



CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES:

EL PASAPORTE VERDE DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE HACIA LOS MERCADOS GLOBALES



Unión Europea



Resultados del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de Latinoamérica para el cumplimiento de estándares internacionales en certificación de hidrógeno de bajas o nulas emisiones y sus derivados con fines de exportación”

Elaborado por:

David Delgado Noboa – Director técnico
Griselda Lambertini – Consultor nacional Argentina
Bárbara Neira – Consultora nacional Chile
Karel Núñez – Consultor nacional Colombia
Marta Bernal – Consultora nacional Panamá
Medardo Cadena – Consultor regional

Marzo de 2026

1- PRÓLOGO



América Latina y el Caribe se encuentra en un momento decisivo para consolidar su papel como actor relevante en la transición energética global. La creciente demanda internacional por energéticos de bajas emisiones, junto con los compromisos climáticos asumidos por los países, posiciona al hidrógeno y sus derivados como vectores estratégicos para el desarrollo sostenible, la competitividad industrial y la integración regional. En este contexto, avanzar hacia sistemas de certificación del hidrógeno de bajas emisiones robustos, confiables y alineados con estándares internacionales no es solo una necesidad técnica, sino una condición habilitante para la inserción efectiva de la región en los mercados energéticos del futuro.

Los principales mercados internacionales exigen hoy esquemas claros y verificables que acrediten el desempeño climático a lo largo de toda la cadena de valor, desde la producción hasta el uso final. Para América Latina y el Caribe, este desafío representa también una oportunidad: armonizar criterios, fortalecer capacidades institucionales y construir marcos regulatorios compatibles permitirá transformar su abundante potencial de recursos renovables en ventajas competitivas reales y sostenibles.

En este sentido, el presente documento recoge los principales resultados del proyecto **“Fortalecimiento de las capacidades de Latinoamérica para el cumplimiento de estándares internacionales en certificación de hidrógeno de bajas o nulas emisiones, y sus derivados, con fines de exportación”**, ofreciendo una base analítica para la toma de decisiones públicas orientadas a consolidar mercados de hidrógeno de bajas emisiones competitivos, ambientalmente responsables y socialmente sostenibles.

Desde OLACDE, reafirmamos nuestro compromiso de seguir apoyando a los países de la región en la construcción de marcos de certificación interoperables, inclusivos y reconocidos globalmente, convencidos de que el hidrógeno puede convertirse en un motor de desarrollo, cooperación y liderazgo climático para América Latina y el Caribe.

Andrés Rebolledo Smitmans

Secretario Ejecutivo de la Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía,
OLACDE



El fortalecimiento de capacidades en torno a la certificación del hidrógeno de bajas o nulas emisiones constituye hoy un desafío estratégico para América Latina y el Caribe, en un escenario internacional que demanda estándares cada vez más rigurosos. En este contexto, la cooperación internacional juega un rol relevante, pues permite la articulación de conocimientos, experiencias y capacidades entre diversos actores y países de la región.

Este proyecto tiene por objetivo potenciar el mercado de energías limpias en América Latina y el Caribe e identificar los requisitos y normas para cumplir con los estándares internacionales. Apunta a analizar las brechas y oportunidades

de los proyectos de hidrógeno renovable y derivados de cuatro países de la región (Chile, Argentina, Colombia y Panamá), para obtener una certificación que les permita acceder a los mercados internacionales, particularmente el europeo, determinando una hoja de ruta para lograrlo. Se trata de un trabajo conjunto entre la Unión Europea, el Ministerio de Energía de Chile, la Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía (OLACDE) y la AGCID, financiado por el Fondo Conjunto de Cooperación Triangular Chile–Unión Europea, que ha desempeñado un rol fundamental, consolidándose como una plataforma clave para impulsar iniciativas que promuevan soluciones innovadoras y con impacto en el desarrollo sostenible.

El aporte de la Unión Europea ha sido especialmente valioso, tanto por su contribución técnica y financiera, como por su compromiso con el fortalecimiento de marcos que faciliten una transición energética sostenible. Esta colaboración ha permitido avanzar en la preparación de los países participantes para enfrentar los desafíos asociados a su inserción en mercados internacionales. Por otro lado, sin el apoyo de OLACDE, hubiese sido imposible ejecutar esta iniciativa, que es expresión del trabajo conjunto de instituciones públicas, organismos internacionales, academia y equipos técnicos, cuyo compromiso y dedicación han sido fundamentales para alcanzar los resultados que aquí se presentan.

Como Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo, reafirmamos nuestro compromiso con la promoción de la cooperación triangular como una herramienta eficaz para fortalecer capacidades, generar aprendizaje mutuo y contribuir al desarrollo sostenible de nuestros países.

Enrique O'Farrill-Julien

Director Ejecutivo

Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo - AGCID

CONTENIDO

1.	Prólogo _____	03
2.	Antecedentes _____	07
3.	Hoja de ruta para la certificación de hidrógeno de bajas emisiones en Argentina _____	13
	3.1 Esquema y sistema de certificación _____	17
	3.2 Hoja de ruta y cronología _____	20
4.	Hoja de ruta para la certificación de hidrógeno de bajas emisiones en Chile _____	21
	4.1 Esquema y sistema de certificación _____	24
	4.2 Hoja de ruta y cronología _____	27
5.	Hoja de ruta para la certificación de hidrógeno de bajas emisiones en Colombia _____	33
	5.1 Esquema y sistema de certificación _____	35
	5.2 Hoja de ruta y cronología para la certificación _____	39
6.	Hoja de ruta para la certificación de hidrógeno de bajas emisiones en Panamá _____	43
	6.1 Esquema y sistema de certificación _____	45
	6.2 Hoja de ruta y cronología _____	50
7.	Recomendaciones para la certificación de hidrógeno de bajas emisiones en la región _____	52
8.	Bibliografía _____	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Demanda de hidrógeno por sector (izquierda) y por país (derecha) en América Latina y el Caribe - 2023	08
Figura 2. Factores que influyen en el desarrollo del mercado del hidrógeno de bajas emisiones	09
Figura 3. Destino proyectado para la producción de hidrógeno de bajas emisiones de Argentina	14
Figura 4. Imagen del taller en Buenos Aires – Argentina	16
Figura 5. Hitos para la implementación de un sistema de certificación en Argentina	20
Figura 6. Imagen del taller en Santiago – Chile	22
Figura 7. Sistema de certificación propuesto para Chile	24
Figura 8. Estrategia nacional de transición energética de Colombia	33
Figura 9. Modelo general de niveles para Colombia	35
Figura 10. Propuesta de un posible modelo de gobernanza para la certificación en Colombia	37
Figura 11. Habilitantes de estudios multivariable en Colombia	39
Figura 12. Modelo de propuesta de inclusión de un Sandbox en Colombia	41
Figura 13. Imagen del taller en Ciudad de Panamá, Panamá	43
Figura 14. Propuesta de esquemas de certificación en Panamá	45
Figura 15. Fases de implementación del sistema de certificación en Panamá	50
Figura 16. Ejes para la certificación en América Latina y el Caribe	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Atributos exigidos para la exportación en mercados internacionales	11
Tabla 2. Resumen de las principales brechas identificadas y acciones sugeridas en Argentina	17
Tabla 3. Brechas identificadas para el diseño e implementación de un Sistema Nacional de Certificación de Hidrógeno de Bajas o Nulas Emisiones en Chile	22
Tabla 4. Pilar 1 para la hoja de ruta en Chile	28
Tabla 5. Pilar 2 para la hoja de ruta en Chile	29
Tabla 6. Pilar 3 para la hoja de ruta en Chile	30
Tabla 7. Pilar 4 para la hoja de ruta en Chile	31
Tabla 8. Pilar 5 para la hoja de ruta en Chile	32
Tabla 9. Resumen de las principales brechas identificadas y acciones sugeridas en Panamá	44
Tabla 10. Asignación funcional propuesta en Panamá	48

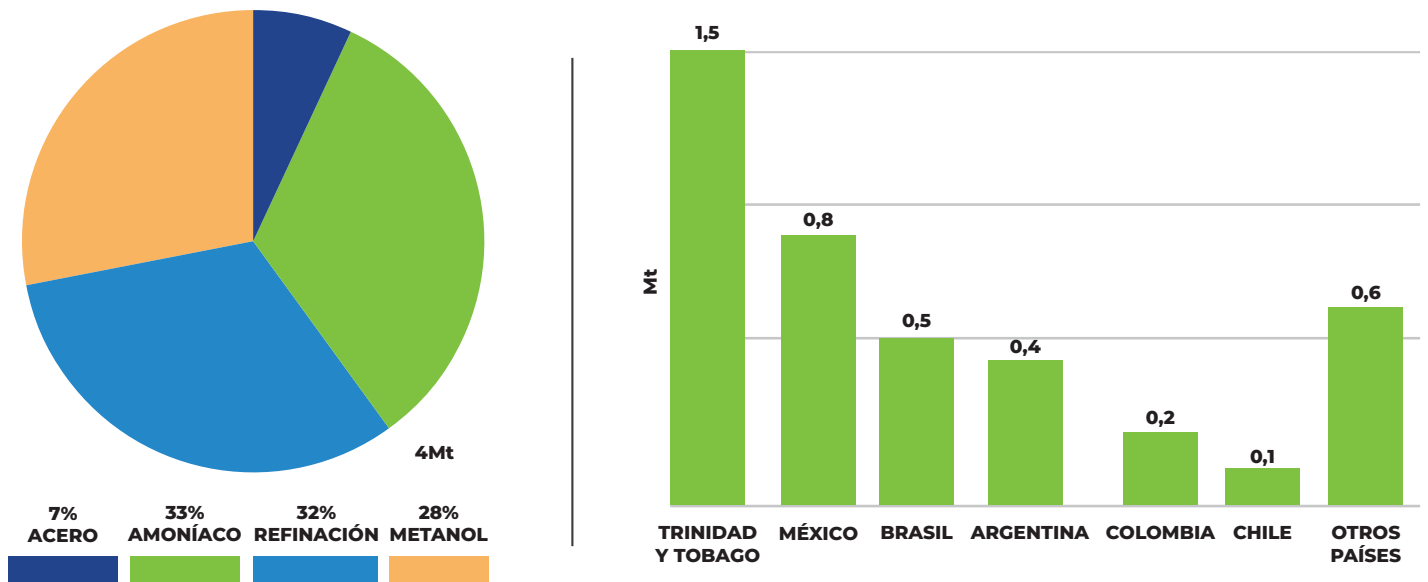
2- ANTECEDENTES

América Latina y el Caribe (ALC) atraviesa una etapa decisiva para posicionarse como un actor estratégico en el mercado global del hidrógeno de bajas emisiones. El avance de la transición energética, los compromisos internacionales de descarbonización y la búsqueda de nuevas oportunidades de desarrollo productivo han convertido al hidrógeno y sus derivados en un vector energético de creciente relevancia geopolítica, económica y ambiental.

En este contexto, la región cuenta con condiciones estructurales favorables —altos recursos renovables, demanda industrial en sectores clave, vocación y voluntad política— que la sitúan en una posición privilegiada para contribuir a la oferta global de hidrógeno, al tiempo que fortalece sus propias agendas de competitividad y transformación productiva.

Actualmente, la demanda regional de hidrógeno representa en torno al 4% del consumo mundial, con aproximadamente 4 millones de toneladas destinadas principalmente a los sectores de refinación y producción de químicos, tales como amoníaco y metanol. Sin embargo, cerca del 90% del hidrógeno utilizado se obtiene aún mediante reformado de gas natural, con emisiones asociadas superiores a 30 millones de toneladas de CO₂ en 2023. Este panorama reafirma la urgencia de acelerar el despliegue de tecnologías de producción de hidrógeno bajo en emisiones, tanto para cumplir con los objetivos climáticos como para sostener la competitividad industrial de la región en contextos de mercados internacionales cada vez más exigentes en términos ambientales.

FIGURA 1. Demanda de hidrógeno por sector (izquierda) y por país (derecha) en América Latina y el Caribe - 2023



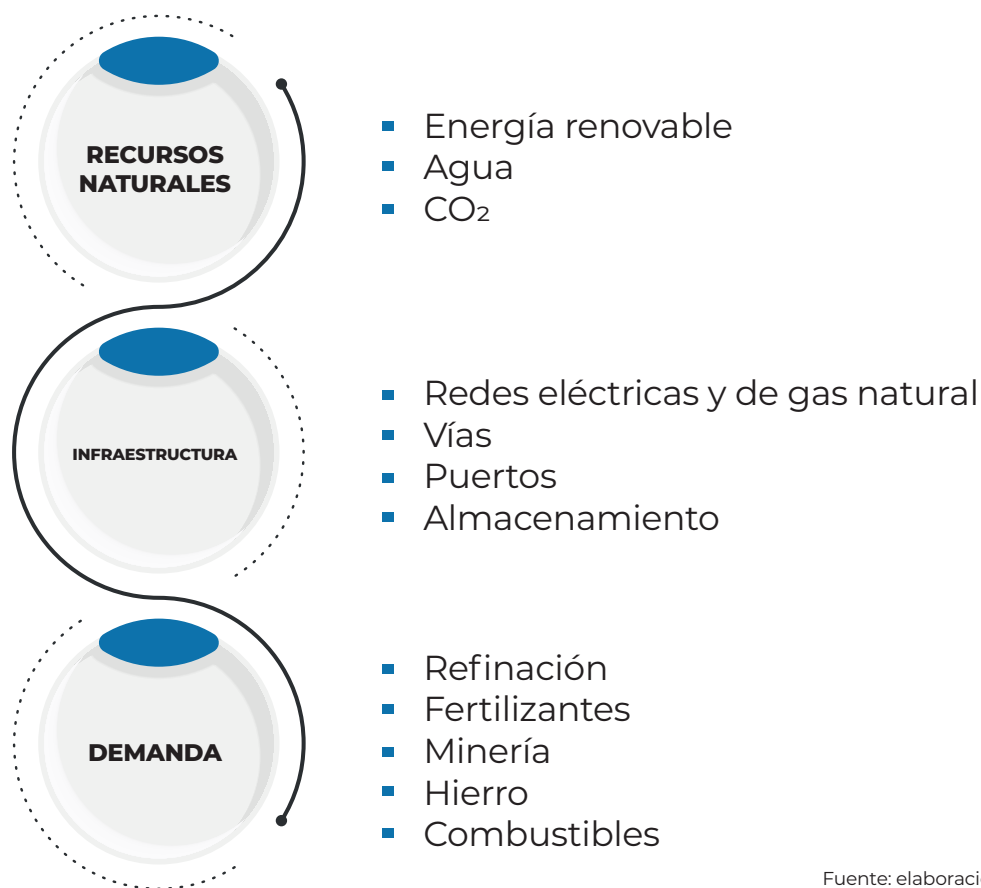
Fuente: elaboración propia con base a información de la Agencia Internacional de Energía.

ALC dispone de un potencial importante para desarrollar cadenas de valor del hidrógeno de bajas emisiones, sustentado en la disponibilidad de recursos renovables de gran magnitud, incluyendo 676 GW de hidroenergía, alrededor de 4.800 GW de potencial solar fotovoltaico, 420 GW de energía eólica y un significativo potencial geotérmico (cerca de 55 GW). A ello se suma la amplia dotación de recursos hídricos y bioenergéticos, así como infraestructura portuaria y corredores logísticos relevantes para el comercio exterior. No obstante, la materialización de estas oportunidades requiere un enfoque de planificación estratégica que incorpore no solo los atributos naturales, sino también los condicionantes institucionales, sociales, ambientales, tecnológicos y de infraestructura que determinan la viabilidad real de los proyectos a nivel nacional y regional.

Un elemento central de dicha planificación es la adecuada gestión de los recursos hídricos. Aunque la región es reconocida por su abundancia relativa de agua dulce, cerca del 50% de la capacidad de electrólisis anunciada se ubica en zonas con algún nivel de estrés hídrico, lo que exige la adopción de criterios de sostenibilidad ambiental y territorial robustos. Esto incluye la priorización del uso del agua para consumo humano y producción agrícola, la evaluación de alternativas de desalinización y la prevención de potenciales conflictos socioambientales asociados a la expansión del sector. De igual manera, el acceso a fuentes sostenibles de CO₂ puede favorecer el desarrollo de combustibles sintéticos y derivados del hidrógeno, contribuyendo a diversificar los usos industriales y las oportunidades de exportación.

El despliegue del mercado del hidrógeno bajo en emisiones en ALC dependerá, además, de la articulación entre actores públicos y privados, la consolidación de infraestructura habilitante y la existencia de marcos regulatorios claros y compatibles con los mercados internacionales. Factores como la capacidad y resiliencia de los sistemas de transmisión eléctrica, la distancia entre zonas de producción y consumo, la posibilidad de reconvertir infraestructura asociada al gas natural, la logística vial y portuaria, así como la disponibilidad de facilidades de almacenamiento, serán determinantes para que el hidrógeno se incorpore de manera competitiva y sostenible a las economías de la región.

FIGURA 2. Factores que influyen en el desarrollo del mercado del hidrógeno de bajas emisiones



Las estrategias nacionales de hidrógeno en ALC reflejan coincidencias en los principales retos a superar: riesgos de mercado y de demanda, falta de incentivos y mecanismos financieros adecuados, ausencia de marcos regulatorios y esquemas de certificación, brechas en capital humano especializado y desafíos tecnológicos asociados a la reducción de costos.

A pesar de ello, las oportunidades son amplias y heterogéneas entre países. En varios casos, la sustitución progresiva del hidrógeno utilizado en refinerías podría constituir un primer paso de rápida implementación. Otros sectores estratégicos —como la minería, la siderurgia, la producción de fertilizantes, el transporte pesado, la generación eléctrica y los combustibles sintéticos— presentan un potencial significativo para la adopción del hidrógeno de bajas emisiones en el mediano plazo.

Asimismo, la conformación de hubs de hidrógeno surge como una estrategia relevante para maximizar sinergias territoriales y optimizar inversiones en infraestructura compartida. Estos espacios permitirán articular productores, consumidores industriales y corredores logísticos, facilitando la escalabilidad de proyectos y la inserción del hidrógeno regional en cadenas de valor globales. Experiencias emergentes en países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Panamá y Uruguay evidencian distintas trayectorias de desarrollo asociadas a vocaciones productivas sectoriales, disponibilidad de infraestructura portuaria y minero-industrial, así como potencialidades para exportación directa y/o producción de derivados.

A nivel prospectivo, las estrategias nacionales proyectan que hacia 2050 la región podría producir alrededor de 30 millones de toneladas de hidrógeno de bajas emisiones, tanto para abastecer la demanda interna y con más del 50% destinado a exportación. Para alcanzar dichas metas, los planes consideran la instalación de más de 400 GW de nueva capacidad renovable para abastecer cerca de 200 GW en electrolizadores, además de un requerimiento de inversiones estimadas en cerca de 300 mil millones de dólares. Esto podría generar alrededor de 350 mil empleos.

Sin embargo, la concreción de estas expectativas dependerá en gran medida de la compatibilidad de los sistemas nacionales con los esquemas de certificación y trazabilidad exigidos por los mercados internacionales, en particular por la Unión Europea y otros mercados premium.



TABLA 1. Atributos exigidos para la exportación en mercados internacionales

	UNIÓN EUROPEA	REINO UNIDO	JAPÓN	COREA DEL SUR
UMBRAL DE EMISIONES	28.2 gCO₂eq/MJ Well to consumption gate.	20 gCO₂eq/MJ Well to gate.	28.2 gCO₂eq/MJ Well to gate (Según la Asociación Japonesa de Hidrógeno).	33.37 gCO₂eq/MJ Well to import.
COMBUSTIBLE	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrógeno y Amoniaco – RFNBO. • Combustibles con CO₂ – RCF. 	Hidrógeno.	Hidrógeno.	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrógeno. • Amoniaco como portador energético.
TECNOLOGÍA PRODUCCIÓN	Electrólisis del agua proveniente de tecnologías renovables, a excepción de biomasa.	Desde electrólisis hasta reformado con CCUS.	Desde electrólisis hasta tecnologías fósiles con CCUS.	Distintas tecnologías.
EXIGENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Adicionalidad (centrales de generación nuevas), correlación geográfica (dentro del Sistema nacional) y correlación temporal cuando hay PPA o conexión directa con una central de generación. • Sistema eléctrico nacional de bajas emisiones (90% renovable) cuando no hay PPA. 	<p>Para la electrólisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correlación temporal cuando hay PPA. <p>Las energías renovables tienen cero emisiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Actualmente, se busca contar con planes de negocio certificados (productor y usuario), los cuales deben garantizar la trazabilidad de insumos y emisiones. <p>Se tiene prevista la compatibilidad con sistemas de otras regiones del mundo, mediante acuerdos de reconocimiento mutuo</p>	<p>Para la electrólisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de baja emisión, que coincida temporalmente con la producción. • Electricidad usada proveniente de la misma red eléctrica con evidencia documentada.

RFNBO: Renewable Fuel of Non-Biological Origin
 RCF: Recycled Carbon Fuel
 CCUS: Captura, Utilización y Almacenamiento de Carbono

Fuente: elaboración propia con base al estudio
 "Propuesta estratégica para sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados en Chile".

Ante este escenario, la región ha iniciado avances significativos en el diseño de marcos de certificación del hidrógeno bajo en emisiones, tanto a nivel nacional como regional. Iniciativas como los desarrollos de esquemas de certificación de Brasil, Chile y Colombia, así como el esquema regional CertHiLAC impulsado por el Banco Interamericano de Desarrollo, la Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía y varios países de la región, buscan armonizar criterios técnicos, ambientales y sociales, promoviendo la confianza del mercado y facilitando la inserción del hidrógeno latinoamericano en cadenas globales de comercio energético.

En este marco, entre enero y diciembre de 2025 se ejecutó el proyecto **“Fortalecimiento de las capacidades de Latinoamérica para el cumplimiento de estándares internacionales en certificación de hidrógeno de bajas o nulas emisiones, y sus derivados, con fines de exportación”**, con el apoyo de la Unión Europea, la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo y la Organización Latinoamericana y Caribeña de Energía, y con la participación de la Universidad de Génova como socio técnico europeo. El proyecto tuvo como objetivo central desarrollar propuestas de sistemas nacionales de certificación y hojas de ruta de implementación para Argentina, Chile, Colombia y Panamá, generando a partir de estas experiencias recomendaciones estratégicas para el conjunto de la región.

A lo largo de su implementación se llevó a cabo un amplio proceso de diálogo técnico-político con instituciones públicas, sector privado, academia y organismos internacionales, orientado a identificar avances, brechas regulatorias y prioridades estratégicas para el desarrollo del mercado del hidrógeno bajo en emisiones. Asimismo, se diseñó una plataforma virtual destinada a apoyar a autoridades y actores del ecosistema regional en la verificación del grado de alineación de los proyectos con los estándares internacionales de sostenibilidad y trazabilidad¹.

El presente documento reúne los principales resultados obtenidos en el marco del proyecto y constituye una contribución al debate regional sobre el diseño de sistemas de certificación y gobernanza del hidrógeno de bajas emisiones en América Latina y el Caribe. Su propósito es ofrecer una base analítica y estratégica que facilite la toma de decisiones públicas y la construcción de políticas habilitantes, promoviendo una inserción internacional competitiva, ambientalmente responsable y socialmente sostenible del hidrógeno en la región. El detalle elaborado para Argentina, Chile, Colombia y Panamá, así como las recomendaciones regionales, reforzarán esta visión integral y prospectiva del sector.

¹<https://certificacionh2.olacde.org/>

3- HOJA DE RUTA PARA LA CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES EN ARGENTINA

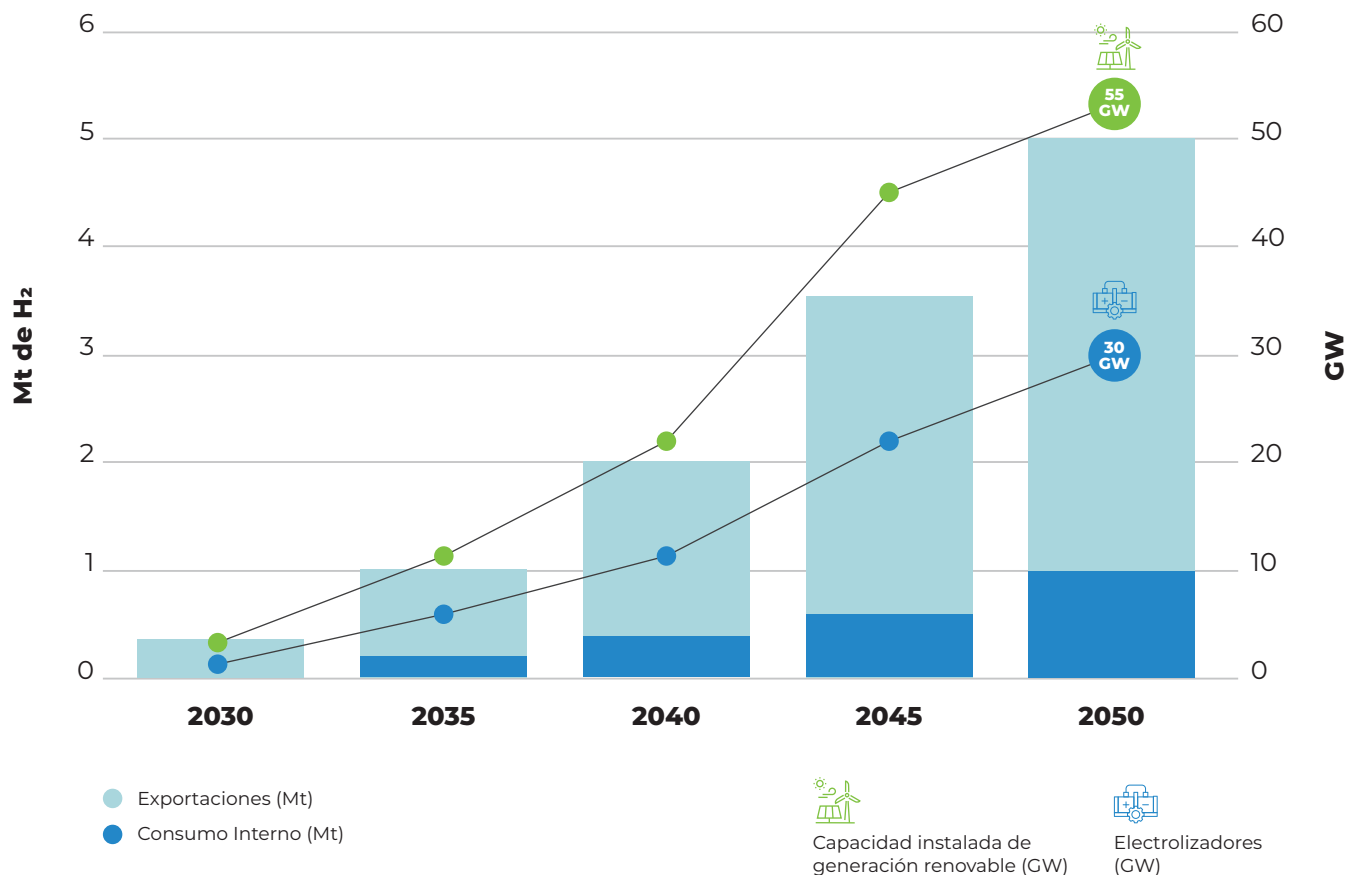
El trabajo desarrollado en Argentina durante 2025 se orientó a la formulación de una hoja de ruta y a la definición de recomendaciones para el diseño e implementación de un sistema de certificación de hidrógeno de bajas o nulas emisiones. Este proceso se estructuró sobre la base de un enfoque coordinado entre los países piloto del proyecto, considerando además una visión regional, y los lineamientos de la Unión Europea, AGCID y OLACDE, de tal manera que se aseguró la coherencia metodológica y la alineación con los requisitos internacionales y, en particular, con los esquemas de certificación de los mercados europeos.

Es así que, el trabajo permitió acordar lineamientos comunes en materia de criterios analíticos, alcance técnico, estructura de diagnóstico e instrumentos de consulta a los actores del ecosistema. La coordinación multinacional resultó clave para garantizar comparabilidad entre resultados y favorecer la posterior consolidación de aprendizajes a nivel regional.

En Argentina, se realizó un levantamiento sistemático de información sobre recursos energéticos, potencial de desarrollo productivo, oportunidades de negocio, proyectos en ejecución y antecedentes normativos vinculados al hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados en el país. Este análisis permitió establecer una línea de base sólida para la identificación de brechas y habilitadores institucionales. Una de las principales conclusiones de este relevamiento fue que el posicionamiento estratégico del país se orienta mayoritariamente hacia la producción con fines de exportación —especialmente hacia el mercado europeo—, lo cual refuerza la relevancia de contar con esquemas de certificación robustos y plenamente compatibles con los estándares internacionales.



FIGURA 3. Destino proyectado para la producción de hidrógeno de bajas emisiones de Argentina



Fuente: Estrategia Nacional de Hidrógeno 2023

El proceso incorporó además la identificación y caracterización de los actores clave del sector. Dado el carácter federal de la República Argentina y la titularidad provincial sobre los recursos naturales establecida en la Constitución Nacional, las jurisdicciones provinciales desempeñan un papel central tanto en materia de permisos ambientales como en la gestión territorial de los proyectos. En el ámbito nacional, la Secretaría de Energía se proyecta como potencial autoridad de aplicación de la futura regulación del hidrógeno de bajas emisiones, con un rol particularmente destacado de la Subsecretaría de Transición y Planeamiento Energético en la formulación de políticas públicas asociadas a la transición energética. Asimismo, la Subsecretaría de Ambiente de la Nación participa de manera relevante en los procesos de Evaluación Ambiental Estratégica. A nivel provincial, los gobiernos y sus autoridades energéticas y ambientales tendrán también un rol decisivo en el fortalecimiento de capacidades y en la habilitación de inversiones vinculadas al sector.

Para orientar la identificación de brechas y necesidades de fortalecimiento institucional, se desarrolló un análisis documental de los requerimientos de certificación de hidrógeno de bajas o nulas emisiones de la Unión Europea, con especial énfasis en los lineamientos contenidos en el estudio “Propuesta estratégica para sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados”, presentado en 2025 en el marco del proyecto “Team Europe para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile”. Este insumo permitió contextualizar el análisis argentino en función de los criterios exigidos por los mercados premium y de las tendencias regulatorias internacionales.

Como parte del proceso participativo, se diseñó y administró una encuesta dirigida a actores estratégicos del ecosistema nacional, estructurada bajo una metodología consensuada entre los equipos de los países piloto. El instrumento incluyó versiones diferenciadas para sector público, sector privado, instituciones financieras, academia, centros de investigación y entidades de la Unión Europea, lo cual permitió capturar percepciones, prioridades y expectativas desde múltiples perspectivas institucionales.

El 26 de junio de 2025 se llevó a cabo un taller presencial en la ciudad de Buenos Aires, que contó con la participación de alrededor de cincuenta representantes de los sectores público y privado, organismos internacionales, instituciones académicas y actores del sistema financiero. El evento incluyó la presencia del Subsecretario de Transición y Planeamiento Energético de la Nación, así como representantes de la Unión Europea, AGCID y OLACDE. Los equipos técnicos de los demás países piloto y el consultor regional también participaron, favoreciendo el intercambio de experiencias y la reflexión conjunta sobre los desafíos de la certificación en la región.



FIGURA 4. Imagen del taller en Buenos Aires – Argentina



Fuente: Imagen propia del taller en Argentina.

A partir de la información recopilada mediante el relevamiento documental, las encuestas y el taller nacional, se identificaron las principales brechas y desafíos para el diseño e implementación de un sistema de certificación de hidrógeno en Argentina, así como posibles líneas de acción para su abordaje progresivo. Los resultados nacionales fueron posteriormente consolidados en un análisis regional que integra los hallazgos de los países piloto y referencias de otras experiencias latinoamericanas. La tabla que se incorporará en esta sección resume las brechas priorizadas y las acciones sugeridas para el caso argentino, tal como fueron presentadas durante el webinar regional realizado en noviembre de 2025.

TABLA 2. Resumen de las principales brechas identificadas y acciones sugeridas en Argentina

BRECHAS	ACCIONES SUGERIDAS
Falta de un marco regulatorio integral para el hidrógeno de bajas emisiones y de una autoridad de aplicación	Promover el dictado de una ley de hidrógeno de bajas emisiones
Falta de acuerdo acerca de la necesidad de contar con un esquema y un sistema nacional de certificación	Permitir que los desarrolladores e inversores opten por el esquema de certificación del país de destino
Incertidumbre acerca de ciertos atributos requeridos por el esquema de certificación de la Unión Europea	Armonización de conceptos para el cumplimiento de los atributos exigidos por el esquema del país importador
Preocupación por el aumento de los costos y los tiempos derivados del sistema local de certificaciones	Evaluar la relación costo-beneficio de la implementación de un sistema nacional de certificación
Insuficiencia de capacidades técnicas y recursos financieros para el desarrollo de un sistema nacional	Crear capacidades y acceder a recursos financieros a través de los mecanismos de cooperación internacional
Necesidad de reconocimiento internacional de las certificaciones locales	Adherir a un esquema internacional y gestionar el reconocimiento de los certificados emitidos en Argentina

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, con base en los avances técnicos y los insumos generados a lo largo del proceso, se elaboraron recomendaciones orientadas a la implementación gradual de un esquema y un sistema de certificación de hidrógeno de bajas emisiones en Argentina. Estas recomendaciones, que se desarrollan en la sección siguiente, buscan articular las capacidades institucionales existentes con los requerimientos de los mercados internacionales, promoviendo una transición ordenada, competitiva y alineada con los objetivos de sostenibilidad ambiental y desarrollo productivo del país.

3.1 ESQUEMA Y SISTEMA DE CERTIFICACIÓN

Con respecto al esquema o estándar de certificación, en tanto la Estrategia Nacional de Hidrógeno de Argentina prevé como meta a 2050 que se producirán 5 millones de toneladas anuales de hidrógeno y que el 80% de esa producción será destinada al mercado de exportación (4 millones de toneladas anuales), se recomienda dejar en libertad a los desarrolladores, inversores y titulares de proyecto para que elijan el esquema del país de destino de la exportación.

No se establecerían en el país otros atributos adicionales a certificar, distintos de los exigidos en el país de destino de la exportación. La sostenibilidad ambiental y social de los proyectos, incluyendo el enfoque de género y derechos humanos, será evaluada en cada una de las jurisdicciones provinciales, que ejercen -por la Constitución Nacional- el dominio originario de los recursos existentes en sus respectivos territorios y ejercen el poder de policía ambiental y social.

En cuanto a la implementación de un sistema de certificación local, se recomienda realizar una evaluación costo-beneficio, a partir del criterio por el cual el sistema debe contribuir a bajar los costos del proyecto y no a aumentarlos. Por esta razón, se recomienda que Argentina se concentre en la formación y adecuación de las capacidades locales existentes, quienes podrían contribuir en el proceso de certificación conforme al esquema internacional que hubiere seleccionado el titular del proyecto.

- **Autoridad competente:** debería ser la Secretaría de Energía de la Nación, quien estaría a cargo de establecer el esquema o estándar y de diseñar el sistema de certificación local. Si bien actualmente la Secretaría de Energía de la Nación se desenvuelve como tal, se recomienda la determinación formal de la autoridad de aplicación, previa sanción de una Ley de Promoción y Regulación de Hidrógeno de Bajas Emisiones y de su reglamentación por el Poder Ejecutivo Nacional.
- **Certificadores:** podrían actuar como certificadores locales el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), el IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación), Y-Tec, TÜV Rheinland Argentina S.A., Bureau Veritas Argentina S.A. o cualquier otra empresa privada que logre su acreditación como tal. Asimismo, los profesionales independientes que resulten capacitados y acreditados como certificadores pueden usar laboratorios de INTI o Y-Tec, entre otros. Los certificadores deberán verificar la elegibilidad de las instalaciones, así como los volúmenes de producción y consumo a través de equipos de medición.
- **Audidores:** igual que los certificadores, las empresas autorizadas como auditoras deben contar con la calificación específica para el tipo de instalaciones sobre las que deberán actuar. Los auditores inspeccionan las instalaciones, llevan a cabo las comprobaciones necesarias y elaboran informes de auditoría.

La formación de certificadores y auditores requerirá recursos y tiempos que se estiman entre 18 y 24 meses, y que podrían ser financiados mediante cooperación internacional.

Los certificadores, auditores, verificadores y laboratorios deberán obtener su habilitación por parte del Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

- Registro: la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA) podría actuar como plataforma electrónica para la inscripción de las instalaciones y la emisión de certificados en cuanto a la generación de energía eléctrica y su carácter renovable, incluyendo los requisitos de correlación geográfica y temporal.
- Mercado privado para transacción de certificados: Bolsas y Mercados Argentinos S.A. (BYMA) podría actuar como mercado para las transacciones con certificados emitidos, según reglas de oferta y demanda. Si bien los certificados y garantías de origen pueden comercializarse en transacciones bilaterales, una plataforma de mercado proporciona un ámbito organizado y seguro, donde las partes puedan cerrar transacciones inmediatas, anónimas, no discriminatorias y transparentes sobre diversos productos, ofrecidos a corto plazo y a futuro.
- Sistema de monitoreo, verificación y reporte (MRV). El rol de verificadores podría ser atribuido al mismo tipo de entidades y profesionales sugeridos para actuar como certificadores.

Reconocimiento de los esquemas en la Unión Europea

Los certificadores, auditores, verificadores y laboratorios deberán obtener su habilitación por parte del Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

Una cuestión importante es asegurar el reconocimiento entre sistemas. La RED II establece un principio de reconocimiento mutuo de las garantías de origen emitidas por los registros nacionales de los Estados miembros, salvo que existan dudas fundadas sobre su exactitud, fiabilidad o veracidad. La negativa y su justificación deben ser notificadas a la Comisión Europea, quien decide en última instancia. En cambio, no se reconocen las garantías de origen expedidas por terceros países, salvo acuerdo internacional de la Unión Europea y solo para importación y exportación directa de energía.

Se recomienda que tanto la Secretaría de Energía de Argentina como los certificadores acreditados y la plataforma regional Certhilac trabajen en el reconocimiento de los certificados locales para su acreditación en el marco de los esquemas internacionales.

La decisión final acerca de la interpretación de la aplicabilidad en Argentina de ciertos requisitos de los Actos Delegados corresponde a los esquemas de certificación ya aprobados en la Unión Europea y a la propia Comisión Europea. Sin embargo, la participación activa de organismos nacionales como la Secretaría de Energía y CAMMESA pueden influir en cómo se interpretan conceptos clave —como las zonas de oferta o el tratamiento de ciertas fuentes de carbono— de manera consistente con la realidad argentina.

3.2 HOJA DE RUTA Y CRONOLOGÍA

A modo de conclusión y habiéndose cumplido las instancias de investigación y consulta con las partes interesadas, el siguiente gráfico muestra la cronología propuesta para los hitos que debería comprender la implementación de un sistema de certificación de hidrógeno de bajas emisiones en Argentina.

FIGURA 5. Hitos para la implementación de un sistema de certificación en Argentina



Fuente: elaboración propia.

4- HOJA DE RUTA PARA LA CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES EN CHILE

Chile ha asumido un rol protagónico en el desarrollo del hidrógeno verde a nivel regional, a partir de una estrategia nacional ambiciosa, un plan de acción con medidas concretas y un ecosistema creciente de proyectos, instrumentos de fomento, regulación habilitante y cooperación internacional. En este contexto, el país ha manifestado de manera explícita su compromiso con la certificación del hidrógeno y sus derivados, reconociéndose como un pilar clave para la inserción en mercados internacionales y para el cumplimiento de sus objetivos climáticos. No obstante, avanzar hacia un sistema nacional de certificación plantea desafíos relevantes en términos de gobernanza, definición de roles institucionales, capacidades técnicas, sostenibilidad ambiental y social, participación del sector privado e interoperabilidad internacional.

El trabajo realizado en Chile, tuvo como objetivo principal analizar el estado actual del desarrollo del hidrógeno en el país desde la perspectiva de la certificación, identificar brechas y barreras críticas, y proponer una hoja de ruta estratégica para la implementación de un sistema nacional de certificación de hidrógeno de bajas o nulas emisiones. Para ello, se combinó un análisis documental exhaustivo con un proceso participativo que incluyó talleres presenciales, mesas de trabajo temáticas y la aplicación de encuestas a actores clave del sector público, privado, académico, financiero e internacional. Esta aproximación permitió recoger una visión amplia y representativa de las expectativas, preocupaciones y prioridades del ecosistema del hidrógeno en relación con la certificación.

Los resultados presentados en este documento buscan servir como un insumo técnico y estratégico tanto para Chile como para otros países de la región, contribuyendo al fortalecimiento de capacidades, al aprendizaje compartido y a la construcción de esquemas de certificación que faciliten la integración de América Latina y el Caribe en los mercados globales de hidrógeno limpio. En última instancia, el informe apunta a apoyar una transición energética justa, sostenible y competitiva, en la que la certificación actúe no solo como un requisito comercial, sino como una herramienta de política pública para impulsar estándares más altos de sostenibilidad, transparencia y cooperación internacional.

Para la identificación de brechas y desafíos asociados al diseño e implementación de un sistema de certificación de hidrógeno de bajas o nulas emisiones en Chile, se desarrolló un proceso participativo que combinó instancias presenciales y herramientas de levantamiento de información. En junio de 2025 se realizó un taller presencial que contó con la participación de representantes del sector público, sector privado, academia, organismos técnicos y actores internacionales vinculados a la certificación, la sostenibilidad y el desarrollo del hidrógeno.

Esta instancia permitió validar diagnósticos preliminares, identificar brechas prioritarias y recoger visiones complementarias sobre gobernanza, marco normativo, capacidades técnicas e interoperabilidad internacional. De manera complementaria, se aplicaron encuestas estructuradas a actores clave del ecosistema nacional, lo que permitió sistematizar percepciones, prioridades y expectativas desde distintas perspectivas institucionales, fortaleciendo la base analítica para la elaboración de la hoja de ruta.

FIGURA 6. Imagen del taller en Santiago – Chile



Fuente: Imagen propia del taller en Chile.

TABLA 3. Brechas identificadas para el diseño e implementación de un Sistema Nacional de Certificación de Hidrógeno de Bajas o Nulas Emisiones en Chile

BRECHAS IDENTIFICADAS	DESCRIPCIÓN
Falta de arquitectura institucional validada y de mandato formal	La ausencia de una definición integral de la arquitectura del sistema de certificación, incluyendo roles, capacidades y mecanismos de coordinación, y de un mandato legal que oficialice la institución líder. Esta brecha limita la consolidación de una gobernanza permanente, la articulación entre entidades públicas y la implementación oportuna del sistema.

BRECHAS IDENTIFICADAS	DESCRIPCIÓN
Recursos técnicos y financieros insuficientes	Las instituciones responsables de resguardar el adecuado funcionamiento del sistema de certificación, en todas sus etapas, ámbitos y componentes, enfrentan desafíos en materia de financiamiento, disponibilidad de personal especializado y acceso a equipamiento técnico. Estas limitaciones inciden en los procesos de elaboración normativa, en el seguimiento de estándares internacionales y en el desarrollo de herramientas de verificación y trazabilidad, lo que plantea retos para la sostenibilidad y consolidación del sistema en el largo plazo.
Falta de verificadores acreditados	En Chile no existen verificadores o auditores acreditados bajo estándares internacionales, lo que implica a depender de organismos extranjeros. Esto incrementa los costos de certificación, limita la disponibilidad de servicios y reduce la capacidad del país para evaluar proyectos de manera autónoma.
Falta de consenso sobre atributos prioritarios	Los actores público-privados involucrados no han alcanzado un consenso respecto a qué atributos de sostenibilidad deben ser exigidos por el esquema, incluyendo emisiones, agua, territorio, biodiversidad, género e impacto social. Esta falta de definición afecta el diseño metodológico, genera incertidumbre sobre los requisitos verificables y dificulta la articulación del sistema con los instrumentos ambientales existentes.
Débil articulación con instrumentos existentes	En la etapa actual, no se ha establecido el rol que podrían cumplir instrumentos o programas como el SEIA o HuellaChile en el marco del sistema de certificación. La ausencia de estas definiciones puede generar duplicidades, inconsistencias metodológicas y mayores costos operativos, limitando la eficiencia del sistema y afecta la coherencia regulatoria del país.
Alineación insuficiente con requisitos de mercados internacionales	<p>Actualmente no se dispone de un marco nacional que asegure la convergencia con los requisitos metodológicos, técnicos y regulatorios de los principales mercados de destino del hidrógeno verde y sus derivados. Esta situación genera incertidumbre respecto de las condiciones que deberán cumplir los productos nacionales para su reconocimiento y acceso a dichos mercados.</p> <p>El sistema nacional debe asegurar una adecuada compatibilidad con estos requisitos establecidos por mercados clave como la Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Corea. Si no ocurre esta alineación, se podría impedir el reconocimiento de certificados chilenos en mercados de destino y afectar la competitividad exportadora del país.</p>

BRECHAS IDENTIFICADAS	DESCRIPCIÓN
Homologación de criterios entre regiones aún pendiente	Las diferencias entre estándares internacionales de certificación limitan la posibilidad de que un mismo certificado sea aceptado en múltiples mercados. Esta falta de convergencia obliga a los desarrolladores a adaptarse a múltiples esquemas regulatorios, incrementando la complejidad y los costos de cumplimiento.
Falta de reconocimiento mutuo con los diferentes países de destino	La baja integración de Chile con el resto de los países en este ámbito limita la capacidad del país para posicionarse en negociaciones internacionales sobre reconocimiento mutuo y acceso a mercados. Esta falta de articulación afecta la capacidad diplomática y comercial del país para respaldar su sistema de certificación.

Fuente: elaboración propia.

4.1 ESQUEMA Y SISTEMA DE CERTIFICACIÓN

El Sistema Nacional de Certificación de Hidrógeno de Bajas o Nulas Emisiones propuesto se estructura sobre una arquitectura institucional multinivel, diseñada para asegurar liderazgo político, robustez técnica, independencia operativa, fiscalización efectiva y alineación con estándares internacionales. Esta estructura permite separar funciones estratégicas, operativas y de supervisión, reduciendo conflictos de interés, fortaleciendo la legitimidad del sistema y facilitando su interoperabilidad con esquemas de certificación internacionales.

El sistema propuesto se organiza en tres niveles complementarios: (i) nivel estratégico, (ii) nivel operativo y (iii) nivel de supervisión y aseguramiento, los cuales interactúan de manera coordinada bajo un marco de gobernanza claro y transparente.

FIGURA 7. Sistema de certificación propuesto para Chile



Fuente: elaboración propia.



Nivel Estratégico: Coordinación y liderazgo político

Ministerio de Energía (MEN): Actúa como autoridad competente y coordinador general del sistema.

Su función principal es establecer el marco normativo, emitir los reglamentos del esquema de certificación, y designar al organismo emisor del Registro Nacional de Certificación.

Además, lidera la coordinación interministerial y garantiza que la certificación se alinee con las políticas energéticas, climáticas e industriales del país, así como con la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde.

El MEN también es responsable de asegurar la interoperabilidad internacional, promoviendo la equivalencia y reconocimiento mutuo del sistema chileno con esquemas extranjeros.

El objetivo es que los certificados de sostenibilidad emitidos en Chile sean reconocidos por la Unión Europea y otros mercados internacionales.

Comité Interministerial: Integrado por los ministerios de Energía, Medio Ambiente, Economía, Cancillería y Hacienda, este comité cumple una función articuladora y de gobernanza.

Su misión es garantizar la coherencia regulatoria y política entre las dimensiones energética, ambiental, comercial y fiscal del sistema, evitando duplicidades institucionales y asegurando la coordinación con los compromisos internacionales. Asimismo, sirve como instancia de validación de los lineamientos estratégicos del sistema y de su adecuación a los marcos de cooperación internacional y comercio exterior.

Nivel Operativo: Implementación técnica del sistema

Operador de la plataforma nacional de certificación: Actúa como organismo emisor de los certificados de sostenibilidad y administrador de la plataforma nacional encargada de recopilar, verificar y resguardar la información de las instalaciones productoras de hidrógeno y derivados.

Su función es registrar proyectos, gestionar los flujos de datos (producción, consumo, emisiones, trazabilidad) y emitir los certificados que acreditan el cumplimiento de los criterios técnicos y ambientales.

El Registro opera bajo la supervisión del MEN y en coordinación con los Organismos de Evaluación de Conformidad (OEC) y el Instituto Nacional de Normalización (INN). Instituto Nacional de Normalización (INN): El INN cumple un rol de soporte técnico y armonización normativa.

Desarrolla normas nacionales basadas en estándares internacionales para asegurar que los procedimientos del sistema sean equivalentes a los exigidos en los mercados internacionales.

Además, participa en la acreditación de los OEC y en la definición de guías técnicas que garanticen coherencia entre las verificaciones locales y las exigencias de los compradores internacionales.

Organismos de Evaluación de Conformidad (OEC): Los OEC son entidades técnicas independientes responsables de verificar el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad definidos por el sistema chileno.

Sus funciones incluyen:

- Auditar y validar la elegibilidad de las instalaciones para acceder al registro nacional.
- Verificar la información técnica y ambiental (volúmenes de producción, consumo energético, huella de carbono, uso de agua, trazabilidad de insumos, etc.).
- Emitir informes de conformidad o no conformidad, que sirven de base para la emisión de los certificados por parte del Registro.

Los OEC no tienen poder sancionador ni regulador: su función es evaluar, auditar y certificar técnicamente, garantizando transparencia e independencia dentro del sistema.

Pueden ser entidades nacionales o internacionales, siempre que estén acreditadas por el INN o reconocidas por la autoridad competente.

Nivel de Supervisión y Aseguramiento: Fiscalización y control estatal

Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC): La SEC (u otra institución que se designe) cumple la función de órgano fiscalizador estatal.

Su rol es supervisar la correcta implementación del sistema, verificar el cumplimiento de las normas técnicas y de seguridad, y asegurar la veracidad de la información declarada en el Registro.

A diferencia de los OEC, la SEC sí posee facultades legales de fiscalización, inspección y sanción.

Además, puede auditar la labor de los OEC, revisar la trazabilidad de los certificados y ejercer control externo sobre las entidades acreditadas, fortaleciendo la confianza del sistema.

4.2 HOJA DE RUTA Y CRONOLOGÍA

El sistema nacional de certificación de hidrógeno requiere una visión compartida: un esquema confiable, trazable y reconocido internacionalmente, que garantice sostenibilidad ambiental, social y factibilidad técnica, promueva inclusión del sector privado, fortalezca capacidades nacionales y posicione a Chile como exportador competitivo de hidrógeno certificado. Esta hoja de ruta estructura los pasos necesarios para alcanzar esa visión.

Pilar 1: Gobernanza, institucionalidad y roles claros

Objetivo general: Establecer una arquitectura institucional definida, con roles y responsabilidades claras, garantizar coordinación interinstitucional, asegurar participación multisectorial y dotar al sistema de legitimidad, continuidad y gobernabilidad.

TABLA 4. Pilar 1 para la hoja de ruta en Chile

PILAR	ACCIÓN	ACTOR LÍDER	ACTORES DE APOYO	HORIZONTE	RESULTADO ESPERADO
Gobernanza	Lanzar estudio jurídico de arquitectura institucional y capacidades para el sistema de certificación, incluyendo encuestas a actores públicos, privados, academia y sociedad civil	Ministerio de Energía	MMA, INN, CORFO, gremios, academia, sociedad civil	2026 – 2027	Estudio publicado con alternativas institucionales, roles y brechas de capacidades
Gobernanza	Aprobar mandato formal mediante proyecto de ley o normativa que oficialice la designación de una institución líder y cree un Comité Interministerial Permanente	Ministerio de Energía	Ministerio de Economía, MMA, Hacienda, MINREL	2027–2028	Marco legal o normativo que establece liderazgo y gobernanza formal
Gobernanza	Establecer Consejo Asesor Multiactor y definir su reglamento de funcionamiento y mecanismos de participación	Ministerio de Energía	Sector privado, academia, sociedad civil	2028	Consejo operativo con reglas claras y participación regular en instancias relacionadas con el diseño e implementación del Sistema
Gobernanza	Formalizar estructura de gobernanza del sistema (organigrama, supervisión, apelación, auditoría interna) y definir protocolos institucionales de coordinación, toma de decisiones y articulación intersectorial	Ministerio de Energía	MMA, Aduanas, MTT, MINREL, puertos	2028	Sistema de gobernanza plenamente operativo y protocolos formales de coordinación interinstitucional

Fuente: elaboración propia.

Pilar 2: Marco normativo, técnico y metodológico

Objetivo general: Definir normas, metodologías y protocolos técnicos alineados con estándares internacionales, que permitan medir, verificar y certificar atributos de sostenibilidad, emisiones, trazabilidad y cumplimiento ambiental.

TABLA 5. Pilar 2 para la hoja de ruta en Chile

PILAR	ACCIÓN	ACTOR LÍDER	ACTORES DE APOYO	HORIZONTE	RESULTADO ESPERADO
Marco técnico	Elaborar catálogo de estándares internacionales y análisis de compatibilidad	Ministerio de Energía en coordinación con INN ²	MMA	2026 – 2027	Referencia técnica internacional
Marco técnico	Desarrollar mapa de procesos único entre certificación y SEIA	MMA	SEA, HuellaChile	2027	Claridad de flujos regulatorios
Marco técnico	Diseñar normas técnicas nacionales de certificación	Ministerio de Energía en coordinación con INN	MMA	2027–2028	Base normativa del sistema
Marco técnico	Publicar Guía Nacional de Atributos y abrir consulta pública	Ministerio de Energía	Sector privado, academia, sociedad civil	2028	Transparencia y legitimidad técnica
Marco técnico	Formalizar normativa técnica	Ministerio de Energía	MMA	2028	Normativa técnica oficial vigente
Marco técnico	Establecer sistema de acreditación de verificadores	Ministerio de Energía		2028–2029	Sistema de verificación operativo
Marco técnico	Publicar manuales oficiales de certificación	Ministerio de Energía	Ministerio de Energía	2030	Implementación homogénea del sistema

Fuente: elaboración propia.

² El INN se considera como actor dentro de los responsables considerando que existirá un financiamiento para esta operación.

Pilar 3: Fortalecimiento de capacidades, formación y sistema de verificadores nacionales

Objetivo general: Contar con recursos humanos capacitados, tanto en sector público como privado, para la operación, auditoría, verificación, monitoreo y administración del sistema; reducir dependencia externa y promover desarrollo nacional.

TABLA 6. Pilar 3 para la hoja de ruta en Chile

PILAR	ACCIÓN	ACTOR LÍDER	ACTORES DE APOYO	HORIZONTE	RESULTADO ESPERADO
Capacidades	Diseñar e implementar programa nacional de formación en MRV, trazabilidad y certificación	MMA	Ministerio de Energía, academia, Corfo	2026–2028	Capacidades técnicas fortalecidas
Capacidades	Ejecutar pilotos de acreditación de verificadores	INN	Cooperación internacional	2027–2029	Verificadores nacionales iniciales
Capacidades	Escalar sistema de verificadores y crear su respectivo registro público	Ministerio de Energía en coordinación con INN	MMA	2030–2032	Autonomía nacional de verificación
Capacidades	Evaluar periódicamente brechas y actualizar contenidos formativos	INN	Academia, sector privado	Continuo	Mejora continua del sistema

Fuente: elaboración propia.



Pilar 4: Plataforma digital, trazabilidad e interoperabilidad

Objetivo general: Desarrollar una infraestructura digital transparente, segura y accesible, interoperable con otros sistemas nacionales (ambientales, registro de emisiones, GOs, SEIA, puertos, aduanas), que permita una certificación eficiente.

TABLA 7. Pilar 4 para la hoja de ruta en Chile

PILAR	ACCIÓN	ACTOR LÍDER	ACTORES DE APOYO	HORIZONTE	RESULTADO ESPERADO
Plataforma	Diseñar especificaciones técnicas de la plataforma nacional de certificación	Ministerio de Energía	Institución técnica designada	2026–2027	Diseño funcional completo
Plataforma	Desarrollar y desplegar prototipo de la plataforma	Institución técnica designada	Ministerio de Energía	2027–2028	Plataforma piloto operativa
Plataforma	Ejecutar pilotos de uso de la plataforma con actores	Institución técnica designada	Sector privado	2028–2029	Plataforma ajustada y validada
Plataforma	Establecer modelo financiero y tarifario equitativo del uso de la plataforma	Ministerio de Energía	Hacienda, CORFO	2029–2030	Sostenibilidad financiera del sistema
Plataforma	Lanzar plataforma a nivel nacional	Ministerio de Energía	Institución técnica designada	2029	Plataforma oficial operativa
Plataforma	Mantener soporte, interoperabilidad y mejora continua	Institución técnica designada	Ministerio de Energía	2030–2035	Plataforma actualizada e interoperable

Fuente: elaboración propia.



Pilar 5: Diplomacia técnica, comercio internacional y reconocimiento mutuo

Objetivo general: Asegurar que el sistema nacional esté alineado con estándares internacionales, que los certificados sean reconocidos en mercados de exportación, y que Chile juegue un rol activo en la definición de reglas globales, promoviendo su competitividad exportadora de hidrógeno certificado.

TABLA 8. Pilar 5 para la hoja de ruta en Chile

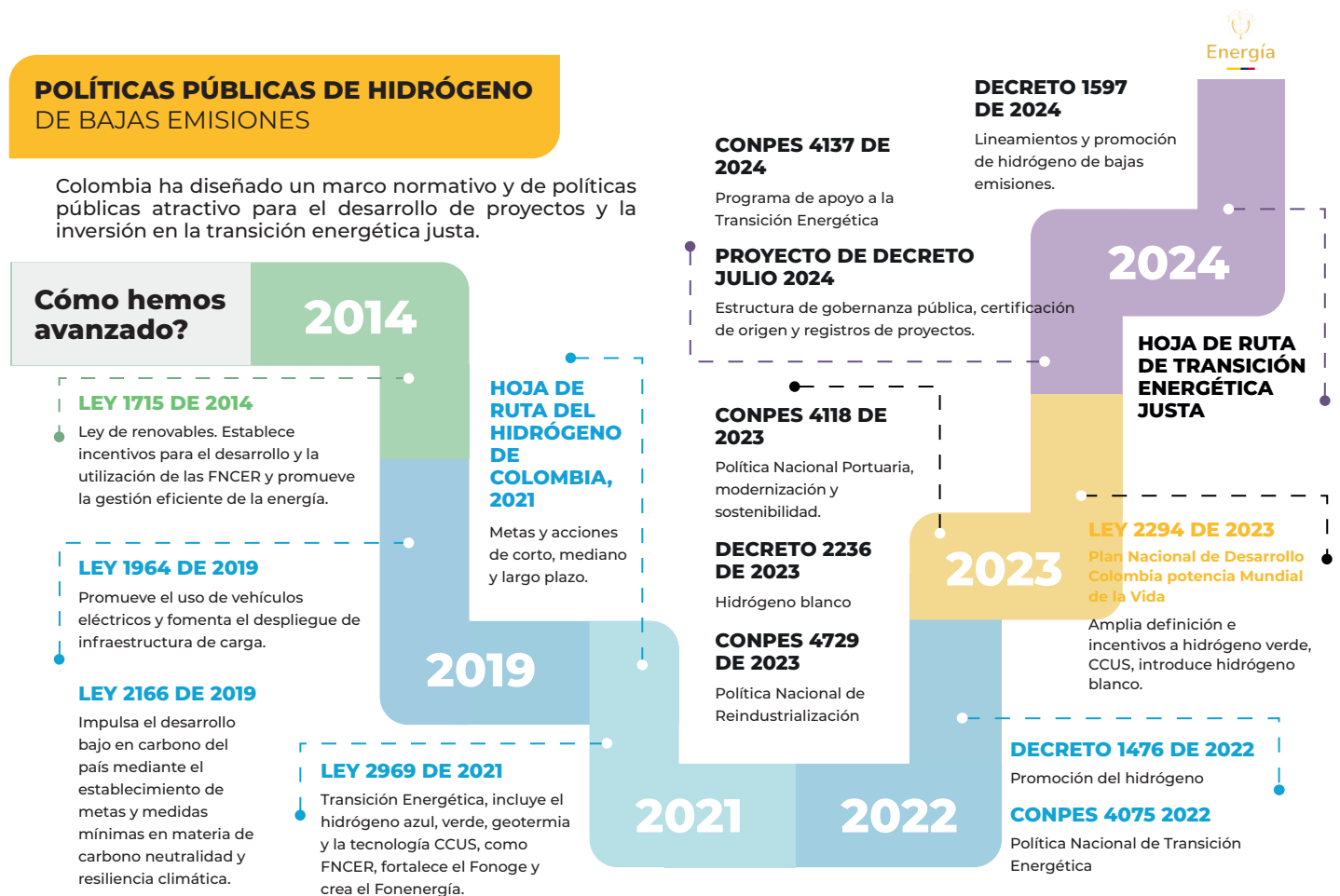
PILAR	ACCIÓN	ACTOR LÍDER	ACTORES DE APOYO	HORIZONTE	RESULTADO ESPERADO
Diplomacia	Mapear mercados de destino y requisitos técnicos y comerciales	Ministerio de Energía	MINREL	2026–2027	Mercados prioritarios identificados
Diplomacia	Participar activamente en foros internacionales relevantes	Ministerio de Energía	MINREL, MMA	2026–2027	Inserción internacional activa
Diplomacia	Negociar acuerdos de reconocimiento mutuo con mercados prioritarios	MINREL	Ministerio de Energía	2027–2028	Acuerdos de reconocimiento en negociación
Diplomacia	Adaptar normativa interna a requisitos internacionales	Ministerio de Energía	INN, MMA	2028	Normativa interoperable
Diplomacia	Desplegar estrategia comercial-diplomática de hidrógeno certificado	MINREL	ProChile, Invest Chile	2028–2035	Oficialización de la estrategia

Fuente: elaboración propia.

5- HOJA DE RUTA PARA LA CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES EN COLOMBIA

El desarrollo del hidrógeno de bajas emisiones en Colombia se enmarca en una estrategia nacional de transición energética justa y descarbonización, con un enfoque prioritario en la inserción del país en mercados internacionales altamente regulados. A través del proyecto, Colombia ha buscado construir el puente para transitar desde la formulación de políticas públicas hacia la creación de instrumentos operativos que habiliten el acceso efectivo al mercado europeo, donde la certificación de origen no es opcional, sino un requisito técnico indispensable.

FIGURA 8. Estrategia nacional de transición energética de Colombia



Fuente: Ministerio de Minas y Energía (MME)

La metodología adoptada para este análisis no es meramente descriptiva, sino que emplea un enfoque funcional por niveles diseñado para garantizar que el hidrógeno producido sea aceptable en el exterior. Este modelo se divide en tres dimensiones: el nivel estratégico, que gestiona la gobernanza, la coherencia normativa y el reconocimiento internacional; el nivel operativo, centrado en la implementación técnica de los sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV); y el nivel transaccional, que se ocupa del registro de certificados, la prevención del doble conteo y la transferencia de atributos ambientales. Este desglose permite evaluar la madurez institucional del país de forma estructurada, separando las funciones políticas de la ejecución técnica.

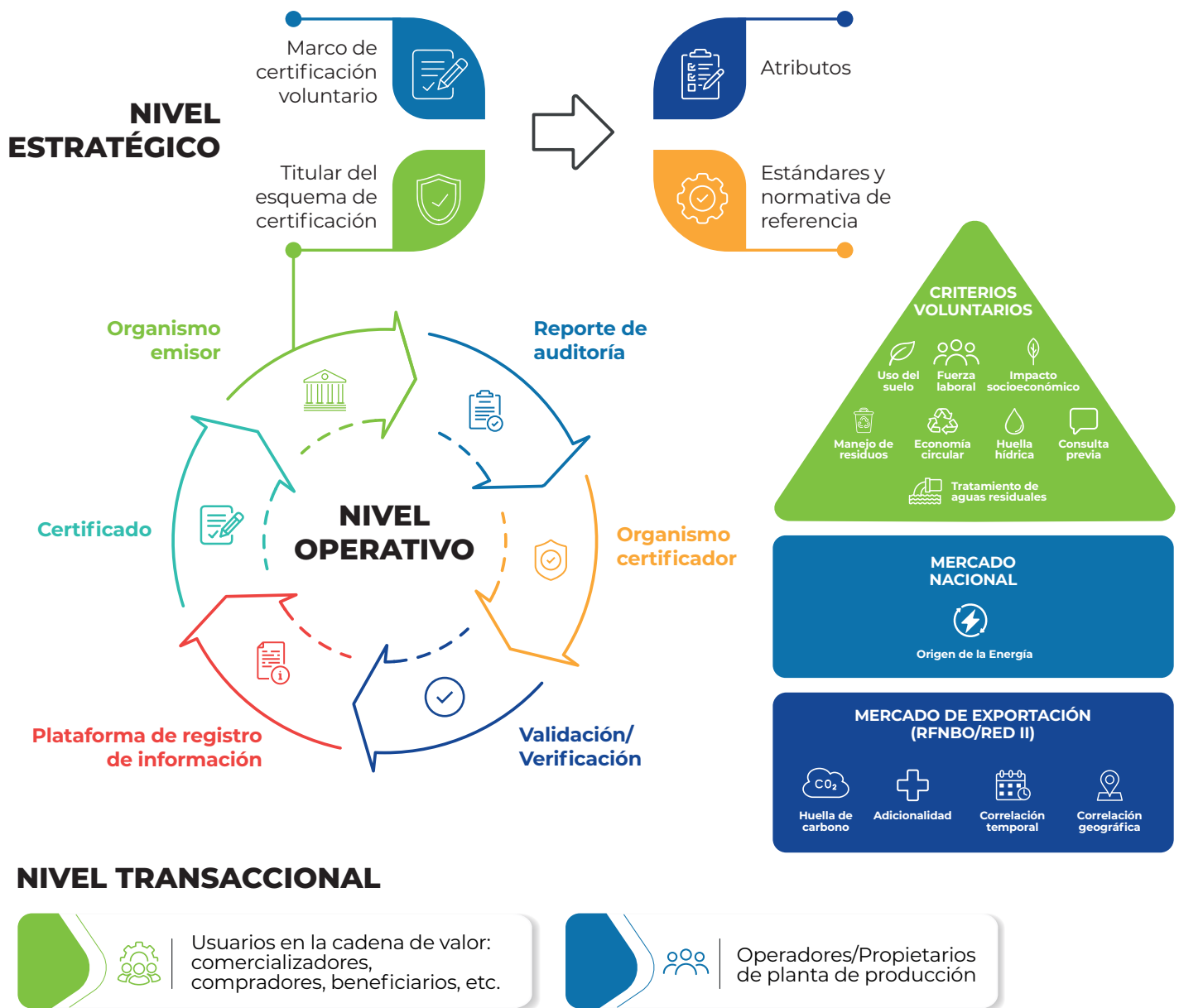
En cuanto al diagnóstico situacional, el informe reconoce que Colombia ha avanzado rápidamente en la creación de un marco habilitante (como la Ley 2099 y la Hoja de Ruta del Hidrógeno de 2021), lo que sitúa al país en una etapa intermedia de madurez. Sin embargo, persiste una brecha significativa entre el diseño normativo y la capacidad operativa real. Mientras que el marco nacional se ha centrado en la promoción del sector, el estándar europeo (basado en la RED III y los criterios RFNBO) exige pruebas rigurosas de adicionalidad, así como correlación temporal y geográfica, sustentadas en verificaciones independientes. Así, la certificación de origen se configura como el elemento crítico que debe armonizar la política pública interna con las exigencias regulatorias externas para posicionar a Colombia como un proveedor confiable.



5.1 ESQUEMA Y SISTEMA DE CERTIFICACIÓN

La arquitectura propuesta para Colombia no es un proceso lineal, sino un ecosistema de gobernanza diseñado bajo un enfoque funcional de tres niveles, cuya finalidad es garantizar que cada molécula de hidrógeno producida cuente con un "pasaporte digital" aceptado en puertos internacionales. Esta estructura soluciona la fragmentación institucional identificada en el diagnóstico y se desglosa de la siguiente manera:

FIGURA 9. Estrategia nacional de transición energética de Colombia

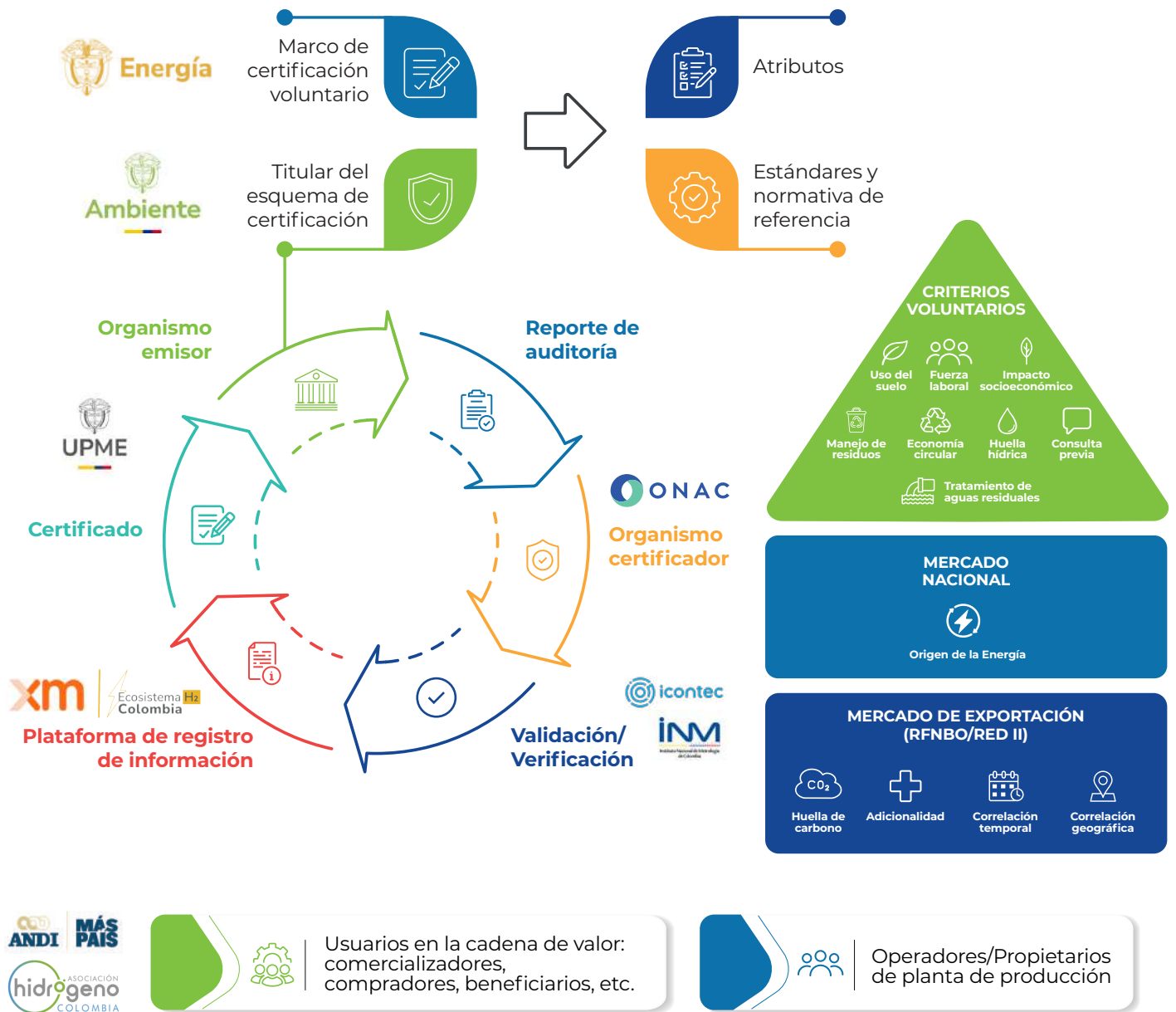


Fuente: elaboración propia.

- **Nivel Estratégico (Rectoría y Normativa):** El Ministerio de Minas y Energía (MME) asume el rol de Autoridad Competente. Su función, según el informe, trasciende la simple regulación; es el encargado de armonizar los umbrales de intensidad de carbono (estableciendo el límite de 3.4 kg CO₂eq/kg H₂ para alinearse con la RED III europea) y de liderar la diplomacia energética para acuerdos de reconocimiento mutuo. Este nivel cuenta con el soporte técnico de la UPME para la planeación y el Ministerio de Ambiente para la validación de salvaguardas ambientales y gestión hídrica, asegurando que el esquema sea coherente con la Taxonomía Verde de Colombia.
- **Nivel Operativo (Infraestructura de la Calidad):** Es el corazón técnico del sistema. Se basa en el SICAL (Sistema Nacional de Calidad), donde el ONAC acredita a los Organismos de Evaluación de la Conformidad. Estos organismos son los encargados de aplicar el modelo de Medición, Reporte y Verificación (MRV) detallado en el documento macro. Este modelo exige que la captura de datos sea robusta y auditable, verificando no solo la huella de carbono "Well-to-Gate", sino también los criterios de adicionalidad y correlación temporal/geográfica, exigencias críticas de los actos delegados de la Unión Europea que el informe desarrolla extensamente.
- **Nivel Transaccional (Gestión de Atributos y GO):** El informe propone un sistema de Garantías de Origen (GO) que desvincula el atributo ambiental del flujo físico del gas. Para garantizar la transparencia, se sugiere que el administrador del registro (como XM) opere una plataforma digital centralizada que gestione el ciclo de vida de los certificados: expedición (tras validación del MRV), transferencia (mercado secundario) y redención (uso final). Un punto clave del documento de 60 páginas es la interoperabilidad nacional e internacional, asegurando que el registro colombiano pueda "hablar" con sistemas como CertHiLAC y la Union Database de la UE, evitando así la doble contabilidad de beneficios ambientales.

La consolidación de esta arquitectura funcional, que integra la rectoría del Ministerio de Minas y Energía con la robustez técnica del sistema de acreditación y la transparencia de las Garantías de Origen, constituye el cimiento necesario para la operatividad del sector. Sin embargo, el paso de este diseño conceptual a una infraestructura plenamente reconocida por mercados como el europeo exige una transición estructurada. Por ello, la viabilidad del esquema depende de una ejecución secuencial que permita probar la normativa en entornos controlados, fortalecer las capacidades institucionales y escalar el modelo de forma que garantice la bancabilidad de los proyectos de hidrógeno a largo plazo.

FIGURA 10. Propuesta de un posible modelo de gobernanza para la certificación en Colombia



Fuente: elaboración propia.

El Modelo de Medición, Reporte y Verificación (MRV) y Sostenibilidad

Un diferencial clave del informe de Colombia es la definición técnica del Modelo MRV, el cual actúa como el "motor de evidencias" del sistema. Este no se limita a medir el volumen de hidrógeno, sino que establece protocolos para la captura de datos de alta fidelidad que permitan demostrar ante la Comisión Europea el cumplimiento de los Actos Delegados de la RED III.

- **Trazabilidad y Límites del Sistema (System Boundaries):** El informe detalla que la certificación colombiana adoptará un enfoque de ciclo de vida "Well-to-Gate". Esto significa que el MRV debe reportar no solo las emisiones en la electrólisis, sino también las asociadas a la captación de agua, el transporte de energía y cualquier insumo previo. Este rigor técnico es lo que garantiza que el hidrógeno pueda ser clasificado como RFNBO (Combustible Renovable de Origen No Biológico).
- **Adicionalidad y Correlación:** El sistema de certificación integrará mecanismos para verificar que la electricidad renovable utilizada sea "adicional" (proveniente de activos nuevos) y que exista una correlación temporal y geográfica. El informe sugiere que Colombia debe prepararse para una granularidad de medición horaria, alineándose con las exigencias europeas más estrictas que entrarán en vigor hacia 2030.

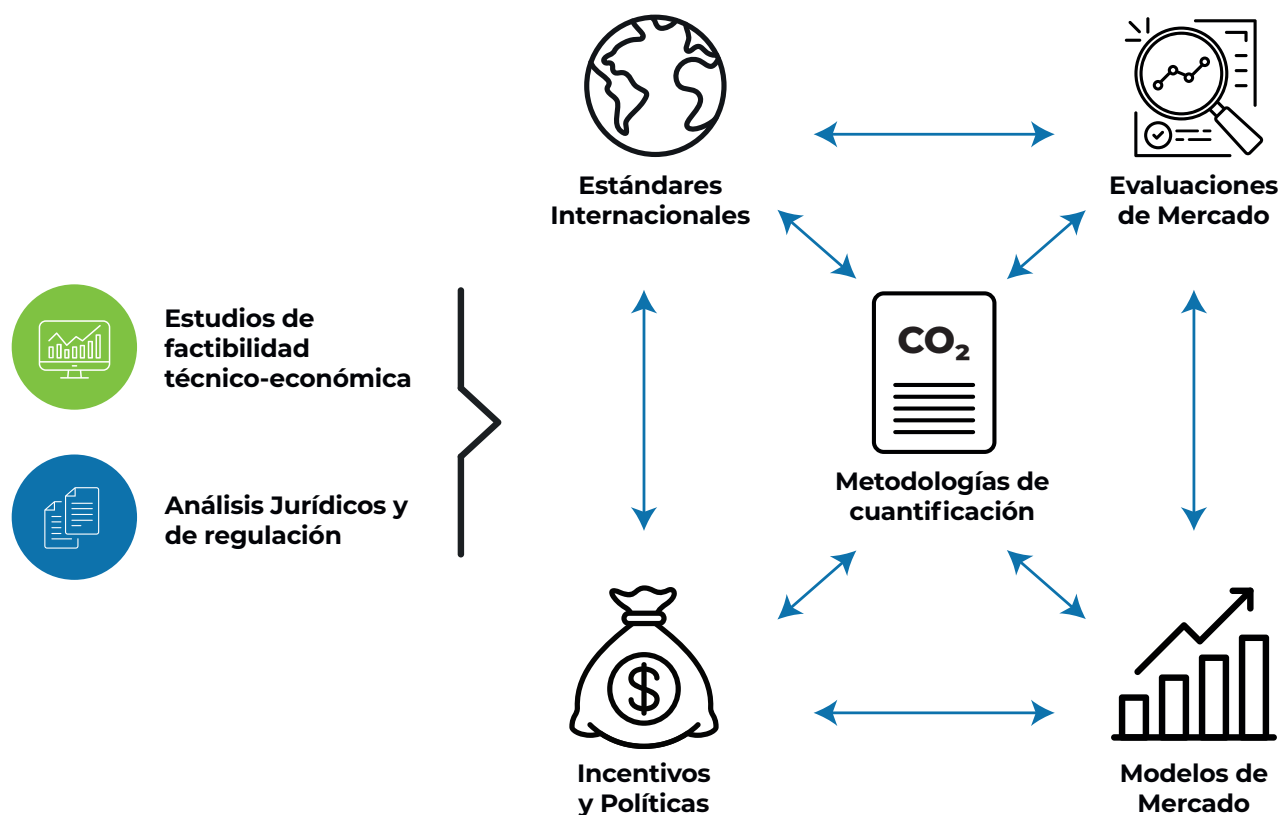
Salvaguardas Sociales, de Género y Ambientales

A diferencia de otros esquemas puramente energéticos, también se refiere para Colombia, el poder enfatizar que la certificación debe ser integral. Esto incluye:

- **Gestión Hídrica:** Dado el estrés hídrico potencial en regiones como La Guajira, el sistema de certificación exige reportar el origen y tratamiento del agua, priorizando fuentes no competitivas con el consumo humano (desalinización).
- **Salvaguardas Sociales y de Género:** El informe recomienda que el esquema de certificación incluya indicadores de impacto social y equidad de género, convirtiendo estos atributos en un "premium" o valor agregado para el hidrógeno colombiano en el mercado global, alineándose con la Taxonomía Verde de Colombia.



FIGURA 11. Habilitantes de estudios multivariable en Colombia



Fuente: elaboración propia.

5.2 HOJA DE RUTA Y CRONOLOGÍA PARA LA CERTIFICACIÓN

La hoja de ruta propuesta para Colombia no es un evento único, sino un proceso incremental que busca mitigar riesgos regulatorios y tecnológicos a medida que el mercado de hidrógeno madura. El documento macro establece tres fases críticas, lideradas por el Ministerio de Minas y Energía (MME), diseñadas para asegurar que la infraestructura de calidad del país sea capaz de emitir certificados con validez global.

Fase I: Preparación Institucional y Diseño Normativo (2025 - 2026) El primer horizonte se centra en el fortalecimiento de la base legal y técnica. El informe destaca que la prioridad absoluta es la expedición de la reglamentación técnica que defina los umbrales de intensidad de carbono y los criterios de sostenibilidad específicos para Colombia, alineados con la normativa europea. Durante este periodo, se debe formalizar la gobernanza del sistema, asignando roles claros al ONAC para la acreditación y definiendo al administrador del registro de Garantías de Origen (GO). Es la etapa de creación de los "planos" del sistema, donde se establecen los protocolos de Medición, Reporte y Verificación (MRV) que los desarrolladores de proyectos deberán seguir.

Fase II: Pilotaje y Aprendizaje a través del Sandbox Regulatorio (2026 - 2027)

Una vez establecida la base normativa, el documento propone una fase de validación práctica. El instrumento estrella de esta etapa es el Sandbox Regulatorio, un entorno controlado donde proyectos piloto reales pueden probar el sistema de certificación bajo condiciones flexibles. Esto permite al MME y a las entidades involucradas identificar cuellos de botella en la captura de datos y ajustar los protocolos de auditoría antes de una implementación masiva. En este horizonte se espera el desarrollo y puesta en marcha de la plataforma digital para el Registro Nacional de Garantías de Origen, permitiendo las primeras emisiones experimentales de certificados de bajas emisiones.

Fase III: Escalamiento Comercial y Reconocimiento Internacional (2028 en adelante)

El objetivo final de la cronología es alcanzar la interoperabilidad plena y el reconocimiento mutuo. En esta fase, el esquema colombiano debe buscar la homologación formal ante la Comisión Europea y otros socios comerciales. El informe enfatiza que el sistema debe estar en capacidad de operar de forma comercial y masiva, garantizando que el hidrógeno exportado desde Colombia sea aceptado en el "Union Database" de la UE. La meta es consolidar la certificación como un activo estratégico del país, asegurando que la infraestructura de calidad sea autosuficiente y se adapte a las nuevas tecnologías y derivados del hidrógeno, como el amoníaco verde o los e-fuels.

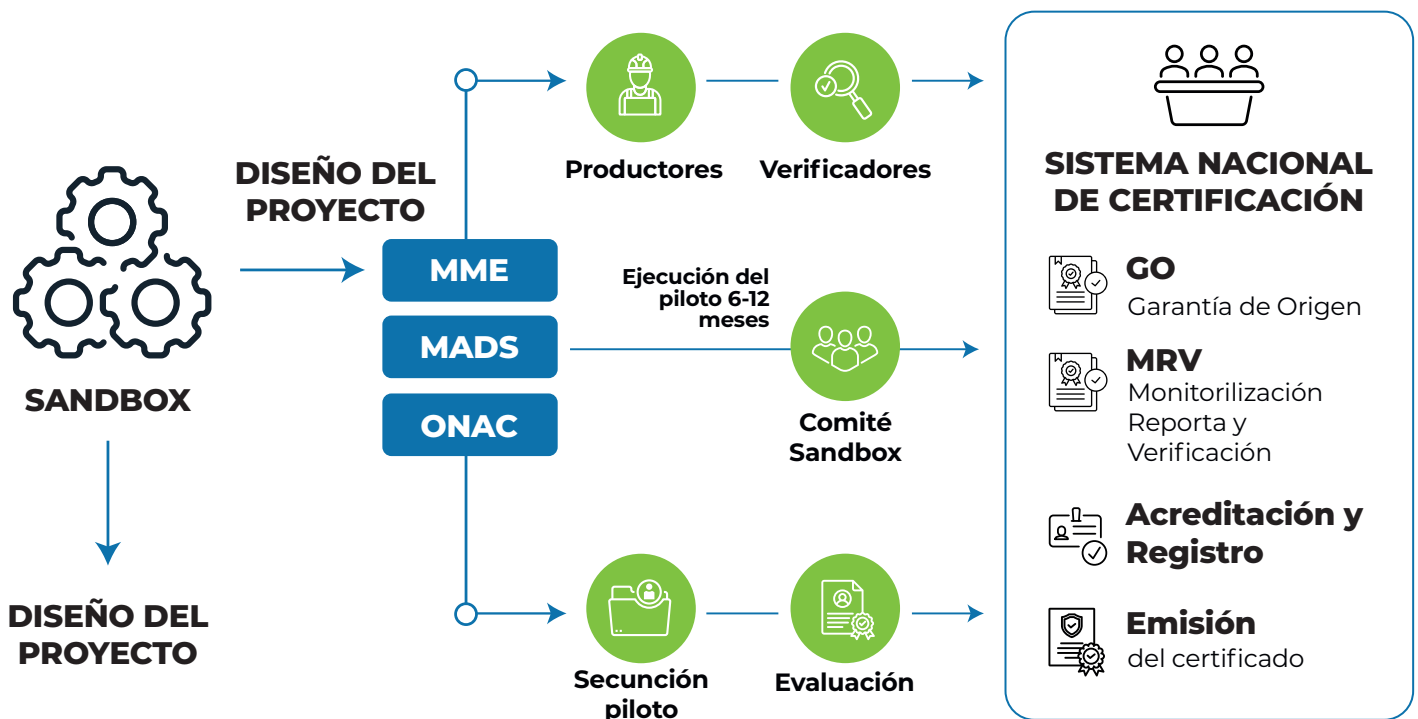
Profundización de la Hoja de Ruta: Sandbox, Riesgos y Valor Agregado

La implementación de los tres horizontes temporales descritos no solo responde a una necesidad de orden administrativo, sino que se apoya en instrumentos de vanguardia diseñados para reducir la incertidumbre en un mercado aún en formación. Uno de los pilares fundamentales que el informe destaca es el uso del Sandbox Regulatorio, basado en el Decreto 1732 de 2021, el cual se posiciona como el espacio de experimentación necesario para que el Ministerio de Minas y Energía y los desarrolladores de proyectos puedan probar la flexibilidad de las normas sin los tiempos prolongados de las reformas legales definitivas. Este entorno controlado permitirá validar en tiempo real cómo la tecnología de medición de los proyectos conversa con la plataforma digital de Garantías de Origen, asegurando que los costos de certificación no se conviertan en una barrera financiera, sino en una inversión justificada por el acceso a mercados premium.

Al mismo tiempo, la ejecución de esta hoja de ruta exige una gestión proactiva de los riesgos de implementación para evitar el estancamiento del sector. El documento identifica que la desalineación con los estándares internacionales, como los cambios frecuentes en los Actos Delegados de la Unión Europea,

representa una amenaza crítica que debe mitigarse mediante la creación de comités técnicos permanentes que mantengan el esquema colombiano actualizado. Asimismo, se subraya la importancia de la ciberseguridad en la infraestructura digital del registro, garantizando que la transferencia de atributos ambientales esté blindada contra cualquier intento de fraude o doble contabilidad, lo que a su vez refuerza la confianza de los inversionistas extranjeros.

FIGURA 12. Modelo de propuesta de inclusión de un Sandbox en Colombia



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el éxito de la cronología propuesta radica en transformar la percepción de la certificación: dejar de verla como una carga burocrática para posicionarla como un "Activo País". Al integrar salvaguardas ambientales, sociales y de género desde las fases tempranas, Colombia no solo estará exportando moléculas de hidrógeno, sino un estándar de sostenibilidad integral. Este enfoque garantiza que, al llegar al horizonte de 2028, el sistema no solo sea operativamente robusto y financieramente autosuficiente mediante un modelo de sostenibilidad propio, sino que el hidrógeno colombiano sea reconocido globalmente como un producto de valor superior, plenamente bancable y alineado con la Taxonomía Verde nacional.

Recomendaciones Estratégicas para la Implementación

El cierre del informe macro establece que la consolidación del hidrógeno en Colombia no depende únicamente de la tecnología, sino de una ejecución coordinada que evite la fragmentación de esfuerzos. El Capítulo VI enfatiza que la primera recomendación crítica es la armonización normativa inmediata, instando al Ministerio de Minas y Energía a expedir los actos administrativos que cierren la brecha entre la Ley 2099 y las exigencias de la RED III europea. Esto incluye la definición de reglas claras para los derivados (como el amoníaco y los e-fuels), integrando balances de masa y controles de atributos a lo largo de toda la cadena de suministro para evitar rediseños costosos en el futuro.

Asimismo, se recomienda institucionalizar el Sandbox Regulatorio no como una fase transitoria, sino como un mecanismo de aprendizaje continuo. Este instrumento debe permitir al país adaptarse ágilmente a los cambios en los estándares internacionales y a las nuevas tecnologías sin comprometer la estabilidad jurídica del esquema. El informe sugiere que este espacio sea el laboratorio donde se ajusten los protocolos de Medición, Reporte y Verificación (MRV), asegurando que el sistema sea técnica y financieramente sostenible a largo plazo, posiblemente mediante modelos de financiamiento que no dependan exclusivamente del presupuesto estatal.

Finalmente, el documento concluye que es imperativo desarrollar una narrativa de "Activo País". La certificación no debe comunicarse como un obstáculo burocrático para el sector privado, sino como la llave de competitividad que garantiza la bancabilidad de los proyectos y la confianza del mercado internacional. Al alinear las expectativas entre las entidades públicas, los desarrolladores y la cooperación internacional, Colombia podrá asegurar que su sistema de certificación sea creíble, transparente y, sobre todo, interoperable con los grandes centros de demanda global, posicionando al país como un líder confiable en la economía del hidrógeno.



6- HOJA DE RUTA PARA LA CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES EN PANAMÁ

El trabajo desarrollado en Panamá durante 2025 consistió en un proceso investigativo y participativo orientado a construir la base técnica para una hoja de ruta de certificación del hidrógeno verde y sus derivados. El punto de partida fue analizar cómo asegurar que los productos producidos en Panamá puedan ser reconocidos o certificables para acceder al mercado europeo, por lo que se tomó como referencia la necesidad de coherencia con el paquete regulatorio y metodológico de la Unión Europea.

La hoja de ruta se sustentó en (i) una línea base país construida mediante levantamiento documental de normativas vigentes y en desarrollo, y del ecosistema de hidrógeno verde (proyectos, sectores interesados y estudios), (ii) los insumos del taller nacional realizado en agosto de 2025 con actores clave, (iii) resultados de una encuesta a actores estratégicos estructurada bajo una metodología consensuada entre países piloto, y (iv) referencias técnicas complementarias como la “Propuesta estratégica para sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados en Chile” desarrollado por la GIZ y estudios específicos de Panamá.

Un hallazgo central del análisis fue que, por la vocación logística del país, la certificación debe considerar operaciones de importación, tránsito y bunkering, además del desarrollo progresivo de capacidades para producción local y exportación. En ese marco, el trabajo concluyó que una vía inicial y práctica es priorizar soluciones aplicables a importación, almacenamiento y bunkering, mientras se avanza en el fortalecimiento gradual del marco institucional, normativo y la infraestructura requerida para un sistema nacional.

FIGURA 13. Imagen del taller en Ciudad de Panamá, Panamá



El diagnóstico identificó áreas críticas que Panamá debe resolver para contar con un sistema de certificación con reconocimiento internacional. A continuación, se presentan las brechas y las acciones sugeridas, conectando cada brecha con componentes concretos del sistema como gobernanza, normas, MRV, registro y garantías de origen (GO), infraestructura de calidad y permisos.

TABLA 9. Resumen de las principales brechas identificadas y acciones sugeridas en Panamá

<p>1. Marco legal y regulatorio incompleto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falta un marco integral para regular H₂ y derivados, incluyendo requisitos técnicos y de seguridad alineados con estándares internacionales. • Entre las acciones sugeridas están: armonizar normativa y desplegar progresivamente requisitos de seguridad, medición y reporte.
<p>2. MRV y certificación no operativos a escala país</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de un esquema consolidado con reglas, procedimientos, auditoría/verificación y capacidad acreditada para resultados aceptables en mercados exigentes.
<p>3. Trazabilidad y plataforma digital (cadena de custodia)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere una plataforma y registro que rastree atributos, lotes y transferencias y evite la doble contabilidad, siendo esta muy relevante en operaciones logísticas. • Al respecto se recomienda desarrollar un registro digital y de GO con emisión, transferencia, redención y controles anti-doble conteo, considerando la interoperabilidad en los casos que aplique.
<p>4. Metodologías de huella (LCA/ISO) y calidad de datos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario adoptar y operar metodologías consistentes para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros impactos considerando el sector agua y capacidades para auditar datos. • Es importante integrar estas metodologías dentro del sistema MRV y reforzar capacidades de verificación considerando a metrología y ensayos cuando aplique.
<p>5. Gobernanza y coordinación interinstitucional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere fortalecer coordinación, roles y procesos para evitar duplicidades y asegurar que el sistema funcione como una cadena. • Se recomienda establecer un mandato formal, para conformación de un comité técnico interinstitucional y la elaboración de procedimientos de coordinación y escalamiento, con funciones técnicas distribuidas.
<p>6. Reconocimiento /homologación internacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La ausencia de acuerdos o mecanismos de reconocimiento con esquemas externos limita acceso a mercados si no se logra interoperabilidad o equivalencias. • Es importante definir criterios mínimos de equivalencia como atributos, trazabilidad y redención y habilitar procesos formales de reconocimiento; acompañar con registro y GO y entidades acreditadas que respalden la verificación.
<p>7. Capacidades técnicas e infraestructura (auditoría, laboratorios, metrología)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere fortalecer la oferta de servicios de verificación y capacidades técnicas para sostener el sistema. • Es prioritario robustecer la infraestructura de calidad que contempla las tareas de acreditación, metrología, ensayos, certificación e inspección y formalizar la asignación funcional de los roles del CNA, CENAMEP, OC acreditados, entre otros.

Fuente: elaboración propia.

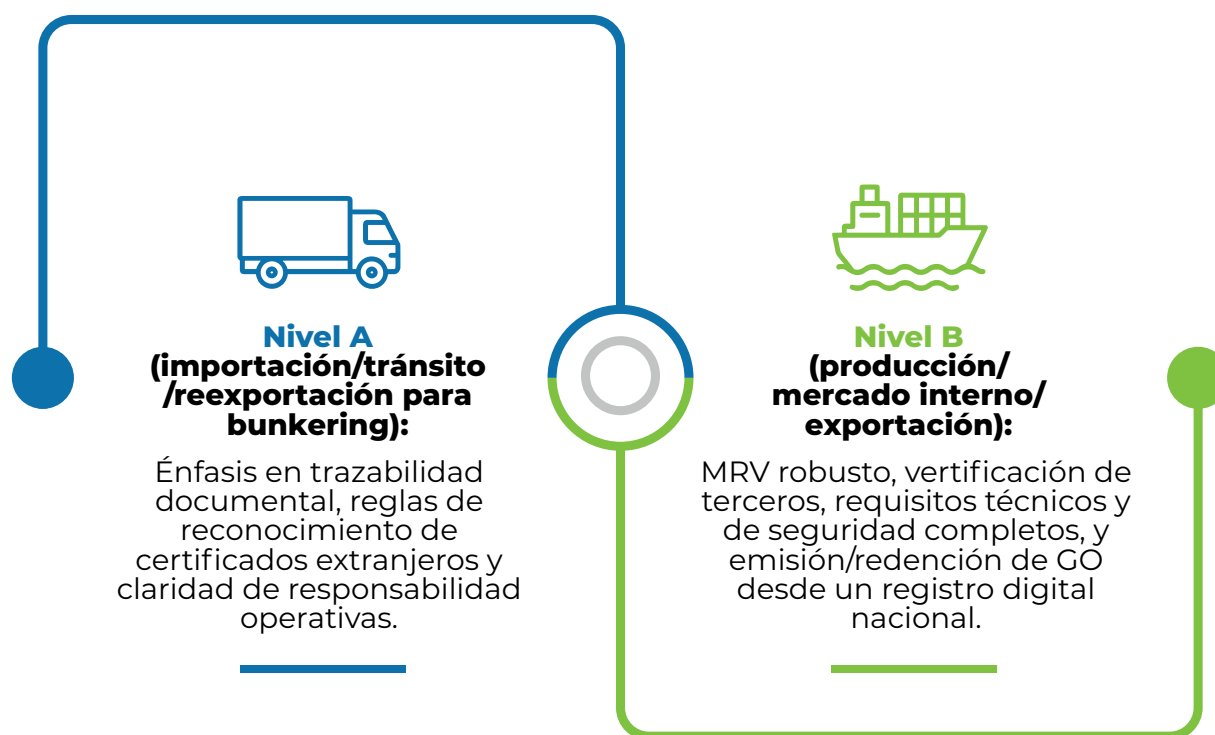
Uno de los aspectos que se identificaron como área a fortalecer, ya que no fue mapeada durante las interacciones con actores nacionales y durante el taller presencial, fueron los aspectos relacionados con considerar una visión ampliada de sostenibilidad, es decir que incluya derechos humanos, enfoque de género, ambiente y clima, mediante salvaguardas, participación y un conjunto de métricas e indicadores que deben ser incorporados a un sistema MRV y al registro. Con ello, además de asegurar el cumplimiento técnico, se refuerzan la credibilidad del sistema y la aceptación social para operar.

6.1 ESQUEMA Y SISTEMA DE CERTIFICACIÓN

El esquema de certificación propuesto se organiza como una arquitectura funcional con gobernanza central y ejecución técnica distribuida. La coordinación recae en la Secretaría Nacional de Energía (SNE), mientras que funciones especializadas se asignan a instituciones competentes como la Dirección General de Normas y Tecnología Industrial (DGNTI), CNA, CENAMEP, MiAmbiente, Ministerio de Salud (MINSA), Autoridad Marítima de Panamá (AMP), Aduanas y Autoridad del Canal de Panamá (ACP), de forma que el sistema combine trazabilidad, control técnico y control y logístico.

Para adaptar el mecanismo al destino del producto y evitar duplicación de trámites, se plantean dos esquemas que operan en paralelo.

FIGURA 14. Propuesta de esquemas de certificación en Panamá



Fuente: elaboración propia.

Esquema 1 – Reconocimiento de certificado extranjero (importación para bunkering y/o reexportación)

Se basa en certificados emitidos fuera del país, alineados con RED II/RFNBO y establece un procedimiento nacional de reconocimiento para habilitar ingreso, almacenamiento, bunkering y reexportación. El énfasis está en la trazabilidad documental, y en la transferencia y redención de atributos, incluyendo la GO cuando corresponda, con responsabilidades operativas claras.

Elementos operativos clave:

- Dictamen de equivalencia/reconocimiento por DGNTI y SNE.
- Registro/seguimiento y gestión de GO para trazabilidad y no doble conteo.
- Soporte de OC y laboratorios acreditados (referencias ILAC/IAF) para robustecer calidad de datos.
- Coordinación operativa (AMP/ACP cuando aplique) y Aduanas para control físico/documental.

Esquema 2 – Certificación nacional para producción en Panamá (destino exportación, especialmente UE)

Aplica a producción local de hidrógeno verde y derivados con foco exportador y requiere un MRV sólido, auditoría de terceros y un registro digital para emitir y redimir GO, con reglas claras de medición y reporte.

Elementos operativos clave:

- SNE coordina y DGNTI desarrolla/armoniza normas técnicas como ISO/ASTM u otras.
- CNA acredita OC/laboratorios y se establecen auditorías periódicas.
- CENAMEP asegura trazabilidad metrológica (calibración/ensayos).
- Permisos y seguridad con autoridades competentes (MiAmbiente, AMP, MINSA, Bomberos, etc.).
- Registro digital/GO y trazabilidad para exportación.

Como criterio práctico, se sugiere distinguir niveles de aplicación como operación logística vs. Producción, para estructurar requisitos y evitar sobrerregulación.

Para facilitar implementación temprana, se plantea evaluar el uso transitorio de certificados de atributos eléctricos, por ejemplo, los I-REC, mientras madura un Registro Nacional de GO de H₂.

Además, se recomienda diseñar compatibilidad con herramientas regionales como CertHiLAC para favorecer interoperabilidad y reducir costos de transacción.

De esta manera, el sistema de certificación no es más que el conjunto de arreglos operativos que permite que el esquema funcione en la práctica. Incluye instituciones responsables, capacidades técnicas, procedimientos, controles y plataformas que aseguran consistencia técnica, trazabilidad y verificabilidad. En Panamá, el sistema puede organizarse en cinco componentes: infraestructura de calidad, sistema MRV y verificación, registro digital y GO, permisos y seguridad, y un flujo mínimo de proceso.

A continuación, los componentes del sistema:

- **Infraestructura de calidad:** comprende la acreditación de organismos de certificación y laboratorios, la metrología (calibraciones, ensayos) y las capacidades nacionales de inspección y certificación necesarias para respaldar resultados confiables.
- **MRV y verificación:** establece qué se monitorea y reporta, cómo se calculan emisiones y otros atributos, y cómo se verifica la información mediante auditorías o terceros independientes, de acuerdo con el nivel de exigencia del mercado destino.
- **Registro digital y GO:** define un registro para administrar atributos (incluidas garantías de origen), con reglas de emisión, transferencia y redención/cancelación, incorporando controles para evitar doble conteo y habilitar interoperabilidad cuando corresponda.
- **Permisos y seguridad:** integra requisitos ambientales, sanitarios y de seguridad industrial, además de controles operativos y logísticos por ejemplo, portuarios y aduaneros, cuando exista manejo, almacenamiento, bunkering o tránsito.



El flujo mínimo del proceso debe incluir:

- 1.** Solicitud y registro del operador/proyecto, definiendo el nivel aplicable y el producto/derivado a certificar.
- 2.** Revisión documental y técnica de información, mediciones y evidencia, incluyendo soporte metrológico y ensayos cuando aplique.
- 3.** Auditoría/inspección por un organismo competente o un tercero acreditado, según el alcance del caso.
- 4.** Emisión del certificado y/o garantías de origen, registro de lotes y trazabilidad de transferencias.
- 5.** Redención/cancelación de atributos por bunkering, consumo o exportación y auditorías de seguimiento con reportes periódicos.

Para operar el sistema se requiere una coordinación central que asegure coherencia y trazabilidad, con funciones técnicas distribuidas entre entidades responsables de: (i) normas y reglas técnicas; (ii) acreditación; (iii) metrología y ensayos; (iv) verificación y auditoría; (v) permisos ambientales y de seguridad; y (vi) control logístico/documental cuando corresponda. Esta estructura permite implementar el sistema de forma gradual, manteniendo la capacidad de ajustar normas y procedimientos conforme evolucionen las exigencias de los mercados y la madurez del sector en el país.

En cuanto a la asignación funcional se sugiere:

TABLA 10. Asignación funcional propuesta en Panamá

INSTITUCIÓN/ACTOR	ROL	ENFOQUE
SNE	Coordinación	Gobernanza y articulación intersectorial.
MICI-DGNTI	Normas/equivalencias	Requisitos técnicos; dictámenes de equivalencia.
CNA (MICI)	Acreditación	Acredita OC y laboratorios.
CENAMEP	Metrología/ensayos	Trazabilidad metrológica; ensayos clave.
MiAmbiente, MINSA, Bomberos	Permisos ambientales y de seguridad	Licencias; salvaguardas y seguimiento, seguridad.
AMP/ACP/Aduanas	Control operativo	Ingreso, almacenamiento, bunkering y reexportación.
OC acreditados	Certificación/verificación	Auditorías; certificados; verificación MRV.

Fuente: elaboración propia.

Reconocimiento de los esquemas en la Unión Europea

Para operar el sistema se requiere una coordinación central que asegure coherencia y trazabilidad, con funciones técnicas distribuidas entre entidades responsables de: (i) normas y reglas técnicas; (ii) acreditación; (iii) metrología y ensayos; (iv) verificación y auditoría; (v) permisos ambientales y de seguridad; y (vi) control logístico/documental cuando corresponda. Esta estructura permite implementar el sistema de forma gradual, manteniendo la capacidad de ajustar normas y procedimientos conforme evolucionen las exigencias de los mercados y la madurez del sector en el país.

- Criterios mínimos de equivalencia como atributos, trazabilidad y redención.
- Registro digital/GO con controles anti-doble conteo e interoperabilidad cuando aplique.
- OC y laboratorios acreditados que respalden calidad de datos y verificación.
- Capacidad de ajustar normas y procedimientos de forma progresiva conforme evolucionen exigencias de mercados.

6.2 HOJA DE RUTA Y CRONOLOGÍA

En cuanto a la implementación progresiva por fases se propone:

FIGURA 15. Fases de implementación del sistema de certificación en Panamá



Fuente: elaboración propia.

En la fase de implementación, se recomienda estructurar el trabajo en paquetes considerando la gobernanza y marco legal; normas técnicas y seguridad; registro digital y GO; auditoría y equivalencias; y pilotos y aplicar una lista de verificación durante los primeros 90 días que contemple: el mandato de coordinación, la conformación del comité técnico, la definición del alcance por niveles, el diseño funcional del registro y la selección de pilotos, junto con un cronograma de normas críticas vinculadas a seguridad, medición y reporte.

En síntesis, Panamá puede acelerar resultados con dos vías: si habláramos de importación el reconocimiento de certificados extranjeros para habilitar el rol logístico en el corto plazo, y construcción gradual de un sistema nacional robusto para producción local y exportación. La coordinación interinstitucional, la infraestructura de calidad y el registro digital son habilitadores críticos para la credibilidad y el reconocimiento externo.

Para ordenar el alcance y evitar sobrerregulación, se sugiere distinguir explícitamente los dos niveles de aplicación sugeridos en el esquema, ya que esta diferenciación permite empezar con soluciones transitorias y pilotos en operaciones logísticas, mientras se construye la infraestructura institucional y técnica necesaria para la certificación plena de producción local.

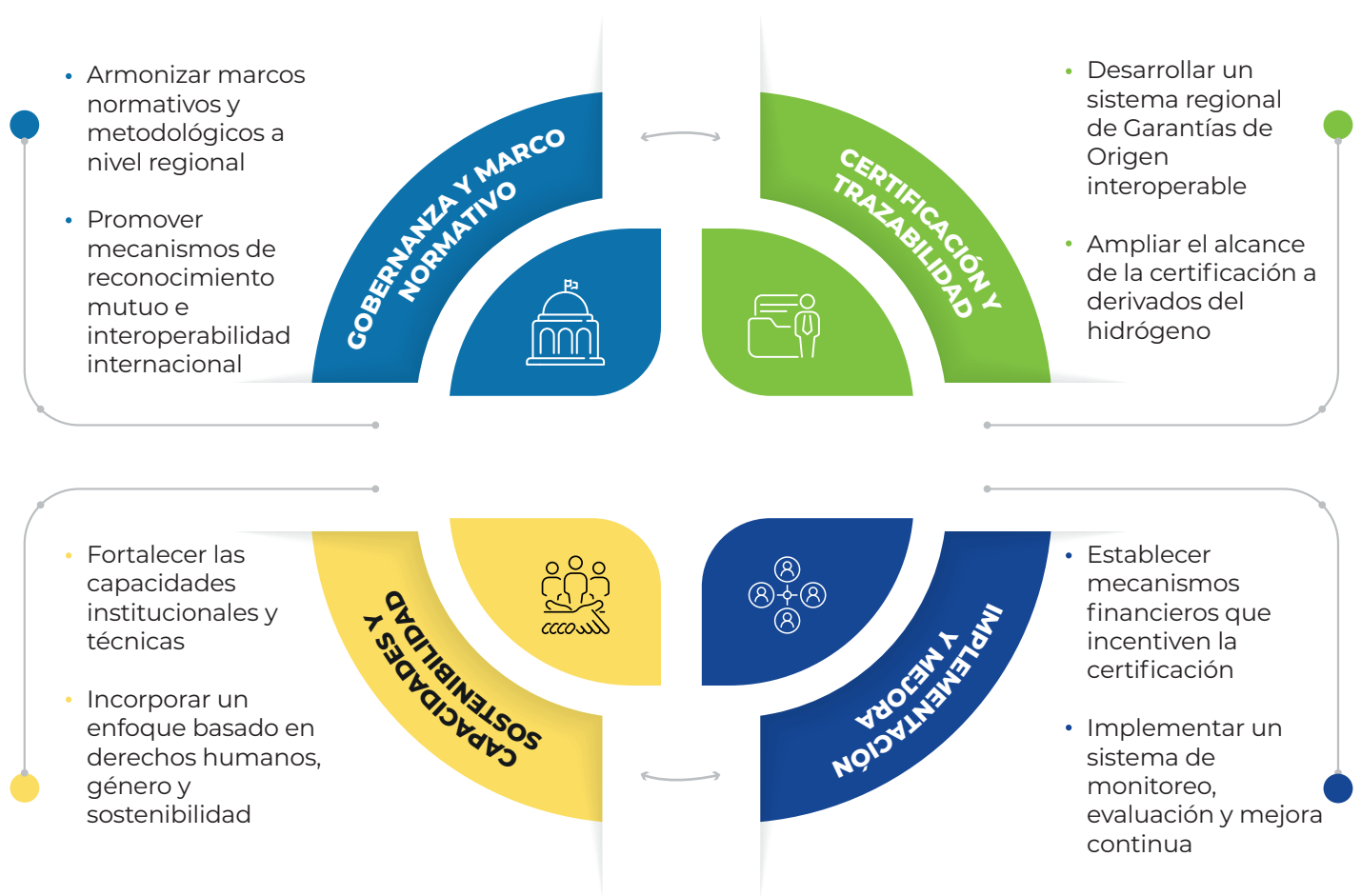


7- RECOMENDACIONES PARA LA CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES EN LA REGIÓN

Para avanzar hacia un sistema de certificación del hidrógeno verde robusto, creíble y reconocido internacionalmente, la región de América Latina y el Caribe debe adoptar un enfoque progresivo, coordinado y alineado con los estándares internacionales, sin perder de vista las realidades institucionales, sociales y ambientales propias de los países de la región.

Bajo este contexto, y considerando las experiencias de los países piloto, se formulan las siguientes recomendaciones estratégicas bajo cuatro ejes principales.

FIGURA 16. Ejes para la certificación en América Latina y el Caribe



Fuente: elaboración propia.

1. Armonizar marcos normativos y metodológicos a nivel regional

Se recomienda promover la convergencia de los esquemas nacionales de certificación bajo un marco metodológico regional común, que establezca definiciones homogéneas de hidrógeno renovable y de bajas emisiones, umbrales de intensidad de carbono, criterios de adicionalidad, temporalidad y localización de la energía renovable, y metodologías de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Esta armonización debe basarse en referencias internacionales como la Directiva RED II/RED III de la Unión Europea, RFNBO, CertifHy, ISO/TS 19870 e IPHE, facilitando el reconocimiento mutuo entre países y el acceso a mercados de exportación.

2. Desarrollar un sistema regional de Garantías de Origen interoperable

Es fundamental avanzar en el diseño e implementación de un Sistema Regional de Garantías de Origen (GO) que permita registrar, rastrear y verificar de forma digital la producción, conversión y uso del hidrógeno verde y sus derivados. Este sistema debe ser interoperable con esquemas internacionales, particularmente europeos, y complementarse con plataformas nacionales de MRV, evitando la fragmentación institucional y asegurando la trazabilidad completa de la cadena de valor.

3. Fortalecer las capacidades institucionales y técnicas

La certificación requiere instituciones sólidas y capacidades técnicas especializadas. Se recomienda invertir en el fortalecimiento de organismos reguladores, entidades de acreditación, verificadores independientes, laboratorios y centros de metrología, promoviendo la acreditación bajo normas ISO relevantes. Iniciativas regionales y redes académicas especializadas pueden desempeñar un rol clave en la formación de capital humano, el intercambio de buenas prácticas y la generación de conocimiento aplicado.

4. Incorporar un enfoque basado en derechos humanos, género y sostenibilidad ambiental

Los esquemas de certificación deben integrar de manera transversal criterios sociales y ambientales, asegurando el respeto a los derechos humanos, la participación de comunidades locales, la equidad de género y la protección de los ecosistemas. En particular, se recomienda prestar especial atención al uso del agua, priorizando la localización de proyectos fuera de zonas de alto estrés hídrico o estableciendo medidas estrictas de gestión eficiente, reutilización y uso de fuentes no convencionales, cuando corresponda.



5. Ampliar el alcance de la certificación a derivados del hidrógeno

Dado que los principales vectores de exportación serán derivados como el amoníaco, metanol y e-fuels, se recomienda ampliar el alcance de los sistemas de certificación para incluir estos productos, considerando un análisis de ciclo de vida extendido cuando corresponda (well-to-consumption gate). Esto permitirá asegurar la coherencia ambiental de toda la cadena y responder a los requisitos de trazabilidad y reporte de emisiones exigidos por los mercados internacionales.

6. Promover mecanismos de reconocimiento mutuo e interoperabilidad internacional

La región debe avanzar de manera coordinada en la negociación de acuerdos de reconocimiento mutuo con esquemas internacionales de certificación, en particular con la Unión Europea. Este proceso requiere coherencia técnica, respaldo institucional y un diálogo permanente con autoridades regulatorias externas, con el objetivo de posicionar a América Latina y el Caribe como un proveedor confiable de hidrógeno verde certificado.

7. Establecer mecanismos financieros que incentiven la certificación

Para reducir las barreras de entrada, se recomienda desarrollar instrumentos financieros y fiscales que incentiven la producción certificada, tales como fondos regionales de apoyo a la certificación, esquemas de cofinanciamiento, asistencia técnica y mecanismos de reducción de costos para pequeños y medianos productores. Herramientas existentes en la región, como CertHiLAC, pueden ser aprovechadas y ampliadas para apoyar estos objetivos.

8. Implementar un sistema de monitoreo, evaluación y mejora continua

Finalmente, se recomienda establecer un mecanismo regional de monitoreo y evaluación del sistema de certificación, que permita revisar periódicamente los criterios técnicos, incorporar avances tecnológicos, ajustar umbrales de emisiones y asegurar la mejora continua del esquema, manteniendo su credibilidad y relevancia a largo plazo.

8- BIBLIOGRAFÍA

- GIZ et al. (2025). Propuesta estratégica para sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados en Chile. Santiago de Chile. En coordinación con el Ministerio de Energía de Chile, en el marco de la iniciativa Team Europe / Global Gateway, financiada por la Unión Europea, AECID y el BMW (Alemania).
- International Energy Agency. (2023). Latin America Energy Outlook 2023. París.
- International Energy Agency. (2024). Global Hydrogen Review 2024. París.
- International Energy Agency. (2024). World Energy Outlook 2024. París.
- Ministerio de Energía de Chile. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. Santiago de Chile.
- Ministerio de Energía de Chile. (2024). Hoja de Ruta Energía 2024 – 2050. Santiago de Chile.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2021). Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia. Bogotá.
- Secretaría de Energía de Argentina. (2023). Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno. Buenos Aires.
- Secretaría Nacional de Energía de Panamá. (2022). Fase 1 de la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde de Panamá. Ciudad de Panamá.
- Secretaría Nacional de Energía de Panamá. (2023). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y Derivados de Panamá. Ciudad de Panamá.



CERTIFICACIÓN DE HIDRÓGENO DE BAJAS EMISIONES:

EL PASAPORTE VERDE DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE HACIA LOS MERCADOS GLOBALES



Unión Europea

