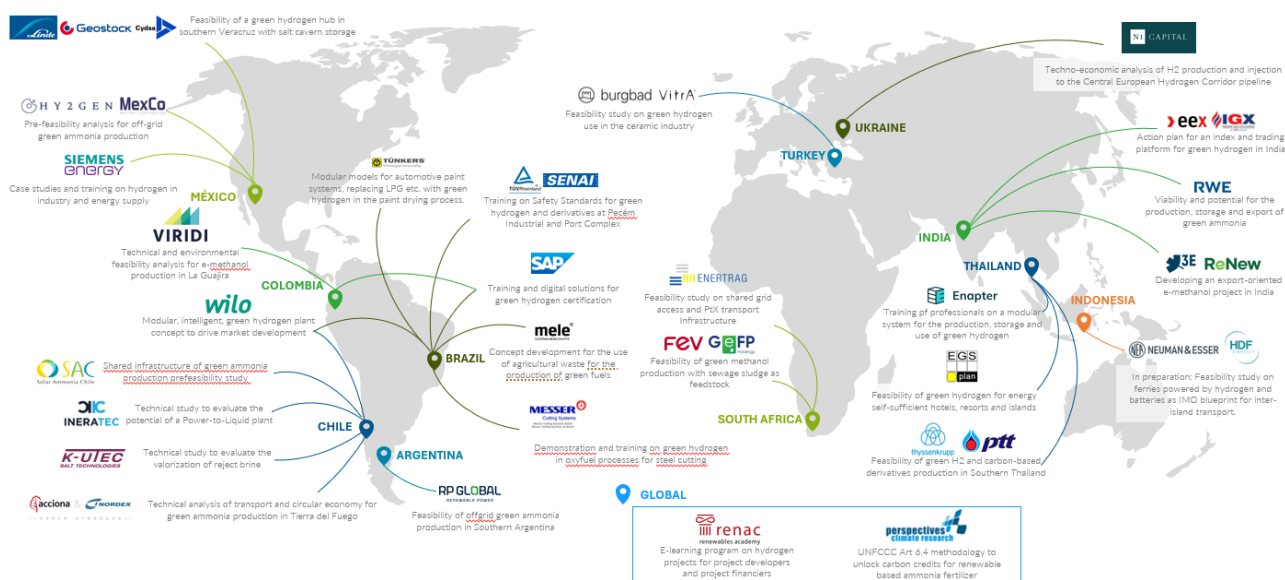
1	Introducción	4
2	Proyectos de hidrógeno verde en Uruguay	5
3	Entorno social, equidad y participación	7
4	Participación comunitaria y aceptación social	8
4.1	Marco normativo y participación ciudadana	8
4.2	Mapeo de actores	10
4.3	Experiencia nacional en aceptación social	10
4.4	Uso del agua y percepción social en proyectos de hidrógeno verde	12
5	Condiciones laborales, seguridad y desafíos sociales	13
6	Formación, empleo y desarrollo local	14
7	Planificación estratégica del hidrógeno en Uruguay	16
8	Sistemas de certificación y sostenibilidad social	17
9	Conclusiones	18
	Referencias	20

1 Introducción

El hidrógeno verde y la producción de sus derivados se reconocen cada vez más como tecnologías clave para acelerar la transición energética hacia fuentes renovables y para desvincular el crecimiento económico de las emisiones de gases de efecto invernadero [1]. En el marco del Pacto Verde Europeo —cuyo objetivo es alcanzar la neutralidad climática en 2050— se elaboró la Estrategia Europea del Hidrógeno como parte esencial de esa meta [2,3]. Alemania, por su parte, ha dado pasos decisivos en esta dirección mediante su Estrategia Nacional del Hidrógeno (2020) y su Estrategia de Importación de Hidrógeno y Derivados (2023) [4,5]. Estas políticas buscan no solo fortalecer la seguridad energética, sino también generar beneficios socioeconómicos, impulsar la competitividad industrial y crear empleo en sectores tecnológicos sostenibles [6,7].

La cooperación internacional en torno al hidrógeno está cobrando un papel estratégico, impulsada tanto por actores públicos como privados a través de proyectos piloto y alianzas científicas entre potenciales países exportadores e importadores [8,9]. En este contexto, Alemania y Uruguay firmaron en marzo de 2023 una Asociación en materia de clima y energía, con el objetivo de promover la cooperación en torno al hidrógeno verde [10]. Entre las iniciativas relevantes destaca el Programa Internacional de Fomento al Hidrógeno (H2Uppp), comisionado por el Ministerio Federal de Economía y Energía de Alemania (BMWE). Este programa apoya la participación empresarial en el fomento del hidrógeno en el Sur Global, fortaleciendo los ecosistemas locales, promoviendo la creación de capacidades, generando inteligencia de mercado y fomentando alianzas estratégicas.

A través de asociaciones público-privadas (PPPs), H2Uppp apoya el desarrollo temprano de proyectos a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno verde, promoviendo la innovación, la transferencia tecnológica y la inversión sostenible. Si bien hasta la fecha no existen PPPs en ejecución en Uruguay, los resultados de las experiencias desarrolladas en otros países —como los 15 PPPs en América Latina— ofrecen aprendizajes valiosos y modelos replicables que podrían servir de referencia para futuras iniciativas nacionales. La participación de Uruguay en este tipo de mecanismos podría representar una oportunidad estratégica para atraer inversión, acelerar la madurez del sector y consolidar su posición en la economía regional del hidrógeno [11].



Mapa de Proyectos Público-Privados del Programa H2Uppp a nivel mundial [12].

Uruguay presenta condiciones particularmente favorables para el desarrollo de la industria de hidrógeno verde: en 2024, más del 92 % de su generación eléctrica procedía de fuentes renovables —alcanzando hasta un 99 % en ciertos periodos—, gracias a una matriz diversificada y estable [13,14]. La Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde de Uruguay (2023) identifica al hidrógeno como un pilar estratégico para consolidar una economía baja en carbono, con la ambición de posicionar al país como futuro exportador de derivados del hidrógeno [15,16].

Para que este nuevo mercado energético sea no solo climáticamente neutro sino también socialmente sostenible, resulta fundamental incorporar criterios de sostenibilidad social desde las fases iniciales de los proyectos, anticipando y evitando potenciales impactos negativos sobre las comunidades locales [17]. Aunque existe consenso sobre la relevancia de dichos criterios, los sistemas de certificación actuales se centran mayoritariamente en la dimensión ambiental —especialmente en la huella de carbono—, mientras que los aspectos sociales aún se abordan de manera limitada [18-21].

En este contexto, comprender los aspectos sociales asociados a la producción de hidrógeno verde y sus derivados en Uruguay resulta crucial para definir criterios que orienten tanto el desarrollo temprano de proyectos como su futura certificación. Este reporte tiene como objetivo analizar los principales factores de sostenibilidad social vinculados a esta nueva industria en el país, identificando oportunidades y desafíos. Para ello, se realizaron una Mesa Redonda con 16 expertas y expertos de 10 organizaciones, así como entrevistas cualitativas en profundidad con actores clave del sector del hidrógeno.

El reporte se estructura en torno a los siguientes ejes: la proyección de los proyectos de hidrógeno verde en el país; el contexto social uruguayo; los mecanismos de participación comunitaria en el marco normativo y en experiencias de proyectos industriales; las condiciones laborales y de seguridad; la formación y el empleo para el desarrollo local; la planificación estratégica del hidrógeno en Uruguay; y los sistemas de certificación para garantizar la sostenibilidad social. Este enfoque integral busca ofrecer una visión holística de los desafíos y oportunidades del hidrógeno verde desde la perspectiva de la sostenibilidad social, aportando insumos concretos para responsables políticos y actores del sector uruguayo que deseen fomentar un desarrollo equitativo y sostenible desde las etapas iniciales de esta emergente economía energética.

2 Proyectos de hidrógeno verde en Uruguay

En Uruguay existen varias iniciativas relacionadas con el hidrógeno verde, aunque el número de proyectos de gran escala sigue siendo reducido. A continuación, se presenta un resumen de los principales desarrollos:

El proyecto H24U, liderado por las empresas Saceem y CIR en el departamento de Durazno, fue seleccionado en 2023 para recibir apoyo del Fondo Sectorial de Hidrógeno Verde, gestionado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) con recursos del Ministerio de Industrias, Energía y Minería (MIEM). La iniciativa busca en una primera fase abastecer camiones con hidrógeno verde y, posteriormente, descarbonizar la red de gas natural mediante la inyección de hidrógeno en Paysandú. El proyecto contempla una planta electrolizadora de 1 MW en Pueblo Centenario, alimentada por un parque solar de 2 MW, con capacidad para suministrar hidrógeno a 17 camiones. Su inversión total asciende a 43,5 millones de dólares, de los cuales 10 millones provienen del fondo sectorial, mientras que el resto es aportado por las empresas participantes. Además, H24U incluye un componente de formación de profesionales locales a través de transferencia tecnológica de empresas líderes a nivel global [22]. Actualmente, el proyecto se encuentra temporalmente pausado [23].

El mayor proyecto anunciado hasta la fecha es HIF Paysandú, desarrollado por la empresa estadounidense HIF Global. Situada en Paysandú, la planta busca producir hidrógeno verde y combustibles sintéticos para la exportación, con una capacidad de electrólisis de 1 GW. Se estima una producción de 150.000 toneladas anuales de e-combustibles. El proyecto incluye la adquisición parcial de CO₂ biogénico mediante un proceso de licitación con ALUR, un electrolizador, un parque solar de 921 MW y un parque eólico de 1.131 MW, así como 160 km de líneas de transmisión de 500 kV para conectar los parques renovables. El proceso de evaluación ambiental ya está en marcha, y abarca la clasificación del proyecto, la solicitud de autorización ambiental previa, una audiencia pública y la autorización final por parte del Ministerio de Ambiente. Recientemente, HIF firmó un convenio estratégico con la consultora GEA y el Laboratorio de Ecología Fluvial del Centro Universitario Regional (CENUR) Litoral Norte de la Universidad de la República para conducir un monitoreo científico de la

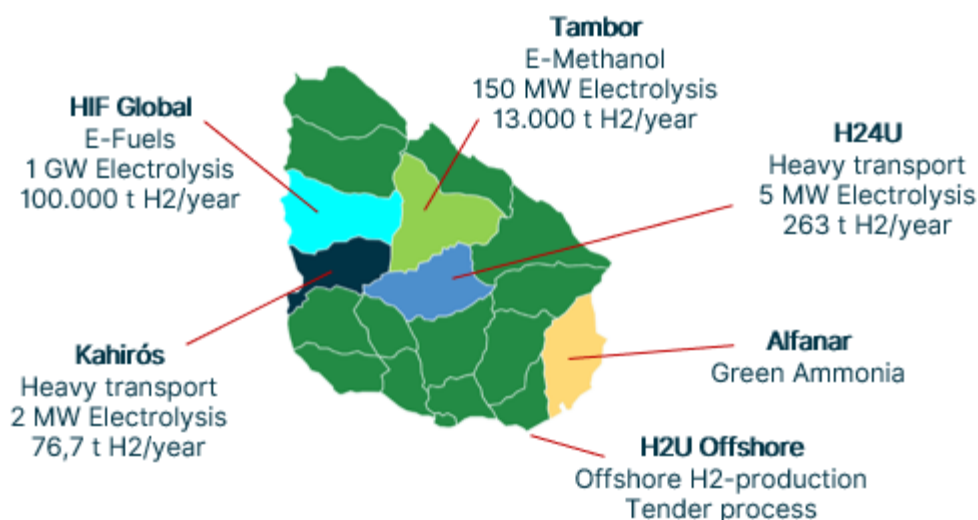
reserva ecológica ubicada dentro del predio del proyecto con el fin de reforzar el modelo de gestión ambiental participativo, que integra conocimiento local, ciencia aplicada y altos estándares de conservación para asegurar un desarrollo sostenible a largo plazo[24]. Para 2025, se prevén la decisión final de inversión y la ingeniería básica, con inicio de construcción en la segunda mitad de 2026. Se aprovecharán también la infraestructura ferroviaria existente y el Puerto de Montevideo [25, 26, 27].

El proyecto Kahirós, liderado por Ventus, Fraylog y Hyundai-Fidocar en Río Negro, se orienta a la producción de hidrógeno verde para la reconversión de camiones que transportan madera de las fábricas de celulosa de Fray Bentos. Financiado por el Grupo Santander y con la participación de empresas como Montes del Plata, el proyecto contempla un electrolizador PEM de 2 MW suministrado por AirLiquide que es alimentado por una planta solar de 4,89 MWp, con una producción anual de 75.800 kg de H₂. Se instalará una estación de recarga rápida para seis camiones Hyundai XCIENT (FCEV), capaces de cargar 68 kg de H₂ en 25 minutos. Además, se instalarán infraestructuras adicionales, como una subestación eléctrica y una línea de conexión a la red, para garantizar un suministro de energía eficiente y estable para el proceso. El inicio de operaciones está previsto para el segundo semestre de 2026, con un ahorro estimado de 870 toneladas de CO₂ anuales [25, 28, 29].

En mayo de 2022, se dio a conocer Tambor Green Hydrogen Hub, proyecto planificado por la empresa alemana Enertrag SE junto con la desarrolladora uruguaya SEG Ingeniería. El proyecto, que se ubicará en Tacuarembó, busca producir e-metanol a partir de hidrógeno verde y CO₂, apoyando el papel de Uruguay como exportador de derivados del hidrógeno. El proyecto combina instalaciones eólicas y solares con electrolizadores y plantas de reconversión, y estima producir en su primera fase 16.200 toneladas de hidrógeno verde anuales a partir de 140 MW de electrólisis y 350 MW de capacidad renovable [25, 30, 31]. En diciembre de 2024, el proyecto ingresó al proceso de autorización ambiental previa, con la publicación del informe en el Observatorio Ambiental Nacional en marzo de 2025, el cual está en revisión con la empresa atendiendo las observaciones técnicas formuladas como parte del proceso de evaluación para presentar un proyecto de alta calidad que beneficie a las comunidades locales y el ambiente.

Además de los proyectos privados, existen iniciativas públicas clave para habilitar la industria. Un ejemplo es el H2 Offshore Round, promovido por ANCAP como parte de la Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde. Este programa busca fomentar la producción de hidrógeno y derivados a partir de energía eólica marina, mediante licitaciones internacionales que permiten a empresas privadas asumir la inversión y los riesgos. El modelo contractual, inspirado en acuerdos de producción compartida de petróleo y gas, prevé una fase de evaluación de hasta 10 años, durante la cual pueden realizarse estudios de viabilidad, antes del inicio de la producción. La primera ronda, prevista para 2025, ofrece cuatro áreas seleccionadas para minimizar impactos ambientales y conflictos con otras actividades marítimas [32, 33].

En conjunto, estos proyectos reflejan una etapa inicial pero dinámica en el desarrollo del hidrógeno verde en Uruguay, caracterizada por una fuerte participación del sector privado y un marco institucional que comienza a consolidarse. El avance de estas iniciativas permitirá generar aprendizajes técnicos, regulatorios y sociales clave para el diseño de futuros proyectos. A su vez, el fortalecimiento de capacidades locales, la creación de empleos de calidad y la participación activa de las comunidades serán determinantes para asegurar que esta nueva industria contribuya efectivamente a un desarrollo sostenible e inclusivo.



Mapa de proyectos de hidrógeno verde en Uruguay (H2Uppp, 2025).

3 Entorno social, equidad y participación

Uruguay ofrece un entorno institucional, social y jurídico altamente favorable para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde. La combinación de estabilidad política, transparencia administrativa y cohesión social constituye una base sólida para atraer inversiones sostenibles y garantizar su implementación con aceptación local [16, 34]. En comparación con otros países de América Latina, donde la corrupción y la inestabilidad regulatoria representan obstáculos estructurales [18], Uruguay se distingue por su bajo nivel de corrupción: ocupa el puesto 14 entre 180 países en el Índice de Percepción de la Corrupción, con una puntuación de 76 [35].

La baja conflictividad social del país es otro factor clave. Uruguay presenta una estructura demográfica homogénea y carece de población indígena, lo que reduce la posibilidad de conflictos territoriales o culturales que suelen afectar a otros países de la región [36, 37, 38]. Además, la población comparte un idioma común y un sentido de identidad nacional que facilitan los procesos de comunicación y participación [39]. Su tamaño reducido y la buena conectividad territorial permiten una gestión más eficiente de las tensiones sociales [40]. A ello se suma una infraestructura consolidada, altos niveles de educación y una calidad de vida superior al promedio regional [41]. Estas condiciones, junto con un marco democrático estable, hacen de Uruguay un referente latinoamericano en gobernanza y transición energética [42, 43].

En términos económicos, Uruguay mantiene indicadores de desarrollo sostenido. Para 2025, se proyecta un PIB total de 86.400 millones de dólares estadounidenses y un PIB per cápita superior a 24.000 dólares [44]. El coeficiente de Gini, que mide la desigualdad de ingresos, alcanzó 40,6 en 2022, ubicándose entre los valores más bajos de la región [45]. Estas cifras reflejan un contexto de equidad relativa que favorece la implementación de proyectos industriales con enfoque social.

El acceso a la tierra está fuertemente regulado por el Estado, lo que garantiza la seguridad jurídica de la propiedad y evita conflictos sobre derechos territoriales. Los flujos financieros de los proyectos son supervisados por el Banco Central, que aplica estrictas normas de transparencia [41]. Los promotores deben además cumplir procedimientos de autorización ambiental y territorial antes de acceder a los recursos naturales [46].

La cooperación entre el Estado, el sector privado y la academia se manifiesta también en iniciativas voluntarias orientadas a la transparencia, la innovación y la inclusión social. La Asociación Uruguaya de Hidrógeno (AUH), por ejemplo, funciona como plataforma interdisciplinaria para difundir información técnica, generar conocimiento compartido y articular esfuerzos entre empresas y organismos públicos [46, 47]. De forma complementaria, la Asociación Uruguaya de Mujeres en Energía promueve

la participación femenina en el sector energético, impulsando formación, redes de liderazgo y acciones para reducir brechas salariales y de oportunidades [41, 48].

En este contexto, el desarrollo del hidrógeno verde representa una oportunidad concreta para avanzar hacia una transición energética justa y con perspectiva de género. Sin embargo, esto requiere atender las barreras estructurales que enfrentan las mujeres en el ámbito laboral y técnico —como el acceso a capacitación especializada, condiciones sanitarias y de seguridad o conciliación familiar—, así como promover su presencia en los espacios de decisión y gobernanza del sector. Integrar estos enfoques en la planificación y evaluación de proyectos permitirá maximizar los beneficios sociales de la nueva industria y fortalecer su legitimidad territorial.

Otra iniciativa destacada es la comunidad H-Armonía, promovida por la empresa Vivestar S.A., que impulsa compromisos voluntarios de sostenibilidad empresarial. El programa se orienta a generar valor compartido mediante acciones en cuatro áreas prioritarias: gestión responsable del agua y los recursos naturales; prevención y minimización de impactos ambientales; desarrollo de capacidades locales y distribución equitativa del valor; y promoción de la salud, la seguridad y el bienestar de las personas [40, 49]. Estas directrices van más allá de las exigencias legales nacionales, contribuyendo a elevar los estándares de desempeño ambiental y social en el país [41].

El fortalecimiento de estas redes e iniciativas voluntarias refuerza la gobernanza colaborativa del sector y consolida a Uruguay como un entorno ejemplar para el desarrollo de industrias limpias e inclusivas. La experiencia demuestra que, cuanto mayor es el intercambio de buenas prácticas entre empresas y actores públicos, más alto se eleva el nivel de exigencia y calidad social de los proyectos, generando beneficios sostenibles para toda la sociedad [36].

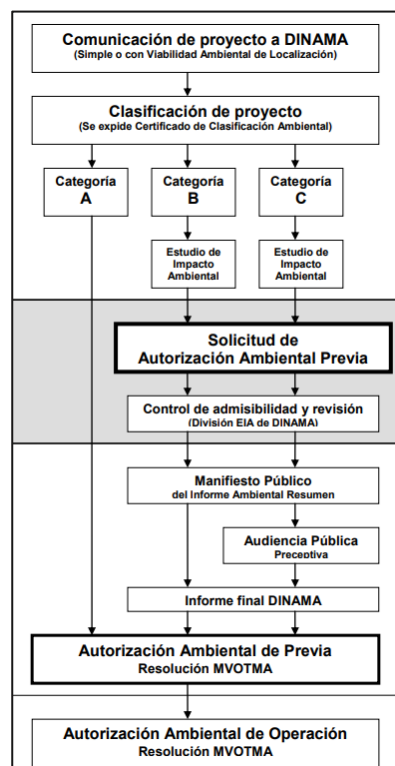
4 Participación comunitaria y aceptación social

4.1 Marco normativo y participación ciudadana

En Uruguay, los proyectos industriales y energéticos —incluidos los vinculados al hidrógeno verde y sus derivados— están sujetos a un marco regulatorio ambiental y territorial consolidado. El Ministerio de Ambiente (MA) y el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) son los principales organismos encargados de definir las normas aplicables y supervisar su cumplimiento. Actualmente, el gobierno uruguayo se encuentra en un proceso de actualización del marco jurídico para adecuarlo a los desafíos específicos que plantea el desarrollo de esta nueva industria [36].

El marco normativo vigente se basa en la Ley N.º 16.466 de Evaluación de Impacto Ambiental (1994) [50] y su Decreto Reglamentario N.º 349/005 (2005) [51], que reglamenta, entre otros, los artículos 6 y 7 de la ley, estableciendo los procedimientos para clasificar los proyectos y evaluar su compatibilidad con el emplazamiento propuesto. Esta normativa exige considerar de manera integral los impactos ambientales, económicos y sociales, incluyendo los efectos sobre la población local. En este marco, se prevé la realización de audiencias públicas, reuniones comunitarias y mecanismos de consulta desde las etapas iniciales del proyecto [52].

De forma complementaria, la Ley N.º 18.308 de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (2008) [53] regula la publicación de información sobre los proyectos y la participación temprana de las autoridades locales, garantizando así la transparencia y la integración territorial. En consecuencia, en Uruguay no se desarrollan proyectos sin una gestión temprana de las relaciones con las comunidades locales y los gobiernos departamentales [36]. En las fases iniciales de los proyectos de hidrógeno verde y derivados, los promotores deben solicitar autorizaciones ambientales, realizar estudios sociales con trabajo



Procedimiento de EIA (Dirección Nacional de medio ambiente, Guía para la Solicitud de autorización ambiental previa, 2009)

de campo e iniciar instancias de diálogo con las comunidades locales [46]. La participación de la sociedad forma parte integral del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en Uruguay [37]. En este proceso, los proyectos se clasifican en categorías A, B o C, según las características del proyecto y la magnitud de sus impactos previstos. La categoría C comprende aquellos proyectos que pueden generar impactos negativos significativos, incluso si existen medidas de mitigación. En tales casos, se requiere un Estudio de Impacto Ambiental completo o detallado y la convocatoria obligatoria a audiencias públicas. El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente dispone de un plazo de 10 días hábiles para validar o ajustar la clasificación propuesta por el proponente y emitir el certificado correspondiente [54].

Dado el alcance y la complejidad de los proyectos de hidrógeno verde de mediana y gran escala, es previsible que la mayoría sean clasificados como categoría C, por lo que deberán someterse a audiencias públicas o consultas ciudadanas específicas. Para los desarrolladores e inversionistas, comprender esta clasificación es esencial, ya que determina el tipo de evaluación, las exigencias normativas y los plazos del proceso [55]. En este sentido, programas de cooperación pueden desempeñar un papel clave al ofrecer orientación técnica y regulatoria, especialmente a actores nuevos en el sistema uruguayo.

El diálogo ciudadano es un componente esencial del desarrollo sostenible. Más allá del cumplimiento formal de los requisitos legales, la participación pública se concibe como un proceso de diálogo bidireccional, orientado a identificar las distintas realidades territoriales, fortalecer la aceptación social y potenciar el desarrollo local. Esto implica que tanto las autoridades como las empresas deben informar de manera

proactiva, pero también recoger y atender las preocupaciones y expectativas de las comunidades afectadas. Tales intercambios son fundamentales para construir confianza y legitimidad social en torno a los proyectos. Entre las medidas de participación más relevantes se incluyen la respuesta a las solicitudes de organizaciones sociales y residentes, la creación de grupos de trabajo locales y el establecimiento de redes territoriales que favorezcan un diálogo continuo e inclusivo [56].

La audiencia pública, instrumento central de la participación ciudadana dentro del procedimiento ambiental, tiene como finalidad garantizar la participación colectiva del Estado y la sociedad, promoviendo la coordinación y cooperación territorial [56]. Desde el inicio de los proyectos se recomienda involucrar a las Intendencias Departamentales, considerando sus competencias y conocimiento de las condiciones locales [57]. En esa línea, el gobierno uruguayo ha firmado acuerdos de cooperación con las Intendencias de Paysandú y Tacuarembó, que contemplan talleres de información, medidas de formación e investigación local, y acciones para fortalecer la transparencia y la confianza pública [42, 56, 58].

Posteriormente, el proceso de participación se amplía mediante la “puesta de manifiesto” del proyecto, en el cual los documentos se publican en la página web institucional y se habilita un espacio para observaciones o comentarios adicionales. Este mecanismo permite que ciudadanos, organizaciones y actores interesados puedan enviar directamente sus aportes o inquietudes al ministerio o a la empresa responsable [46].

Esta visión participativa se alinea con las buenas prácticas internacionales. Por ejemplo, el Ministerio de Energía de Chile publicó una guía para promover un diálogo temprano, transparente, continuo e inclusivo, orientado a construir soluciones compartidas y reducir desigualdades [43]. La elaboración de una guía similar en Uruguay, construida de manera participativa entre el sector público y los actores territoriales, podría constituir un apoyo útil para orientar el desarrollo de proyectos de hidrógeno en diálogo con las necesidades y dinámicas locales.

En resumen, este marco normativo y participativo consolida a Uruguay como un país con instituciones robustas y procedimientos transparentes, orientados a garantizar que los proyectos de hidrógeno verde se desarrollen con legitimidad social, respeto ambiental y coherencia territorial.

4.2 Mapeo de actores

El mapeo de actores es una herramienta fundamental para planificar proyectos industriales sostenibles, ya que permite identificar a los grupos de interés relevantes —instituciones públicas, comunidades locales, academia, organizaciones sociales, empresas y sindicatos—, comprender sus expectativas y anticipar posibles conflictos [52]. Este proceso suele iniciarse en las etapas tempranas del proyecto e incluye entrevistas, talleres y análisis de percepción social. Para las empresas, además de favorecer la aceptación social, contribuye a tomar decisiones más informadas sobre la ubicación, el diseño y las estrategias de comunicación del proyecto [46].

El mapa de actores representa gráficamente los actores relevantes de un sistema de cooperación, las relaciones entre ellos y la naturaleza de dichas interacciones. Esta herramienta ofrece una visión integral de las dinámicas de poder, dependencia y colaboración, permitiendo identificar posibles alianzas o conflictos, así como vacíos de información o actores aún no considerados. Su discusión facilita la formulación de estrategias y la toma de decisiones más inclusivas [59].

Según el tema o alcance del proyecto, los actores pueden clasificarse como primarios, secundarios, clave o con capacidad de veto. Los actores primarios son los directamente afectados, beneficiados o perjudicados por el proyecto. Los secundarios participan de forma indirecta o temporal, por ejemplo, prestando servicios. Los actores clave tienen una influencia significativa por su conocimiento, recursos o posición institucional, mientras que aquellos con poder de veto pueden determinar o bloquear completamente el avance de un proyecto. Estas categorías no son rígidas, ya que las relaciones de poder son dinámicas y dependen del contexto y de la interacción entre actores [59].

Para elaborar un mapa útil, deben considerarse tres aspectos: (i) la definición del alcance, delimitando el tema de análisis para mantener claridad; (ii) el momento del estudio, ya que las relaciones cambian con el tiempo y deben actualizarse periódicamente; y (iii) la perspectiva de quienes participan, dado que todo mapa refleja la visión parcial de las personas o grupos que intervienen en su construcción. Por ello, la triangulación de fuentes y la diversidad de visiones fortalecen su validez [59].

En Uruguay, las experiencias pasadas confirman que la comunicación temprana y transparente es clave para generar confianza y evitar conflictos. Las empresas deben priorizar la escucha activa y compartir solo información verificada, sin especular sobre decisiones no definidas [46]. Comprender las preocupaciones de los distintos actores resulta esencial para promover la sostenibilidad social y la aceptación de los proyectos [40]. La comunicación inicial debe ser un proceso de aprendizaje mutuo, orientado a construir relaciones de confianza y promover la participación informada de la población [41].

4.3 Experiencia nacional en aceptación social

En Uruguay, los proyectos de hidrógeno verde enfrentan, en las etapas iniciales, el desafío de un conocimiento limitado por parte de la población sobre esta nueva tecnología. Dado que los procesos asociados a la electrólisis del agua y a la producción de derivados energéticos son complejos y poco familiares, la comunicación clara sobre su funcionamiento, beneficios, riesgos y aportes a la transición energética resulta esencial. Sin embargo, el país cuenta con una ventaja relativa en la región: la sociedad uruguaya posee experiencia previa con sectores afines, como las energías renovables y la industria química [36]. El desarrollo del hidrógeno verde integra ambas áreas, utilizando energía renovable variable para producir hidrógeno y derivados destinados a reemplazar combustibles fósiles en procesos industriales y químicos [37]. Además, la producción de derivados no resulta totalmente novedosa, ya que existen antecedentes en biocombustibles como el etanol o el biodiésel, y ANCAP utiliza hidrógeno en diversas operaciones [60]. Por ello, una comunicación efectiva puede apoyarse en estos referentes para fortalecer la comprensión pública y la aceptación social [37].

La trayectoria del país en grandes proyectos industriales ofrece aprendizajes valiosos en materia de diálogo con las comunidades y manejo de conflictos socioambientales [41]. Un hito clave fue el caso de las plantas de celulosa impulsadas por Botnia (hoy UPM) y ENCE en la ribera del río Uruguay en el departamento de Fray Bentos, cuyo anuncio en 2004 generó movilización ciudadana en la provincia Entre Ríos de Argentina ante preocupaciones ambientales sobre uso del agua y posible contaminación del río y falta de consulta transfronteriza, provocando incluso bloqueos en el puente internacional General San Martín y tensión diplomática entre ambos países. El diferendo entre ambos países, resuelto por la Corte Internacional de Justicia en 2010, confirmó que, si bien no se comprobó daño ambiental grave, Uruguay debió haber informado y consultado previamente a las comunidades afectadas. Este proceso dejó lecciones relevantes sobre la importancia de la transparencia, la coordinación institucional y la comunicación temprana [61]. Desde entonces, tanto empresas estatales como privadas —entre ellas UTE, Ventus, Teyma y CSI Ingenieros— han incorporado mecanismos de participación anticipada en proyectos de grandes obras o infraestructura energética. Las experiencias con Montes del Plata y UPM consolidaron también la



Las manifestaciones en 2005 [63]

comprensión de que los proyectos de gran escala pueden generar empleo y desarrollo local, siempre que exista una estrategia activa de diálogo comunitario y divulgación de información objetiva [62]. Estos antecedentes demuestran que la sostenibilidad social requiere mantener canales permanentes de intercambio, más allá de las audiencias públicas, e involucrar a todos los niveles de gobierno en la comunicación con las comunidades [36, 41]. De este modo, se refuerza la confianza en las instituciones y se asegura que los compromisos asumidos cuenten con respaldo efectivo por parte de las autoridades competentes y las empresas con sus sucursales involucradas [62].

En el contexto del hidrógeno verde, los actores nacionales destacan la necesidad de acercar la tecnología a la ciudadanía y reducir la percepción de riesgo e incertidumbre. Se observa una oportunidad en promover una economía local del hidrógeno mediante proyectos demostrativos que visibilicen su aplicación práctica, más allá del enfoque exportador [40]. Iniciativas como la producción a pequeña escala de hidrógeno para bicicletas, e.g. en colaboración con instituciones académicas [40, 64], o las demostraciones en el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) permiten hacer tangible esta tecnología y sensibilizar a la población, en especial a niños y jóvenes, a través de actividades educativas [41]. La comunicación accesible, basada en información clara y verificada, es clave para fortalecer la apropiación social. Replicar este tipo de proyectos en Uruguay podría contribuir a construir una relación más cercana entre la sociedad y las nuevas soluciones energéticas sostenibles.



Bicicleta de Vivestar que funciona con hidrógeno [65]

4.4 Uso del agua y percepción social en proyectos de hidrógeno verde

El uso del agua constituye uno de los aspectos más sensibles en la discusión pública sobre los proyectos de hidrógeno verde. Aunque el consumo asociado a esta tecnología es bajo en comparación con otros sectores industriales y agrícolas [46], su impacto potencial en los recursos hídricos requiere ser analizado y comunicado con precisión. A medida que los proyectos avanzan y ganan visibilidad, se incorporan nuevos actores institucionales y comunitarios que incrementan el escrutinio público sobre el uso del agua, reforzando la necesidad de procesos transparentes y de diálogo temprano [36].

En los procesos de electrólisis, se estima que la producción de 1 kg de hidrógeno demanda aproximadamente 9 - 11 litros de agua [66]. Considerando las necesidades adicionales para refrigeración, limpieza y servicios generales, el consumo total asciende a unos 45 litros por kilogramo de hidrógeno producido [67]. Según un estudio de DINAGUA (2022), el consumo total de agua proyectado para los desarrollos incluidos en la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde y Derivados a 2040 equivaldría al 1 % del agua habilitada para riego agropecuario y al 6 % del agua destinada a uso industrial en 2022 [68]. Por tanto, el impacto hídrico de los proyectos no se considera significativo respecto a la disponibilidad nacional y a la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas [34, 67].

El marco regulatorio uruguayo establece condiciones claras para el uso sostenible del recurso hídrico. Este se rige principalmente por el Código de Aguas (Decreto-Ley N.º 14.859, de 1978) [69], complementado por el Decreto N.º 86/004 [70] y el “Instructivo para la Solicitud de Derechos de Uso de Agua” de la DINAGUA [71]. Estas disposiciones exigen que los promotores de proyectos presenten estudios ambientales que contemplen de manera detallada la disponibilidad, captación y gestión del agua [72]. En la práctica, estos estudios deben incluir una evaluación de los efectos sociales y territoriales asociados al uso del recurso, así como mecanismos de participación que aseguren que la población local comprenda los alcances y medidas de control propuestas [37].

A pesar de la solidez normativa, el agua es un tema central en la percepción pública del hidrógeno verde. El estudio nacional de opinión pública realizado en el marco de la *Estrategia de Comunicación H2U* (2023) por Improfit muestra que el 13 % de la población asocia el hidrógeno verde con el uso del agua y los recursos naturales, mientras que el 40 % ha oído hablar del tema y una fracción menor declara comprenderlo claramente [67]. Estos datos evidencian una conciencia ambiental creciente [73], acompañada de un conocimiento aún limitado sobre el funcionamiento y las implicancias reales de esta tecnología. Esta brecha informativa refuerza la importancia de integrar estrategias de comunicación científica y social que traduzcan los datos técnicos en mensajes claros, comprensibles y verificables.

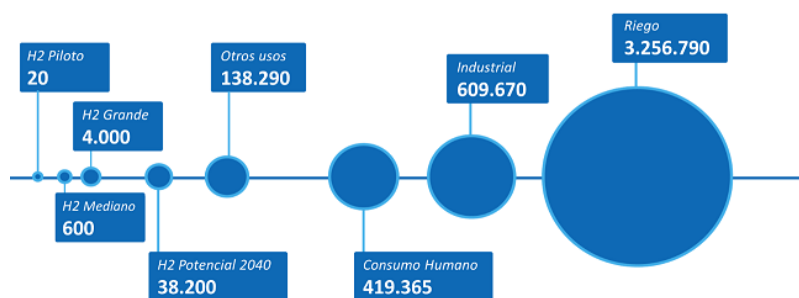
El mismo estudio señala que no existen movimientos sociales organizados en oposición al hidrógeno verde, pero sí una actitud de cautela informada frente al uso de recursos hídricos, especialmente en lo relativo al agua subterránea. Actores académicos y técnicos coinciden en que los impactos sobre el recurso son bajos y manejables, siempre que existan controles adecuados y una comunicación transparente sobre los procesos y consumos asociados [67]. En este sentido, el desafío no radica únicamente en ofrecer información, sino en fomentar una participación efectiva, asegurando que las comunidades utilicen los espacios de consulta y se involucren de manera activa en el seguimiento de los proyectos [37].

En este contexto, la percepción social se configura como un componente estratégico de la sostenibilidad de los proyectos. La información técnica sobre los volúmenes de consumo debe ser complementada con estrategias de comunicación que expliquen los procesos de gestión, monitoreo y recirculación del agua, de manera que la ciudadanía comprenda su magnitud relativa frente a otros usos. La confianza pública depende, en gran medida, de la consistencia entre la información entregada y las prácticas reales de gestión ambiental observadas en el territorio [40, 46].

Con ese propósito, en 2024 la Asociación Uruguaya de Hidrógeno (AUH) desarrolló instancias de información y capacitación en localidades donde se prevé el desarrollo de proyectos de hidrógeno, dirigidas a autoridades locales, comunidades y actores académicos [47]. Estas iniciativas constituyen un ejemplo de cómo la articulación entre sectores industrial, público y científico puede contribuir a fortalecer la confianza social, reducir percepciones erróneas y promover una participación más informada en la toma de decisiones sobre el desarrollo del hidrógeno verde en Uruguay.

En conclusión, los diversos mecanismos de participación ciudadana, el mapeo de actores y la gestión de la percepción social —especialmente en temas sensibles como el uso del agua— evidencian que la sostenibilidad de los proyectos de hidrógeno verde en Uruguay no depende únicamente del cumplimiento normativo. La comunicación clara, transparente y adaptada a distintos públicos, junto con la participación activa de la población y de los actores locales en todas las etapas del proyecto, constituye una condición indispensable para garantizar la aceptación social, la legitimidad institucional y la integración territorial de estas iniciativas. En este sentido, promover espacios de diálogo, información verificable y seguimiento comunitario fortalece la confianza pública y consolida el desarrollo de proyectos sostenibles de hidrógeno verde.

Consumos de agua asociados a permisos otorgados por DINAGUA en Uruguay;
comparación con producción de H₂ para proyectos y potencial de la Hoja de Ruta (miles de m³/año)
Fuente: Observatorio Hidrológico DINAGUA – Datos 2022



Comparación de uso de agua [68]

5 Condiciones laborales, seguridad y desafíos sociales

En Uruguay, las condiciones laborales se enmarcan en un sistema institucional sólido, que garantiza el respeto de los derechos humanos y la aplicación efectiva de la legislación laboral [36, 39]. El Decreto N.º 307/2009 [74] regula la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, estableciendo la obligación de realizar evaluaciones de riesgo, planes de prevención y protocolos de salud y seguridad laboral avalados por técnicos preventivistas registrados. Este marco jurídico establece reglas claras, cuya inobservancia implica sanciones judiciales, reforzando la cultura de cumplimiento normativo [40]. A ello se suma la presencia de sindicatos consolidados, que ejercen una función activa en la defensa de los derechos de los trabajadores y en la supervisión de las condiciones laborales [62].

La solidez del marco legal uruguayo se refleja en el comportamiento responsable de las empresas, que en su mayoría operan bajo altos estándares éticos y de cumplimiento [62, 75]. Esto tiene un efecto directo en las comunidades locales, ya que condiciones laborales seguras y reguladas reducen riesgos sociales, como conflictos por empleo, explotación o precariedad laboral durante la construcción y operación de proyectos de hidrógeno verde. Además, el país cuenta con estructuras institucionales y organizaciones dedicadas a garantizar la transparencia, prevenir el fraude y supervisar el cumplimiento de las obligaciones laborales y sociales [39]. No obstante, los grandes proyectos vinculados al hidrógeno verde implican responsabilidades adicionales para las empresas participantes, que deberán asegurar el respeto de las condiciones de trabajo y de los derechos humanos a lo largo de toda la cadena de valor [76]. Así, el bienestar laboral se conecta directamente con la estabilidad social y la aceptación comunitaria de los proyectos [76].

El desarrollo de nuevas industrias —como la del hidrógeno verde— introduce desafíos técnicos y normativos que requieren mecanismos adicionales de control y adaptación institucional. El hidrógeno, por sus propiedades fisicoquímicas, plantea exigencias específicas de seguridad: es altamente inflamable (con un rango de inflamabilidad del 4 % al 75 % en aire), puede encenderse con mínima energía (0,02 mJ) y es incoloro e inodoro, lo que demanda sensores y sistemas de monitoreo especializados. Además, su almacenamiento criogénico implica riesgos adicionales y la posible fragilización de ciertos metales [77]. Por ello, tanto la producción como el transporte y almacenamiento deben regirse por protocolos técnicos rigurosos que incluyan materiales certificados, sistemas de ventilación, válvulas de alivio de presión y formación continua del personal. Estas

exigencias técnicas también impactan en la percepción social, ya que una gestión segura del hidrógeno contribuye a minimizar temores comunitarios y refuerza la confianza en el proyecto.

Si bien Uruguay dispone de un marco institucional robusto, su cumplimiento efectivo depende de los recursos disponibles para la fiscalización y el control, lo cual representa un desafío en un país de escala pequeña [46]. En este contexto, la cooperación con las comunidades locales para informar sobre medidas de seguridad, protocolos laborales y gestión de riesgos puede fortalecer la legitimidad social y reducir tensiones durante la fase de construcción y operación. Se vuelve fundamental fortalecer las capacidades técnicas y de inspección de los organismos públicos, especialmente ante un sector emergente que operará bajo estándares internacionales de certificación y trazabilidad. La transparencia, la comunicación y la rendición de cuentas serán componentes esenciales para asegurar la confianza pública y empresarial [75, 76].

En los últimos años, el Poder Legislativo ha avanzado en la adecuación del marco normativo al nuevo contexto energético. La Ley N.º 19.996 otorgó competencia regulatoria sobre el hidrógeno —como fuente de energía secundaria— a la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA). En virtud de esta disposición, la URSEA es responsable de regular la generación, distribución, transporte, almacenamiento, comercialización y exportación de hidrógeno, así como de velar por el cumplimiento de las normas específicas en materia de calidad y seguridad [78, 79]. Esta actualización refuerza la institucionalidad del sector y sienta las bases para la creación de estándares nacionales coherentes con las mejores prácticas internacionales.

Más allá de los marcos legales, la sostenibilidad del sector uruguayo se apoya también en una cultura de cooperación entre empresas, sindicatos, gobierno y sociedad civil [37, 62]. Estas alianzas son particularmente relevantes en zonas rurales donde se desarrollan los proyectos de hidrógeno, ya que permiten anticipar y gestionar impactos laborales y sociales, garantizar empleos dignos, y asegurar que los beneficios económicos contribuyan al desarrollo local [46, 76]. La industria del hidrógeno verde se proyecta sobre principios de responsabilidad y autocontrol, en los que la ética corporativa y la creación de valor social son componentes cada vez más relevantes [46, 76].

Un aspecto crítico para la sostenibilidad social de los proyectos es su localización. A diferencia de otras actividades industriales concentradas en Montevideo, los proyectos de hidrógeno verde se prevén principalmente en zonas rurales con baja densidad poblacional y mayores tasas de desempleo [76]. Durante la fase de construcción, el aumento temporal de la población puede generar tensiones sociales e infraestructura insuficiente, como escasez de vivienda, presión sobre servicios públicos o aumento de la demanda en salud y seguridad [56, 76]. Garantizar condiciones laborales seguras, formación profesional y respeto a los derechos de los trabajadores contribuye a mitigar impactos sociales negativos y fortalece la aceptación comunitaria. Experiencias anteriores en grandes proyectos, como las fábricas de celulosa de Uruguay, muestran que estos impactos pueden incluir fenómenos sociales no deseados, como el incremento de la explotación sexual y laboral [80]. Aunque tales problemas no son exclusivos de la industria del hidrógeno, su prevención temprana permite establecer medidas preventivas y de mitigación desde la planificación [36, 37, 39].

La experiencia acumulada por Uruguay en la gestión de grandes inversiones industriales constituye una base valiosa para el desarrollo responsable del hidrógeno verde. La combinación de instituciones sólidas, regulación adaptativa, cooperación multisectorial y atención a las condiciones laborales en las comunidades locales brinda al país las herramientas necesarias para enfrentar los retos sociales y laborales, asegurando que la transición energética se traduzca en un proceso justo, seguro y socialmente sostenible.

6 Formación, empleo y desarrollo local

En Uruguay, el sistema educativo es de buen nivel y ampliamente accesible tanto en el ámbito público como privado [41]. Según el Índice de Desarrollo Humano, que incorpora dimensiones educativas, el país ocupa el tercer lugar en América Latina, después de Chile y Argentina [81]. Sin embargo, para involucrar efectivamente a la población local en proyectos de hidrógeno verde, no basta con el acceso general a la educación; es necesario preparar a la población en competencias específicas [46]. Esto implica ofrecer formación a la que actualmente no ha podido acceder, especialmente en zonas rurales donde existe una

carencia de personal cualificado y especializado [36, 52]. En algunos casos, esta preparación requiere incluso fortalecer la escolarización básica, por lo que la educación y la cooperación con programas e instituciones sociales juegan un rol fundamental [46]. Además de la formación académica, los proyectos de hidrógeno demandan perfiles técnicos que a menudo se subestiman debido a la falta de claridad sobre las necesidades finales de la industria [40]. El informe “Producción del Hidrógeno Verde y sus derivados en Uruguay” (GIZ, 2025) destaca que el país enfrenta una carencia estructural de técnicos especializados en disciplinas como la operación de electrolizadores, la integración de energías renovables y la gestión de infraestructuras para la exportación de derivados. Se señala que la formación actual en Uruguay no cubre completamente las competencias requeridas, por lo que se recomienda desarrollar nuevos currículos técnico-profesionales y programas de certificación alineados con las demandas del sector. [82]. Asimismo, la creación de una “masa crítica” de científicos y técnicos estables es considerada esencial para sostener la innovación y la transferencia de tecnología en el país [82].

Dado que la industria es relativamente pequeña y la población escasa, los grandes proyectos tienen un impacto significativo en el empleo [37,62]. Por ejemplo, la producción de celulosa ha alcanzado un papel relevante en el comercio exterior, convirtiéndose en uno de los principales sectores exportadores y, en algunos años, superando incluso a la carne [41,83]. De manera similar, los proyectos de hidrógeno verde pueden generar oportunidades de empleo y desarrollo local, particularmente en zonas rurales con escasez de trabajo, educación u oportunidades, beneficiando especialmente a los jóvenes [46,62]. Sin embargo, un desafío importante es la temporalidad de muchos puestos de trabajo: durante la fase de construcción se requiere gran cantidad de mano de obra, pero a medida que avanzan las operaciones, el número y la calidad de los empleos tienden a disminuir. Por ello, para lograr un impacto sostenido en las comunidades, es fundamental planificar desde el inicio la creación de empleos estables [41].

Para abordar la necesidad de preparación, se han implementado iniciativas educativas especializadas. La Universidad Católica del Uruguay (UCU) ofrece un curso de formación continua sobre hidrógeno verde y sus derivados, proporcionando a los participantes un conocimiento integral que incluye aspectos técnicos, económicos, regulatorios y aplicaciones prácticas en el contexto uruguayo [84]. Asimismo, el Technologies H2 Hub de Vivestar se estructura en tres pilares: un laboratorio para pruebas de calidad del hidrógeno y desarrollo de nuevas oportunidades de negocio; un área de ensamblaje de dispositivos de hidrógeno para comercialización local; y una sección académica destinada a la educación de la población [41,85]. Estas iniciativas permiten vincular la formación académica y técnica con la generación de empleo local, fortaleciendo el capital humano y la aceptación social de los proyectos. El estudio de la GIZ sugiere, además, establecer programas de cooperación internacional y pasantías con instituciones extranjeras para acelerar la formación práctica de técnicos e ingenieros, siguiendo modelos como el programa chileno “Train the Trainers” del Ministerio de Energía [82].

El crecimiento del sector de hidrógeno verde en Uruguay tiene un alto potencial de generación de empleo calificado. Según un estudio de McKinsey & Company (2023), el sector podría generar hasta 30.000 empleos directos hacia 2040, especialmente en áreas técnicas, operativas e ingenieriles [86]. Además, el desarrollo de esta industria no se limita al sector exportador, sino que abarca también los sectores doméstico y transporte, con potencial de mejorar la calidad de vida, fomentar la innovación tecnológica y generar nuevas oportunidades económicas locales. En Chile, un contexto comparable, la Asociación Chilena de Hidrógeno (H2 Chile, 2023) advierte que la brecha entre oferta y demanda laboral en el sector de hidrógeno renovable puede ser significativa si no se implementan rutas formativas tempranas. Este antecedente subraya la importancia de planificar la educación técnica y superior de forma coordinada con el desarrollo industrial, que puede ser una lección relevante para Uruguay [87]. Finalmente, la GIZ subraya la necesidad de coordinar las políticas educativas y de desarrollo productivo, evitando esfuerzos fragmentados entre ministerios, universidades y el sector privado. Un enfoque de gobernanza articulada es clave para generar capacidades duraderas y asegurar que los beneficios económicos del hidrógeno verde se traduzcan efectivamente en bienestar social [82].



TECH2HUB [85]

7 Planificación estratégica del hidrógeno en Uruguay

Uruguay es considerado un país modelo en América Latina por su estabilidad social, política y jurídica [41]. En el sector del hidrógeno, esto se refleja en el desarrollo temprano de una Hoja de Ruta del Hidrógeno, elaborada con la participación de múltiples actores para generar una visión común [16,46]. Desde la fase de diseño, el diálogo ciudadano ha sido fundamental: se implementaron diversas medidas para informar, responder consultas y despertar el interés de la población [88].

La Hoja de Ruta establece objetivos claros y rutas estratégicas, aunque algunas normativas aún están en desarrollo y requieren aplicación efectiva [60]. Como en muchos países, el sector del hidrógeno en Uruguay se encuentra en fase de desarrollo y está en constante evolución. Las expectativas son altas, especialmente en relación con la exportación a Europa, aunque la falta de precios y condiciones fijas genera incertidumbre en los aspectos financieros de los proyectos [41].

Adicionalmente, los desafíos sociales, laborales y ambientales están estrechamente vinculados con la viabilidad de los proyectos. Estudios recientes destacan la necesidad de formación y capacitación, considerando el aumento previsto de mano de obra calificada y no calificada [89]. Garantizar que las personas estén preparadas es esencial para prevenir riesgos laborales y proteger la seguridad y salud de los trabajadores y las comunidades. Además, los aspectos de igualdad de género deben acompañarse de mecanismos de reclamación accesibles, y una participación ciudadana abierta y transparente contribuye a la sostenibilidad, aceptación y éxito de los proyectos [89].

La cooperación internacional juega un papel clave en el desarrollo del sector, particularmente en relación con la implementación de estándares sociales y ambientales y el acceso a financiamiento [46]. En Europa existen normas claras sobre cómo debe gestionarse el hidrógeno [90], y las exigencias de la Unión Europea en materia de sostenibilidad obligan a las empresas uruguayas orientadas a la exportación a cumplir con requisitos sociales y ambientales estrictos [46]. Esta visión holística considera no solo la contribución al cambio climático, sino también aspectos sociales, uso responsable de recursos naturales y cumplimiento de normas de calidad [46].

Actualmente, los proyectos de energía verde y Power-to-X (PtX) presentan altos riesgos financieros, lo que dificulta el acceso a capital y ralentiza el desarrollo del sector [91]. Entre los principales riesgos se incluyen factores políticos, tecnológicos, de producción, de mercado e infraestructura, siendo el mercado —especialmente el lado del Offtake— un desafío clave. A esto se suman procesos financieros poco transparentes, ausencia de certificaciones armonizadas y desafíos socioeconómicos, elementos que pueden afectar la confianza de los inversionistas. Para que la industria sea sostenible en un país pequeño como Uruguay, es fundamental que las relaciones comerciales sean estables y de largo plazo, evitando fluctuaciones provocadas por proyectos que desaparecen tras su implementación [62].

En síntesis, la sostenibilidad de los proyectos de hidrógeno verde en Uruguay requiere integrar estándares sociales y ambientales desde el inicio, alineando la planificación nacional con las expectativas internacionales. Cumplir con los criterios de instituciones financieras y reguladores europeos no solo mejora la competitividad, sino que asegura que los beneficios lleguen realmente a las comunidades afectadas, fortaleciendo la legitimidad social y el éxito a largo plazo de los proyectos [46,75].

8 Sistemas de certificación y sostenibilidad social

Los sistemas de certificación desempeñan un papel esencial para garantizar transparencia, credibilidad y trazabilidad a lo largo de toda la cadena de valor del hidrógeno. Estos mecanismos documentan que el hidrógeno proviene efectivamente de fuentes renovables y cumple con las normas ambientales establecidas, a la vez que pueden asegurar la aplicación y el cumplimiento de criterios de sostenibilidad social a largo plazo. Además, facilitan el acceso a financiamiento, ya que el cumplimiento verificado de criterios ambientales y sociales brinda mayor confianza a los inversionistas [93]. Por ejemplo, un memorando de entendimiento firmado en 2023 entre la Unión Europea y Uruguay destaca explícitamente la cooperación en el desarrollo y promoción de sistemas de certificación para el hidrógeno verde [92].

A nivel global, los sistemas de certificación están en constante evolución. La existencia simultánea de múltiples esquemas subraya la necesidad de armonización y reconocimiento mutuo, lo que permite brindar seguridad, definir criterios claros a largo plazo y facilitar el comercio internacional de hidrógeno y sus derivados [93-96].

En Europa, la RED II (2018/2001) y RED III (2023/2413) establecen el marco regulatorio para el hidrógeno renovable, definiendo criterios de sostenibilidad y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para combustibles de origen renovable y reciclado [97]. Sin embargo, estas normas se enfocan principalmente en aspectos ambientales y técnicos, sin incluir criterios sociales ni de derechos humanos. De manera complementaria, sistemas como el LCHCS del Reino Unido, previsto para entrar en vigor en 2025, definen umbrales de emisiones (well-to-gate) y criterios técnicos de producción mediante electrólisis, gas natural reformado con CCUS, biomasa y pirólisis [97, 98], centrándose principalmente en aspectos ambientales y técnicos.

Los esquemas voluntarios, como CertifHy, proporcionan garantías de origen para hidrógeno verde y bajo en carbono, verificando emisiones de GEI y el origen renovable de la electricidad mediante auditorías independientes [99]. Aunque su foco principal es ambiental y técnico, reconocen dimensiones sociales y de gobernanza.

A nivel internacional, el Estándar de Hidrógeno Verde (GHS) de la organización GH2, lanzado en 2022, representa un paso hacia la estandarización global al incorporar criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) [97]. Este marco exige participación de partes interesadas, evaluaciones de impacto social y ambiental, gestión de salud y seguridad, y prácticas de gobernanza y transparencia, permitiendo su adaptación a distintos marcos regulatorios internacionales, incluyendo la UE, Estados Unidos, Reino Unido, China e India. Es el primer sistema reconocido que integra directamente salvaguardias sociales en la certificación de hidrógeno.

En América Latina y el Caribe, el BID y la OLADE impulsan el sistema CertHiLAC, concebido como plataforma regional para la certificación voluntaria de hidrógeno limpio. Con la participación de al menos 14 países, incluido Uruguay, su objetivo es establecer un esquema adaptado a las necesidades de la región, alineado con marcos normativos europeos, cuya implementación se proyecta entre 2025 y 2026 [100-102].



Beneficios de CertHiLAC [12]

Uruguay ha desarrollado de manera complementaria el sistema voluntario Green Hy+, implementado por LSQA, que incluye aspectos de sostenibilidad, innovación y gestión de riesgos ecológicos, tomando referencias de CertHiLAC y de la normativa europea [103]. Actualmente, Green Hy+ aborda principalmente salud y seguridad laboral y la gestión sostenible del agua, mientras que las dimensiones sociales más amplias siguen siendo opcionales. Se recomienda complementar estas medidas con códigos de conducta contra la corrupción, transparencia en informes periódicos y consulta proactiva con comunidades locales [100, 75].

Dado que gran parte del hidrógeno producido en Uruguay está destinado a la exportación, alinearse con normas internacionales es crucial para consolidar al país como proveedor confiable en mercados con criterios regulatorios estrictos. Esto implica diseñar un sistema de certificación nacional que garantice trazabilidad y sostenibilidad, defina roles y responsabilidades de los agentes involucrados y, sobre todo, integre desde etapas tempranas criterios de sostenibilidad social. Con ello, Uruguay puede posicionarse como pionero en la producción responsable de hidrógeno verde, contribuyendo a una industria climáticamente neutra y socialmente sostenible, en coherencia con la participación comunitaria y la formación de capital humano local.

Más allá de la certificación, los mecanismos financieros innovadores reflejan cada vez más la importancia de los criterios socioambientales como condición para acceder a fondos, concretar ayudas financieras y atraer inversiones [104]. Instituciones financieras, bancos multilaterales y mecanismos como H2Global integran estos criterios en sus procesos, reconociendo que la sostenibilidad integral es un factor clave para reducir riesgos y garantizar la viabilidad a largo plazo de los proyectos [105]. En el caso de H2Global, además de su función como instrumento de mercado para conectar oferta y demanda, incluye criterios de sostenibilidad adicionales en aspectos ambientales y sociales [105]. Uno de los criterios ambientales es relacionado al uso de agua, donde el abastecimiento de agua para los proyectos debe ser sostenible de modo que no contribuya a la degradación previsible de la calidad ni escasez en el emplazamiento durante la vida útil del proyecto [105]. Dado que los aspectos sociales y medioambientales están estrechamente relacionados e interconectados se exige una evaluación del impacto social y ambiental que incluye la exclusión de conflictos por uso de la tierra, la exclusión de emplazamientos de proyectos en zonas de protección o directamente adyacente a ellas y la prevención de daños ecológicos consecuentes [105]. Además, como criterios sociales adicionales, se exige que los proyectos apoyados cumplan las normas de la OIT, promuevan el compromiso con las comunidades locales, la creación de empleo y los beneficios socioeconómicos [105]. Esto demuestra que la transición hacia una economía de hidrógeno verde no se limita a la reducción de emisiones, sino que abarca un enfoque integral de sostenibilidad. Algunas organizaciones han identificado que, para garantizar que estas iniciativas contribuyan de manera efectiva a la protección del clima desde el inicio, resulta indispensable establecer criterios de sostenibilidad ambiciosos y vinculantes para la producción y el comercio de hidrógeno verde y sus derivados.

9 Conclusiones

Uruguay cuenta con condiciones institucionales, jurídicas y técnicas que lo posicionan favorablemente para el desarrollo de la industria del hidrógeno verde. No obstante, su consolidación dependerá de la capacidad de asegurar legitimidad social y beneficios concretos a nivel territorial. La participación temprana, transparente y continua de comunidades y actores locales es esencial para fortalecer la aceptación y prevenir conflictos, especialmente en zonas rurales donde se localizarán la mayoría de los proyectos.

La sostenibilidad social de la industria requiere ir más allá del cumplimiento normativo. Resulta necesario promover capacitación laboral, inclusión y equidad de género, así como establecer mecanismos de diálogo y certificaciones alineadas con

estándares internacionales, lo que permitirá reforzar la credibilidad del país en mercados externos y facilitar el acceso a financiamiento.

Persisten desafíos relevantes, como la gestión responsable del agua, la seguridad laboral y el desarrollo de capital humano especializado. Abordarlos exige una gobernanza coordinada entre el Estado, empresas, academia, sindicatos y organizaciones sociales.

El hidrógeno verde representa una oportunidad para diversificar la economía y generar empleo de calidad. Sin embargo, para que sus beneficios se distribuyan de manera equitativa y contribuyan a una transición justa, será necesario definir políticas distributivas claras y fortalecer la comunicación pública, de forma que los beneficios sociales y territoriales sean percibidos y comprendidos.

En conclusión, el desarrollo del hidrógeno verde en Uruguay puede avanzar como un proyecto de país que combine innovación industrial, sostenibilidad ambiental y justicia social, siempre que la transición energética se oriente con criterios de participación, inclusión y transparencia.

Referencias

- [1] Müller, F., Tunn, J., & Kalt, T. (2022). Hydrogen justice. *Environmental Research Letters*, 17(11), 115006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac991a>
- [2] Comisión Europea. (2019). El Pacto Verde Europeo (COM(2019) 640 final). https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF
- [3] Comisión Europea. (2020). Una estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra (COM(2020) 301 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0301&from=DA>
- [4] BMW. (2020). Die Nationale Wasserstoffstrategie. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html>
- [5] BMW. (2024). Import Strategy for hydrogen and hydrogen derivatives. https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/importstrategy-hydrogen.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- [6] IRENA. (2020). Green hydrogen. A guide to policy making. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA_Green_hydrogen_policy_2020.pdf
- [7] Nationaler Wasserstoffrat. (2022). Fachkräfte im Bereich Wasserstoff: Handlungsbedarfe. https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/2022-11-04-NWR-Grundlagenpapier_Handlungsbedarfe-Fachkraefte.pdf
- [8] Lindner, R. (2023). Green hydrogen partnerships with the Global South. Advancing an energy justice perspective on “tomorrow’s oil”. *Sustainable Development*, 31(2), 1038–1053. <https://doi.org/10.1002/sd.2439>
- [9] Vespermann, D. R., & Thielmann, S. (2023). Interdependencies between national energy transitions and international hydrogen cooperation. *HYPAT Working Paper 06/2023*. <https://public-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/7996526d-b2b0-4491-b528-3f7932b464f2/content>
- [10] BMW. (2023). Grüner Wasserstoff aus Uruguay. <https://www.bmwk-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2023/04/Meldung/news2.html>
- [11] H2 Chile. (s. f.). Seguridad del hidrógeno. Seguridad del Hidrógeno – H2Chile. [Seguridad del Hidrógeno – H2Chile](https://www.h2chile.cl/seguridad-del-hidrogeno)
- [12] OLADE. (2024, 7 de junio). Posteo en X: <https://x.com/OLADEORG/status/1799130757941633055/photo/3>
- [13] Ámbito. (2025). Uruguay marcó un nuevo récord en generación de energías renovables durante 2024. <https://www.ambito.com/uruguay/marco-un-nuevo-record-generacion-energias-renovables-2024-n6101512>
- [14] MIEM. (2025a). Balance Energético 2023. <https://ben.miem.gub.uy/descargas/1balance/1-1-Libro-BEN2023.pdf>
- [15] Ibagon, N., Muñoz, P., Díaz, V., Teliz, E., & Correa, G. (2023). Techno-economic analysis for off-grid green hydrogen production in Uruguay. *Journal of Energy Storage*, 67, 107604. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107604>
- [16] MIEM. (2023a). Hoja de ruta del hidrógeno verde y derivados en Uruguay. https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/noticias/H2_final.pdf
- [17] Klingen, J., Ersoy, S. R., Leuthold, A., Schojan, F., Terrapon-Pfaff, J., & Wehnert, T. (2024). Politische Instrumente zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit von Wasserstoffimporten. <https://www.boell.de/sites/default/files/2024-03/kurzstudie-nachhaltige-wasserstoffimporte-final-draft2024-03-11.pdf>
- [18] Nationaler Wasserstoffrat. (2021). Nachhaltigkeitskriterien für Importprojekte von erneuerbarem Wasserstoff und PtX-Produkten. https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2021-10-29_NWR-Stellungnahme_Nachhaltigkeitskriterien.pdf
- [19] Heinemann, C., & Mendelevitch, R. (2021). Sustainability dimensions of imported hydrogen. *Oeko-Institut Working Paper 8/2021*. (Öko-Institut e.V., Ed.). <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/WP-imported-hydrogen.pdf>
- [20] ILF & LBST. (2021). Requirements for the production and export of green-sustainable hydrogen. *International Certification Framework & German Off-Taker Survey*. (GIZ, Ed.). https://lbst.de/wp-content/uploads/2022/02/Study_CHL_Production_of_green_sustainable_hydrogen_final.pdf
- [21] IRENA. (2022). Geopolitics of the Energy Transformation. The Hydrogen Factor. <https://biblio.ugent.be/publication/01GQM4D6NH1R51QF7YQW9ZAP9S>
- [22] MIEM. (2023b). Uruguay da importante paso hacia el desarrollo del hidrógeno verde con la concreción del primer proyecto piloto. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/uruguay-da-importante-paso-hacia-desarrollo-del-hidrogeno-verde-concrecion>

- [23] Nicolás Rodríguez (CIR), Conversación bilateral, 09.05.2025
- [24] El País. (21.10.2025). La que se prevé como la mayor inversión de la historia en Uruguay firma un nuevo acuerdo, ¿en qué consiste?. <https://www.elpais.com.uy/negocios/noticias/la-que-se-preve-como-la-mayor-inversion-de-la-historia-firma-un-nuevo-acuerdo-en-que-consiste>
- [25] MIEM. (2024d). Proyectos de hidrógeno verde y derivados en Uruguay. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/politicas-y-gestion/proyectos-hidrogeno-verde-derivados-uruguay>
- [26] HIF Global. (2025). HIF Paysandú. <https://hifglobal.com/locations/paysandu>
- [27] Pablo Montes (HIF), XI Congreso Latam Renovables, 29.07.2025
- [28] Kahirós Uruguay. (2024). ¿Qué es Kahirós? <https://kahiros.com.uy/>
- [29] María José González (Kahirós), XI Congreso Latam Renovables, 29.07.2025
- [30] Enertrag. (2025). Tambor: E-Methanol aus grünem Wasserstoff. <https://enertrag.com/de/projekte-show-cases/wasserstoff-projekte/tambor-e-methanol-aus-gruenem-wasserstoff>
- [31] Griselda Castagnino (Enertrag), XI Congreso Latam Renovables, 29.07.2025
- [32] Santiago Ferro (ANCAP), XI Congreso Latam Renovables, 29.07.2025
- [33] ANCAP. (s.f.). H2 Offshore Round. <https://www.ancap.com.uy/17068/1/h2u-offshore-round.html>
- [34] Medina Alfaro, N. (2024). Implicancias de la defosilización: Hidrógeno verde y sus derivados en Uruguay. Revista Estrategia, 10. <https://www.gub.uy/ministerio-defensa-nacional/sites/ministerio-defensa-nacional/files/2025-03/06.%20MEDINA.pdf>
- [35] Transparency International Deutschland e.V. (2025). Corruption Perceptions Index 2024. <https://www.transparency.de/cpi/cpi-2024>
- [36] Oscar Uribe (Fichtner Chile), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [37] Griselda Castagnino (Enertrag), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [38] Marco Vaccarezza (Fraunhofer Chile), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [39] Graciela Ricci (Quanam Advisory), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [40] Pablo Díaz, Mesa Redonda, 15.05.2025
- [41] Magdalena Vizcarra (Vivestar), Entrevista, 28.05.2025
- [42] MIEM. (2025b). MIEM e Intendencia de Paysandú firmaron convenio para difundir la economía del hidrógeno en ese departamento. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/miem-intendencia-paysandu-firmaron-convenio-para-difundir-economia-del>
- [43] Ministerio de Energía. (s.f.). Orientaciones de Participación y Diálogo para el Desarrollo de Proyectos Sostenibles de Hidrógeno Verde. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/orientaciones_participacion_y_dialogo_h2v.pdf
- [44] GTAI. (2024). Wirtschaftsdaten kompakt. Uruguay. https://www.gtai.de/resource/blob/584776/3fcbcf6abd6ed9a6cfc0aec116ad7f86/GTAI-Wirtschaftsdaten_Dezember_2024_Uruguay.pdf
- [45] Gaston Zabalza (Linde), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [46] Griselda Castagnino (Enertrag), Entrevista, 29.05.2025
- [47] AUH. (2024). Asociación Uruguaya de Hidrógeno. <https://auh.org.uy>
- [48] AUDER. (s.f.). AUME. <https://www.auder.org.uy/AUME.html>
- [49] Fibras. (2025). H-Armonía. Compromisos. <https://www.fibras.org/comunidades/2681>
- [50] Uruguay. (1994, 26 de enero). Ley N.º 16.466, de medio ambiente: Ley de prevención y evaluación de impacto ambiental. Diario Oficial N.º 23977
- [51] Uruguay. (2005, 3 de octubre). Decreto N.º 349/005, reglamento de evaluación de impacto ambiental y autorizaciones ambientales. Diario Oficial N.º 26.845
- [52] Magdalena Vizcarra, Mesa Redonda, 15.05.2025
- [53] Uruguay. (2008, 30 de junio). Ley N.º 18.308, de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible. Diario Oficial, Registro Nacional de Leyes y Decretos, Tomo 1, Semestre 1, p. 1420
- [54] Iglesias Rossini, G.; Serena, I.; Rispoli, A. (2022, Juli). 30 años de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental en Uruguay. Abogados.com.ar. [30 años de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental en Uruguay | Abogados.com.ar](https://www.abogados.com.ar/30-años-de-la-ley-de-evaluación-de-impacto-ambiental-en-uruguay)

- [55] MIEM. (2024c). Información para desarrolladores. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/politicas-y-gestion/informacion-para-desarrolladores>
- [56] Federico Rehmann (MIEM), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [57] República Oriental del Uruguay. (2021). Decreto N.º 349/005. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-originales/349-2005>
- [58] MIEM. (2024b). El MIEM y la Intendencia de Tacuarembó firmaron un convenio para crear un comité de seguimiento y promoción de hidrógeno. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/miem-intendencia-tacuarembó-firmaron-convenio-para-crear-comite-seguimiento>
- [59] GIZ GmbH. (2015). Gestión de la Cooperación en la Práctica. Springer Gabler Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-07889-8>
- [60] World Bank Group. (2025). World Bank Open Data. Gini index Uruguay. <https://data.worldbank.org/indicador/SI.POV.GINI?end=2022&locations=UY&start=2022>
- [61] BBC. (2010). Cronología del conflicto por las papeleras https://www.bbc.com/mundo/america_latina/2010/04/100420_argentina_uruguay_papelera_cronologia_az
- [62] Gonzalo López, Mesa Redonda, 15.05.2025
- [63] El Día (27. April 2024). ¡No a las Papeleras! Dos décadas de la causa que marcó un antes y un después en Gualeguaychú. . <https://www.eldiaonline.com/no-a-las-papeleras-dos-decadas-de-la-causa-que-marco-un-antes-y-un-despues-en-gualeguaychu>
- [64] UFRJ. (2023, 7 de agosto). Em teste na UFRJ, bicicletas movidas a hidrogênio não poluem e têm 10 vezes mais autonomia que as elétricas. Parque Tecnológico da UFRJ. <https://parque.ufrj.br/por-dentro-do-parque/em-teste-na-ufrj-bicicletas-movidas-a-hidrogenio-nao-poluem-e-tem-10-vezes-mais-autonomia-que-as-eletricas/>
- [65] El País. (23.11.2024). Uruguay tendrá el primer circuito de bicicletas a hidrógeno verde de la región: cómo funciona esta tecnología. <https://www.elpais.com.uy/sostenible/uruguay-tendra-el-primer-circuito-de-bicicletas-a-hidrogeno-verde-de-la-region-como-funciona-esta-tecnologia>
- [66] IEA. (2019). The Future of Hydrogen. https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf
- [67] Universidad Católica del Uruguay. (2024). Factores habilitantes para el desarrollo del Hidrógeno Verde en Uruguay. Infraestructura, recurso hídrico y marco normativo. <https://h2lac.org/wp-content/uploads/2024/12/CCU-UCU-Factores-habilitantes.pdf>
- [68] Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). (s.f.). ¿Cuánta agua se necesita para los proyectos de hidrógeno en Uruguay?. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/preguntas-frecuentes-sobre-hidrogeno-verde-sus-derivados/preguntas-5>
- [69] Uruguay. (1979, 11 de enero). Decreto-Ley N.º 14.859, Código de Aguas (promulgado el 15 de diciembre de 1978). Diario Oficial
- [70] Uruguay. (2004, 10 de marzo). Decreto N.º 86/004, que reglamenta la norma técnica de construcción de pozos perforados para captación de agua subterránea. Diario Oficial
- [71] DINAGUA (s.f.) Instructivo para la solicitud de derechos de uso de agua
- [72] Hinicio. (2024). RFNBO compliance analysis of products produced from renewable hydrogen and different sources of CO2 in Uruguay and Chile with the EU's Renewable Energy Directive. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2024/06/27/studie-rfnbo-compliance-van-waterstof-en-waterstofderivaten-in-uruguay-en-chili>
- [73] Improfit (2023, diciembre) Estrategia de comunicación H2U.
- [74] Uruguay. (2009, 3 de julio). Decreto N.º 307/009, reglamentación para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con agentes químicos durante el trabajo. Diario Oficial (p. 89-A)
- [75] Santiago Vázquez (LSQA), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [76] Pablo Montes (HIF), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [77] H2 Chile. (s. f.). Seguridad del hidrógeno. [Seguridad del Hidrógeno – H2Chile](#)
- [78] Uruguay. (2021, 3 de noviembre). Ley N.º 19.996, Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 2020. Diario Oficial N.º 30.700.

- [79] Uruguay. (2008, 4 de agosto). Ley N.º 17.598, Creación de la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA). Diario Oficial N.º 27493.
- [80] El Observador. (2018). Informe de UPM advierte por más delincuencia con llegada de la segunda planta. <https://www.elobservador.com.uy/nota/informe-sobre-upm-hay-posibilidad-de-delincuencia-prostitucion-y-sida-tras-construccion-de-la-segunda-planta-2018101112714>
- [81] United Nations Development Programme. (2025). Human development insights. <https://hdr.undp.org/data-center/country-insights#/ranks>
- [82] Energy Partnership Uruguay- Alemania. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ (GIZ, 2025). Producción del Hidrógeno Verde y sus derivados en Uruguay.
- [83] Uruguay XXI. (2024). Cellulose displaces beef as Uruguay's main export product. <https://www.uruguayxxi.gub.uy/en/news/article/la-celulosa-desplazo-a-la-carne-bovina-como-principal-producto-de-exportacion-de-uruguay/>
- [84] Universidad Católica del Uruguay. (2023, 1. August). Introducción al Hidrógeno Verde y Productos Derivados. Curso ofrecido por el Observatorio de Energía y Desarrollo Sustentable. Universidad Católica del Uruguay. [Introducción al Hidrógeno Verde y Productos Derivados | Agenda de actividades | Universidad Católica del Uruguay](#)
- [85] Fotos tomadas por Janne Steinmeyer
- [86] Uruguay. (2022, 23 de noviembre). Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay. Ministerio de Industria, Energía y Minería. [Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde en Uruguay | Ministerio de Industria, Energía y Minería](#)
- [87] Asociación Chilena de Hidrógeno (H2Chile). (Nov. 2023). Capital humano de la industria del hidrógeno renovable: desafíos actuales y futuros.
- [88] MIEM. (2024a). Diálogo ciudadano. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/politicas-y-gestion/dialogo-ciudadano>
- [89] Signoria, C., & Barlettani, M. (2023). Environmental, Health, Safety, and Social Management of Green Hydrogen in Latin America and the Caribbean. IDB Publications. <https://doi.org/10.18235/0004888>
- [90] Frank Dinter (Fraunhofer Chile), Mesa Redonda, 15.05.2025
- [91] World Bank Group. (2024). Scaling Hydrogen Financing for Development. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/02/scaling-hydrogen-financing-for-development_44818263/0287b22e-en.pdf
- [92] European Union & Ministerio de Industria, Energía y Minería del Uruguay. (2023). Memorandum of Understanding on Energy Cooperation between the European Union and the Oriental Republic of Uruguay. <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/875739/Memorandum%20of%20Understanding%20Energy%20EU%20Uruguay.pdf>
- [93] Meyer, C. & Hoheisel, S. (2024). Necesidades de recursos humanos en proyectos de hidrógeno verde en Chile. Cámara de Industria y Comercio Chileno-Alemana (AHK Chile) / Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Programa H2Uppp). Santiago, octubre de 2024. <https://h2lac.org/wp-content/uploads/2025/04/1741703770319.pdf>
- [94] Friese, J., & Scheyl, J.-H. (2023). Certification for green hydrogen and Power-to-X (GIZ, Ed.). https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2023/05/International-PtX-Hub_202305_Certification-for-green-hydrogen-and-PtX.pdf
- [95] H2Global Stiftung. (2023). Standardizing Hydrogen Certification. Enhance Traceability, Transparency, and Market Access. <https://www.h2-global.org/library/standardizinghydrogen>
- [96] Tietze, V., Tsoumpa, M., & Ullrich, S. (2024). In-Depth Analysis of Green Hydrogen Certification Processes in the EU (GIZ, Ed.). https://h2lac.org/wp-content/uploads/2024/07/7046_1-240331H2Uppp-Green-Hydrogen-Certification-Schemes-extended-report-1.pdf
- [97] GIZ. (2023). Propuesta estratégica de sistema de certificación de hidrógeno y derivados en Chile. GIZ-Propuesta-estrategica-de-sistema-de-certificacion-de-hidrogeno-y-derivados-en-Chile.pdf
- [98] UK Department for Energy Security and Net Zero. (2023). UK Low Carbon Hydrogen Standard: Greenhouse Gas Emissions Methodology and Conditions of Standard Compliance. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6584407fed3c3400133bfd47/uk-low-carbon-hydrogen-standard-v3-december-2023.pdf>

- [99] IDB. (2022). Estándares de sostenibilidad para la regulación del mercado de hidrógeno: Estudio de certificación de hidrógeno. <https://hinicio.com/wp-content/uploads/2022/09/Estandares-de-sostenibilidad-para-la-regulacion-del-mercado-de-hidrogeno-estudio-de-certificacion-de-hidrogeno.pdf>
- [100] Hartmann, N., Pradelli, V., Márquez, J. S., Gischler, C., Daza, E. F. B., & Galeano, P. (2023). Guide for the Implementation of a Hydrogen Certification System in Latin America and the Caribbean. IDB Publications. <https://doi.org/10.18235/0005315>
- [101] UNIDO. (2024). Market Assessment on Clean Hydrogen Innovation in Developing Countries. <https://a2dfacility.unido.org/web/sites/default/files/2024-12/Full%20Report%20Market%20Assessment%20Clean%20Hydrogen.pdf>
- [102] IEA. (2024). Global Hydrogen Review 2024. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>
- [103] Vázquez, S., & Romero, G. (2024). Green Hy+. Certificación de Hidrógeno verde y sus derivados. (LSQA, Ed.)
- [104] NewClimate Institute (2025) Assessing Safeguards for Hydrogen Sustainability in the H2Global Mechanism. Cologne, Germany. Available: <https://newclimate.org/resources/publications/assessing-safeguards-for-hydrogen-sustainability-in-the-h2global-mechanism>
- [105] Hamburg Institut. (2025). Enabling Green Hydrogen Trade between the EU and Ukraine. Available: https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2025/09/250911_HIR_IBSTC_GerUCCHy_Project_Report_Enabling_Green_Hydrogen_Trade_between_the_EU_and_Ukraine-1.pdf



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficina registrada
Bonn and Eschborn, Germany

Friedrich-Ebert-Allee 32 + 36
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

E info@giz.de
I www.giz.de

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15

El Programa Internacional de Aceleración del Hidrógeno (H2Uppp) del Ministerio Federal de Economía y Energía de Alemania promueve proyectos y el desarrollo del mercado del hidrógeno verde en determinados países en desarrollo y emergentes como parte de la Estrategia Nacional del Hidrógeno.