

Servicios de la Infraestructura de la Calidad

para **Hidrógeno Verde** en Colombia



*Situación actual y
necesidades de
fortalecimiento*

Realizado bajo el marco del proyecto:

*Fomento del Subsistema Nacional de la Calidad SICAL
para promover la economía circular en Colombia*

ARTICAL III

Contenido

	Abreviaciones	6
	Introducción	10
01.		13
La situación legal e institucional en el área de H2v y los actores relevantes		
02.		28
Proyectos de cooperación internacional y proyectos piloto nacionales		
2.1	Proyectos de cooperación internacional	28
2.2	Proyectos piloto nacionales	31
03.		37
El Subsistema de la Calidad (SICAL) y su importancia para el desarrollo de H2v		
04.		43
La situación en los servicios metroológicos para la cadena de Valor de H2v y las brechas principales		
4.1	Capacidades en análisis de gases para la industria del Hidrógeno	43
4.2	Análisis de gas	44
4.3	Las necesidades y brechas en flujo, presión y temperatura	44
4.4	Potencia de energía y Calidad de la energía	45
4.5	Conclusiones para el desarrollo de la metrología	51
05.		52
La situación en la normalización y las brechas existentes		

06.		56
La situación de los laboratorios y las necesidades de ampliar los servicios de acreditación		
07.		60
Necesidades de la protección contra explosiones		
08.		64
Conclusiones (Priorización de las soluciones)		
8.1	Metrología	64
8.2	Normalización	66
8.3	Acreditación y Evaluación de Conformidad	66
8.4	Seguridad, protección contra explosiones y regulaciones	67
8.5	Coordinación y colaboración IC, Gobierno, industria y centros de I+D+i	68
8.6	Intercambio de experiencias en América Latina y el Caribe	68
8.7	Algunas observaciones finales	69
09.		71
Anexos		
Anexo 1	Proyectos H2v en Colombia	72
Anexo 2	NTC en vigor para Hidrógeno	73
Anexo 3	Laboratorios acreditados por ONAC con capacidades potenciales o asociadas al hidrógeno	85
Anexo 4	Experiencias de ONAC en la acreditación de organismos de certificación e inspección en áreas relevantes para gas	87
	Referencias	89
	Links	92

Abreviaciones

AHK	Außenhandelskammer Kolumbien <i>Cámara Colombo Alemana de Industria y Comercio, Bogotá</i>
ALC	América Latina y el Caribe
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASOCEC	Asociación Colombiana de Organismos de Evaluación de la Conformidad
ASTM	Advancing Standards. Transforming Markets, <i>Organización norteamericana de normalización</i>
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. <i>Asociación Federal de la Industria Alemana</i>
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMZ	Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo
CIC	Comisión Intersectorial de la Calidad
CMC	Calibration and Measurement Capabilities
CTN	Comité Técnico Nacional, ICONTEC
CV	Cadena de Valor
CVC	Cadena de Valor Circular
DCP	Dirección de Competitividad y Productividad del MinCIT

DNP	Departamento Nacional de Planeación
EC	European Commission
EPM	Empresas Públicas de Medellín
EU	European Union
GG	Grupo Gestor
GIZ	Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit mbH
H ₂	Hidrógeno
H ₂ V	Hidrógeno verde
IC	Infraestructura de la Calidad
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IEA	International Energy Agency Agencia Internacional de Energía
IEC	International Electrotechnical Commission
INVIMA	Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos
INM	Instituto Nacional de Metrología de Colombia
INVIAS	Instituto Nacional de Vías
IRENA	International Renewable Energy Agency Agencia Internacional de Energías Renovables
ISO	International Organisation for Standardisation

IZ	Internationale Zusammenarbeit der PTB
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau <i>Banco de Desarrollo, Alemania</i>
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MME	Ministerio de Minas y Energía
MinCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
MR	Material de Referencia
MRC	Material de Referencia Certificado
NTC	Norma Técnica Colombiana
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia
PSC	Project Steering Committee
PT	Proficiency Test <i>Ensayo de Aptitud</i>
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PTP	Programa de Transformación Productiva
RAEE	Residuos de aparatos electro-electrónicos
RCM	Red Colombiana de Metrología
RIA	Regulatory Impact Assessment
RT	Regulación técnica
SDG	Sustainable Development Goal

SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
Sequa	Stiftung für wirtschaftliche Entwicklung und berufliche Qualifizierung Fundación para desarrollo económico y calificación profesional
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
SICAL	Subsistema Nacional de la Calidad
SIDOC	Siderúrgica del Occidente S.A.
TGI	Transportadora de Gas Internacional United Nations Industrial Development Organisation
UNDP	United Nations Development Program

Introducción

Colombia se ha posicionado como uno de los países líderes en América Latina en el desarrollo de la producción, transporte y uso de hidrógeno verde (H2v)¹. El documento CONPES 4075² sobre Transición Energética, editado en 2022, destaca la importancia de impulsar este vector energético en el país. En ese mismo año, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del gobierno del Reino Unido, se publicó la Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia, la cual establece como meta, para el año 2050, destinar un 60% del H2v a consumo nacional y exportar el 40% restante.

Desde el inicio de la estrategia nacional hacia una transición energética justa, se han fortalecido los vínculos de cooperación entre los gobiernos de Colombia y Alemania. En este contexto, el 16 de junio de 2023, se firmó en Berlín la “Alianza para el Clima y una Transición Energética Justa”³, que consolida una colaboración estratégica entre ambos países. Con el respaldo del Ministerio Federal de Economía y Acción Climática de Alemania (BMWE), se establecieron dos mesas técnicas ejecutadas por la Cámara de Comercio Colombo-alemana (AHK), con el fin de coordinar las actividades de los diferentes actores del ecosistema del hidrógeno verde en Colombia.

Asimismo, el Ministerio de Minas y Energía (MME), con el apoyo de la iniciativa H2-diplo —financiada por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Alemania y ejecutada por la GlZ—, desarrolló una plataforma que concentra la mayoría de las iniciativas e información relevante sobre H2v en el país. Paralelamente, el programa H2Uppp también ejecutado por la GlZ y financiado por el BMW, ha destinado recursos por dos millones de euros para el desarrollo de proyectos en este sector.

En Colombia existen dos asociaciones que impulsan el desarrollo del hidrógeno verde:

- 1. La Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI-Naturgas⁴**, que integra el 98% del mercado de hidrógeno en Colombia, apoya proyectos concretos del sector industrial y se enfoca en aspectos normativos y regulatorios, así como en la promoción de demanda local en sectores estratégicos y el desarrollo de actividades de promoción de conocimiento⁵.
- 2. La Asociación Hidrógeno Colombia**, que además de la industria, integra actores del ámbito académico y se enfoca en temas como el potencial del mercado, la demanda internacional, y aspectos normativos y de certificación⁶.

Diversas empresas nacionales están desarrollando iniciativas relacionadas con el H2v, entre ellas Ecopetrol, Promigas, Hevolución, Linde, Haceb (electrodomésticos y gasodomésticos) y Fanalca (fabricación de buses). Además, se están implementando varios proyectos piloto, incluyendo aplicaciones para movilidad (buses y automóviles), *blending*, cocción, entre otros. También se destacan las primeras inversiones significativas como la planta de producción de H2v a escala industrial desarrollada por Ecopetrol.

Aunque los estudios existentes abordan aspectos como el potencial del mercado, el H2 blanco y los mecanismos de certificación de origen, se ha identificado una cobertura insuficiente en temas críticos como:

- La calidad del gas.
- Los requisitos técnicos de flujo, presión y temperatura para su transporte y almacenamiento.
- Las condiciones de seguridad, particularmente en lo relacionado con la protección contra explosiones.

Tanto el MME como la UPME y la Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI-Naturgas han

¹ <https://h2lac.org/archivos/hoja-ruta-para-el-hidrogeno-en-colombia/>

² <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>

³ <https://www.cancilleria.gov.co/newsroom/news/cancilleria-celebra-dos-anos-alianza-clima-transicion-energetica-justa-colombia>

⁴ Hasta julio de 2025 la cámara tenía el nombre Cámara de Hidrógeno ANDI-Naturgas.

⁵ <https://www.andi.com.co/Home/Camara/1044-camara-de-hidrogeno-y-gases-renovables-a>

⁶ <https://hidrogenocolombia.com/>

comenzado a reconocer la relevancia de estos temas. En este contexto, se hace evidente la necesidad de identificar los servicios actuales y por desarrollar de la infraestructura de la calidad en Colombia, así como las brechas que deben ser superadas de manera prioritaria para garantizar un desarrollo seguro y sostenible del H₂v en todas sus etapas: producción, transporte y uso final.

Este documento analiza el estado actual de los servicios de la infraestructura de la calidad aplicables al hidrógeno verde, identifica las brechas existentes y propone recomendaciones para enfrentar los principales desafíos. Se enmarca en el proyecto de cooperación colombo-alemán **ARTICAL III**, cuyo objetivo es fortalecer las capacidades técnicas de la infraestructura de la calidad en apoyo de la transición energética verde del país.

La estructura del documento es la siguiente:

- Revisión de documentos oficiales del gobierno colombiano.
- Síntesis de estudios y publicaciones relevantes.

- Información aportada por el INM, ICONTEC y ONAC.
- Resultados de una encuesta conjunta entre el INM y la Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI–Naturgas.
- Revisión de documentos adicionales de la ANDI.
- Diagnóstico y recomendaciones elaboradas por un experto metrológico del PTB, con base en visitas a instituciones clave de la infraestructura de la calidad y proyectos piloto en Bogotá y Cartagena.

La compilación y análisis de la información estuvo a cargo de Karl-Christian Goethner y Angie Urrea Cancelado, consultores del PTB. Profesionales del INM, ICONTEC, ONAC y de la Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI–Naturgas contribuyeron con su análisis e informaciones sobre la situación de la IC y los retos con que son confrontados para desarrollar y prestar los servicios de la calidad necesarios para el desarrollo exitoso de la producción, el transporte, almacenaje y el uso final de H₂v. Ellos hicieron también una revisión final del texto.



El interés internacional por el hidrógeno emergió hacia la década de 1970, ante la crisis del petróleo que percató la necesidad de diversificar las fuentes energéticas. En ese contexto, el hidrógeno empezó a considerarse como una alternativa potencial, aunque su desarrollo tecnológico era limitado. Posteriormente, durante los años 90 y principios de los 2000, el enfoque se centró en la investigación y desarrollo, especialmente a partir del Protocolo de Kioto (1997)⁷, que marcó un hito en la necesidad de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Países como Japón, Estados Unidos y Alemania lideraron proyectos piloto para explorar el uso del hidrógeno como vector energético.

En 2015, el Acuerdo de París, adoptado durante la 21ª Conferencia de las Partes (COP 21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, estableció mecanismos para combatir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), limitando el aumento de la temperatura global a 2 °C y, preferiblemente a 1,5 °C. A partir de 2020, el hidrógeno ha sido incorporado en estrategias nacionales por diversos países. En este contexto, Colombia ha implementado diversas medidas para la acción climática. Este capítulo aborda el contexto en el desarrollo del hidrógeno en el país, el marco legal e institucional que lo regula y los actores clave en su implementación.

⁷ <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/acuerdos-internacionales-sobre-el-cambio-climatico#:~:text=Del%20Protocolo%20de%20Kioto%20al%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs&text=En%20es-ta%20etapa%2C%20los%20pa%C3%ADses,efecto%20invernadero%20respecto%20a%201990.&text=El%20Protocolo%20de%20Kioto%20fue,hacia%20un%20futuro%20m%C3%A1s%20sostenible.>

Los primeros avances en la exploración del hidrógeno en Colombia surgieron durante el Gobierno de Álvaro Uribe (2002-2010), cuando se realizaron estudios energéticos enfocados en la diversificación de la matriz energética para el transporte y la industria. En esta etapa, el hidrógeno fue considerado desde una perspectiva académica y estratégica, como una posible alternativa a futuro.

Posteriormente, durante el Gobierno de Juan Manuel Santos (2010-2018), se profundizó la investigación del hidrógeno a través de estudios liderados por universidades y el desarrollo de las primeras iniciativas en el país. En este contexto, Ecopetrol inició investigaciones sobre la producción de hidrógeno en sus refinerías con el propósito de reducir su huella de carbono. Además, se llevaron a cabo pruebas con electrólisis del agua para evaluar su viabilidad como método de producción. Estos primeros esfuerzos sentaron las bases para el desarrollo del proyecto piloto de hidrógeno verde en Colombia, inaugurado en 2022 en la Refinería de Cartagena, marcando un hito en la transición energética del país.

Los avances en materia regulatoria del hidrógeno en Colombia tomaron impulso durante el Gobierno de Iván Duque (2018-2022), con hitos clave como la Hoja de Ruta del Hidrógeno y la Ley 2099 de 2021, entre otras iniciativas. En paralelo, Ecopetrol y Promigas

lideraron el desarrollo de proyectos pioneros en el país, entre los que destacan: i) la producción de hidrógeno en la Refinería de Cartagena y ii) la Estación Heroica de Promigas en Cartagena⁸.

Finalmente, durante el Gobierno de Gustavo Petro (2022-2026), se han impulsado decretos y regulaciones enfocadas en la promoción de energías renovables, con un énfasis especial en el hidrógeno como una alternativa clave para la reducción del uso de combustibles fósiles. En este contexto, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026 establece que:

“Se avanzará en la producción de hidrógeno verde y combustibles sintéticos como vectores energéticos, para uso general, incluyendo sectores de difícil electrificación y usos no energéticos como la producción de fertilizantes. Se avanzará en el aprovechamiento del hidrógeno blanco, asociado a procesos geológicos en la corteza terrestre y que se encuentra en su forma natural como gas libre en diferentes ambientes (...)” (p.188).

Durante este Gobierno, se han logrado avances significativos en el impulso del hidrógeno de bajas emisiones, con el objetivo de establecer una base sólida para su desarrollo y regulación en el país. Entre los más destacados se encuentran:

- i. Proyectos Innovadores: Actualmente, Colombia cuenta con 36 proyectos en hidrógeno, de los cuales siete se encuentran en fase de prueba;
- ii. Regulación y Gobernanza: Se han establecido lineamientos para la certificación de origen del hidrógeno y esquemas tarifarios especiales para proyectos relacionados, con el fin de optimizar costos y atraer inversión al sector.

Se ha puesto un fuerte énfasis en la cooperación internacional, trabajando con entidades como la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) en la realización de talleres para identificar y validar los riesgos e impactos ambientales asociados al hidrógeno. Además, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026 destaca que: “La región se articulará para el intercambio de recursos y excedentes energéticos y promoverá estrategias de producción de nuevos portadores energéticos como el hidrógeno verde” (p. 186). Así, se han establecido importantes alianzas internacionales, entre las que destacan:

- **Memorando de Entendimiento con Alemania (2022):** Busca fortalecer la cooperación bilateral en el desarrollo del hidrógeno verde, aprovechando la experiencia alemana en tecnologías avanzadas y transferencia de conocimiento.

- **Alianza con Japón (2022):** Colaborar en la

investigación y desarrollo de tecnologías asociadas al hidrógeno, explorando oportunidades para su producción y exportación.

- **Cooperación con la Unión Europea (2023):** Se firmó una alianza estratégica para impulsar el desarrollo del hidrógeno verde en Colombia, a través de apoyo financiero y técnico en proyectos clave.

En ese contexto, se estableció la mesa técnica de la Cámara Colombo-Alemana (AHK), como un espacio que articula la cooperación entre Colombia y Alemania en el desarrollo de este vector energético. La mesa vincula a expertos, empresas, entidades gubernamentales y académicas, con el fin de facilitar el intercambio en conocimientos, experiencias e identificación de oportunidades y desafíos en la cadena de valor.

Este escenario, contribuye al país en avanzar en el desarrollo de un marco de certificación alineado con las exigencias del mercado europeo, abriendo oportunidades para la exportación y garantizando un crecimiento sostenible del sector. Entre sus principales actividades se destacan: i) Transferencia de conocimiento para alineación de estándares que faciliten futuras exportaciones, ii) Promoción de alianzas estratégicas entre empresas colombianas y alemanas, iii) Impulso en procesos de formación y capacitación, enfocados en el desarrollo de capacidades técnicas y científicas en los mercados regionales.

⁸ https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-i-dex/el-gobierno-inaugurar%C3%A1-los-dos-primeros-proyectos-piloto-de-hid%C3%B3geno-de-bajas-emisiones-en-colombia/?utm_source=chatgpt.com

En el posicionamiento del hidrógeno en Colombia, se destacan diversos instrumentos legales y normativos que establecen lineamientos para su promoción, regulación y desarrollo:

- **Ley 1964 de 2019:** Fomenta el uso de vehículos eléctricos y tecnologías de cero y bajas emisiones, contribuyendo a la transición energética y a la reducción de la contaminación.
- **Ley 2169 de 2019:** Establece medidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la adaptación al cambio climático, impulsando la descarbonización en sectores estratégicos.
- **Ley 2099 de 2021:** Impulsa el desarrollo de fuentes no convencionales de energía y promueve la innovación en la producción, almacenamiento, distribución y uso del hidrógeno. Modificó la Ley 1715 de 2014, reconociendo el hidrógeno verde y azul como fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) y fuentes no convencionales de energía (FNCE), respectivamente.
- **Decreto 1476 de 2022:** Reglamenta aspectos de la Ley 2099 de 2021, particularmente el artículo 21 y 23, enfocados en innovación e investigación que promuevan los mecanismos y

condiciones para el uso del hidrógeno de bajas emisiones en Colombia. Además, establece el marco institucional para su desarrollo en transporte, industria e hidrocarburos.

- **Decreto 1597 de 2024:** Establece los lineamientos de política pública para la gestión y promoción del Hidrógeno de bajas emisiones y/o sus derivados. Se define el hidrógeno de bajas emisiones, establece mecanismos de certificación de origen, y crea el Ecosistema H2 Colombia (ECOH2), una plataforma centralizada para registrar y gestionar información de proyectos de la cadena de valor del hidrógeno. También establece lineamientos para la regulación tarifaria de proyectos de hidrógeno.
- **Proyecto de Ley 275 de 2022:** Busca fortalecer el ecosistema del hidrógeno de bajas emisiones, incentivando su producción, transporte, uso y exportación.
- **CONPES 4137 de 2024:** Directriz que autoriza al Gobierno en contratar un crédito externo para apoyar los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, en pro de la transición energética justa, segura, confiable y eficiente.
- **CONPES 4075 de 2024:** Política de transición energética aprobado por el Consejo Nacional de

Política Económica y Social (CONPES) que aborda específicamente el tema del hidrógeno en Colombia. Este documento establece lineamientos para diversificar la matriz energética del país, impulsando el uso de tecnologías limpias y sostenibles, la dinamización de inversiones públicas y privadas en proyectos de energía renovable e hidrógeno.

- **Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y Resiliente al Clima (ECDBC):** Busca promover el crecimiento económico reduciendo las emisiones de GEI y fortaleciendo la adaptación al cambio climático. Se enfoca en la integración de tecnologías limpias, la eficiencia energética y la conservación de ecosistemas dentro de los sectores productivos.



Figura 1. Desarrollo del Marco Regulatorio para Hidrógeno en Colombia 2014-2024
Fuente: Ministerio de Minas y Energía

En el desarrollo de la economía del hidrógeno en Colombia, se destacan actores clave como la Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI – Naturgas⁹, desempeñando un rol fundamental en esta industria emergente como fuente de energía sostenible en el país. Su objetivo es articular al sector privado con el gobierno, la academia y los actores claves, promoviendo una visión común para el desarrollo de la industria. Entre sus principales acciones se encuentran la articulación público-privada, el fomento de la inversión y la innovación tecnológica, la formación y capacitación del talento humano, así como la representación internacional de Colombia en la economía global del hidrógeno.

En complemento, la Asociación Hidrógeno Colombia¹⁰, actúa como el gremio líder en la promoción y desarrollo del hidrógeno como vector energético para la industria nacional. Su rol está relacionado en ser puente entre el sector productivo, el gobierno, la banca, la academia y organismos de cooperación internacional, facilitando el diálogo y la colaboración en torno al hidrógeno en Colombia. Además, participa activamente en la elaboración de marcos regulatorios y técnicos que garanticen un desarrollo seguro, eficiente y sostenible de esta tecnología en el país.

Complementando estas iniciativas, el Gobierno Nacional ha presentado la Hoja de Ruta del Hidrógeno

en Colombia, la cual promueve su despliegue a partir de un análisis integral que incluye capacidad de producción, demanda, reducción de emisiones, potencial de exportación y medidas regulatorias. Esta hoja de ruta busca establecer una estrategia clara para la implementación del hidrógeno como un vector clave en la transición energética del país.

La Hoja de Ruta del Hidrógeno propone su uso para descarbonizar y promover energías renovables. En la industria, busca sustituir los combustibles fósiles por hidrógeno, sin embargo, en el corto plazo enfrenta retos económicos y tecnológicos, especialmente debido a sus costos y a largo plazo, apunta a lograr autosuficiencia energética y liderazgo regional, fomentando nuevas cadenas de valor. Para lograrlo la estrategia se apoya en cinco pilares para impulsar el desarrollo sostenible de Colombia:

1. **El hidrógeno como una pieza clave para alcanzar el carbono neutralidad de Colombia:** Con el objetivo de lograr la neutralidad de carbono en 2050, el hidrógeno se posiciona como una alternativa de bajas emisiones, facilitando la descarbonización con un enfoque costo-beneficio eficiente. Sus aplicaciones abarcan sectores estratégicos como el transporte terrestre, aéreo y marítimo.

2. **El desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno como vía hacia una economía de exportación de bajas emisiones:** Gracias a su ubicación geoestratégica, con acceso a dos océanos y rutas marítimas hacia todos los continentes, Colombia tiene el potencial de competir en el mercado global del hidrógeno. Esto atraerá inversión extranjera, generará empleo y fomentará la investigación e innovación en la industria local.

3. **El hidrógeno como habilitador de una transición energética justa:** La transición hacia el hidrógeno debe ser inclusiva y equitativa, garantizando la reconversión laboral de sectores afectados por la descarbonización e impulsando la creación de nuevas industrias. Asimismo, busca desarrollar regiones con potencial de producción de energía renovable, promoviendo el crecimiento económico local.

4. **El Gobierno Nacional comprometido con el despliegue del hidrógeno de bajas emisiones:** Se establece la necesidad de crear un marco regulatorio y normativo que facilite la inversión y la implementación de proyectos piloto. El Gobierno se compromete a promover incentivos que favorezcan el desarrollo del mercado del hidrógeno a nivel nacional e internacional.

5. **El hidrógeno como vía de integración del**

territorio y herramienta de desarrollo inclusivo: Se implementará un plan de socialización que involucre a las comunidades locales desde las fases iniciales de los proyectos, garantizando el diálogo participativo y la protección del medio ambiente. Este enfoque busca asegurar un desarrollo equilibrado del territorio, fomentando empleo, capacitación y bienestar económico en las regiones productoras.

La implementación de la hoja de ruta del hidrógeno se estructura en cuatro ejes de actuación, que incluyen instrumentos y medidas clave para su consolidación:

1. **Habilitadores jurídicos y regulatorios:** Consiste en la creación de un marco normativo claro, coherente y equitativo, que brinde certeza jurídica a inversionistas y actores del sector. Para ello, es fundamental contar con una legislación estable y precisa que promueva la confianza en el mercado del hidrógeno.
2. **Instrumentos de desarrollo de mercado:** Se trata de los mecanismos y herramientas destinados a facilitar la transición de combustibles fósiles hacia tecnologías de hidrógeno limpio, incentivando su adopción a través de políticas y programas estratégicos.
3. **Apoyo al despliegue de infraestructuras:** Comprende acciones dirigidas a la expansión eficiente y coordinada de la infraestructura para

⁹ <https://www.andi.com.co/Home/Camara/1044-camara-de-hidrogeno-andi-naturgas>

¹⁰ <https://hidrogenocolombia.com/asociacion-2/#Quienes>

el transporte y distribución del hidrógeno. Este desarrollo debe integrarse en sinergia con las redes existentes de electricidad y gas natural para garantizar una transición energética efectiva.

4. Impulso al desarrollo tecnológico e industrial: Engloba medidas para fomentar una industria del hidrógeno sostenible y competitiva, promoviendo la investigación, el desarrollo tecnológico, la innovación y la elaboración de normativa técnica que facilite su implementación a gran escala.



Cada uno de estos ejes se articula a través de diferentes líneas de trabajo, organizadas en tres fases estratégicas, según su tiempo de ejecución, la Figura 1 señala las diferentes acciones enmarcadas:

Fase 1:
Sentar las bases del hidrógeno: Se centra en acciones de corto plazo (menos de dos años), como la promulgación de leyes, la elaboración de estudios técnicos y la capacitación de actores clave. Estas iniciativas establecen los cimientos para el desarrollo del mercado.

Fase 2:
Habilitar e impulsar el desarrollo del mercado: Comprende medidas de corto y mediano plazo (hasta cinco años) enfocadas en reducir riesgos para los primeros participantes del mercado e incentivar la inversión. Posteriormente, busca escalar la producción y uso del hidrógeno en toda la cadena de valor.

Fase 3:
Monitorear y habilitar nuevos usos: Se trata de acciones de mediano y largo plazo orientadas al seguimiento y evaluación de las medidas implementadas en las fases anteriores, asegurando su correcta ejecución y optimización para el crecimiento del sector.

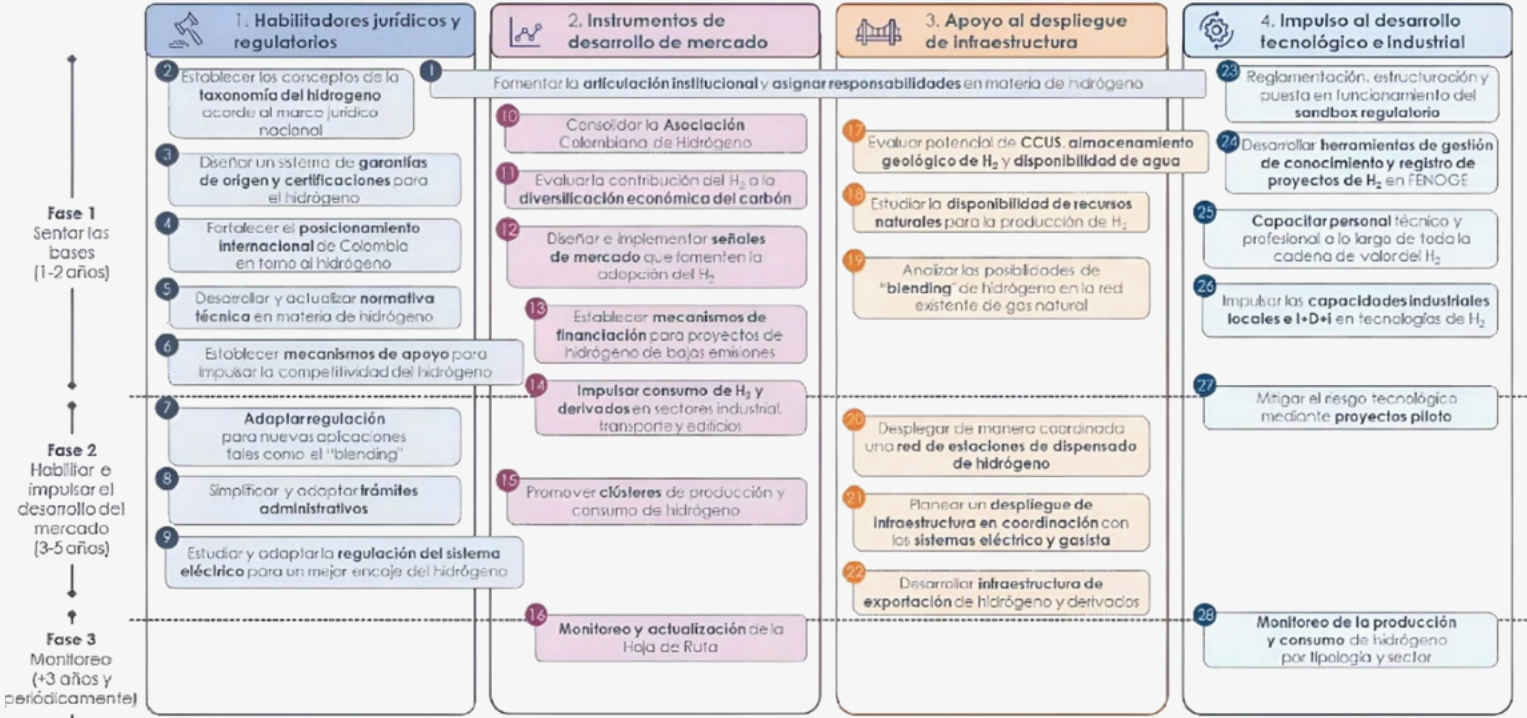


Figura 2. Líneas de trabajo para el desarrollo del hidrógeno
Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2021)

Se han definido metas estratégicas para 2023 y 2050, orientadas a impulsar tanto la producción como la demanda de hidrógeno, con el objetivo de fortalecer las capacidades técnicas e industriales y aprovechar su potencial.

En el periodo 2020-2030, se prevé que el hidrógeno de bajas emisiones se desarrolle principalmente en aplicaciones más competitivas, mientras se consolida una colaboración público-privada que impulse el crecimiento

del mercado. Entre 2030 y 2050, se espera que el hidrógeno logre una mayor competitividad en diversos sectores, lo que permitirá expandir la demanda tanto a nivel nacional como internacional. En esta etapa, Colombia buscará posicionarse como exportador de hidrógeno, a la vez que se fortalecerán los avances tecnológicos y las capacidades industriales del país. La Tabla 1, presenta las metas establecidas.

Meta	Objetivos 2030		Objetivos 2050
	Hidrógeno verde	Hidrógeno azul	
Producción de hidrógeno	• 1 - 3 GW de electrólisis en regiones de alto recurso renovable • 1,7 usds/kg para generar competitividad	50 kt H2	• 10 - 15 GW de electrólisis • Producción masiva y consolidación como líder regional. Costos aún más bajos gracias a innovación tecnológica
Demanda del hidrógeno	• 1.500 – 2.000 vehículos ligeros para transporte de pasajeros y cargo • 1.500 vehículos pesados de pila de combustible para transporte de pasajeros y carga • 50 – 100 hidrogeneras de acceso público para el repostaje de los vehículos anteriores	40% de hidrógeno de bajas emisiones en el sector industrial	Uso generalizado en aviación, barcos y redes de movilidad
Industrias y refinerías	Sustitución progresiva de hidrógeno gris en la industria		Industria completamente descarbonizada con hidrógeno
Inversión esperada	2.500 y 5.500 millones de dólares de inversión		Más de 15.000 millones de USD en infraestructura y tecnología
Empleo	Creación entre 7.000 y 15.000 empleos directos e indirectos		Generación de empleo
Reducción de emisiones	2,5 millones de toneladas de CO2 evitadas al año		Reducción drástica de emisiones en todos los sectores

Tabla 1. Metas de la hoja de ruta de hidrógeno
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Minas y Energía

A medida que Colombia avanza en el desarrollo del hidrógeno, es fundamental establecer un marco institucional sólido que respalde su crecimiento. En este contexto, las instituciones juegan un papel clave en cada uno de los ejes de desarrollo, asegurando la implementación de políticas, regulaciones y estrate-

gias necesarias para consolidar el mercado. Finalmente, en cuanto a los roles institucionales dentro de estos ejes de desarrollo, se destacan las siguientes responsabilidades enmarcadas en la Tabla 2:

Habilitadores jurídicos y regulatorios	
Entidad	Acciones principales
MME e ICONTEC	• Definir la regulación para producción, almacenamiento y transporte de hidrógeno. • Establecer normas de seguridad y estándares de certificación. • Crear incentivos fiscales y tarifarios para proyectos de hidrógeno.
ICONTEC	• Alinear las normas colombianas con estándares internacionales como los de la ISO (<i>International Organization for Standarization</i>).
Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)	• Regular el acceso a redes de gas y electricidad para proyectos de hidrógeno. • Ajustar tarifas y modelos de remuneración para fomentar la competitividad.
MADS	• Crear lineamientos ambientales para la producción y uso del hidrógeno. • Establecer procesos de evaluación ambiental para proyectos de hidrógeno.
Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)	• Identificar áreas estratégicas para el desarrollo de proyectos de hidrógeno. • Incluir el hidrógeno en los planes de expansión energética del país.
Sector privado	• Participación en grupos de trabajo de revisión de la normativa existente

Tabla 2. Acciones principales en el eje habilitadores jurídicos y regulatorios por entidad en la hoja de ruta de hidrógeno
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Minas y Energía

Instrumentos de desarrollo de mercado	
Entidad	Acciones principales
Ministerio de Hacienda y Crédito Público	• Establecer incentivos tributarios y financieros para proyectos de hidrógeno. • Gestionar líneas de crédito y financiamiento para el desarrollo del mercado.
ProColombia y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	• Fomentar la exportación de hidrógeno y derivados a mercados internacionales. • Promover alianzas comerciales con países interesados en importar hidrógeno colombiano. • Desarrollo de mesas técnicas con asociaciones, representantes del sector privado y ministerios, y el Ministerio de Transporte, a fin de evaluar el establecimiento de objetivos de penetración de hidrógeno de bajas emisiones en algunos sectores industriales, residenciales y terciario, que incluya estudios que determinen la seguridad.
Asociaciones del sector privado (ANDI, ASOSEC, ACIPET, Naturgas, entre otros)	• Incentivar la adopción de hidrógeno en la industria y transporte. • La consolidación de asociaciones sectoriales tales como Asociación Hidrógeno Colombia, para promover e impulsar el desarrollo y el crecimiento de las tecnologías del hidrógeno

Tabla 3. Acciones principales en el eje habilitadores jurídicos y regulatorios por entidad en la hoja de ruta de hidrógeno
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Minas y Energía

Apoyo al despliegue de infraestructuras	
Entidad	Acciones principales
Ministerio de Hacienda y Crédito Público	• Establecer incentivos tributarios y financieros para proyectos de hidrógeno. • Gestionar líneas de crédito y financiamiento para el desarrollo del mercado.
ProColombia y Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	• Fomentar la exportación de hidrógeno y derivados a mercados internacionales. • Promover alianzas comerciales con países interesados en importar hidrógeno colombiano.
ICONTEC	• Definir lineamientos técnicos para la seguridad en el almacenamiento y distribución del hidrógeno. • Colaborar en normativas para la integración del hidrógeno en infraestructuras de transporte y energía
Asociaciones del sector privado (ANDI, ASOSEC, ACIPET, Naturgas, entre otros)	• Incentivar la adopción de hidrógeno en la industria y transporte. • Desarrollar programas de certificación y estándares de calidad para el mercado.

Tabla 4. Acciones principales en el eje apoyo al despliegue de infraestructuras por entidad en la hoja de ruta de hidrógeno
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Minas y Energía

Impulso al desarrollo tecnológico e industrial	
Entidad	Acciones principales
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias)	• Financiar proyectos de I+D en tecnologías de hidrógeno. • Fomentar la cooperación entre universidades, centros de investigación y empresas.
Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y Universidades	• Diseñar programas de capacitación en producción y manejo de hidrógeno en condiciones de seguridad. • Crear certificaciones y formación técnica para trabajadores del sector
Centro Nacional de Producción Más Limpia y Desarrollo Tecnológico	• Desarrollar tecnologías para optimizar la producción y almacenamiento del hidrógeno. • Promover la eficiencia y sostenibilidad en el uso del hidrógeno.
Empresas del sector privado	• Implementar proyectos piloto para probar nuevas tecnologías de producción y almacenamiento. • Desarrollar alianzas con startups y centros de innovación para impulsar nuevas aplicaciones.

Tabla 5. Acciones principales en el eje impulso al desarrollo tecnológico e industrial por entidad en la hoja de ruta de hidrógeno
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Minas y Energía

Es importante mencionar que, en estos ejes identificados, el rol del sector privado es fundamental y transversal, ya que es el motor de ejecución, innovación y escalamiento del ecosistema del hidrógeno en Colombia. En términos generales se identifican acciones en materia de:

- **Inversión e infraestructura:** El rol del sector privado es fundamental en términos del desarrollo de plantas de producción, almacenamiento y distribución. Así mismo cobra relevancia un sector privado dinámico que participe en los proyectos piloto que se desarrollarán en el marco de la implementación de la hoja de ruta.
- **Desarrollo de normativa:** Conformación de grupos de trabajo formados por miembros expertos tales como representantes del ICONTEC, sector privado, universidades, empresas privadas, entre otros que revisen la normativa nacional actual e identificar los usos en donde se requiere incorporar nueva normativa.
- **Desarrollo de mercados y demanda:** El sector privado es pionero en la identificación de aplicaciones del hidrógeno en los sectores de la economía: industria, transporte, generación eléctrica, entre otras. También es necesario vincular al sector privado en las mesas técnicas enfocadas en el consumo de hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados mediante el desarrollo de planes de penetración en la industria

- **Generación de empleo:** La transición del carbón a las energías sostenibles, conlleva a la generación de nuevo empleo, que requiere la adopción de conocimientos y competencias específicas. El objetivo principal en cabeza del Gobierno, sector privado y agentes sociales, es reubicar a los trabajadores en los sectores del hidrógeno, por lo que el rol del sector privado es detectar las necesidades de este personal en el nuevo sector y capacitar en las tecnologías que implemente el hidrogeno verde.
- **Apoyo a la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i):** El Gobierno establecerá apoyo sobre la I+D+i, a través de programas de investigación y formación del capital privado mediante la sinergia entre las colaboraciones público-privadas.

Para 2040 se ha establecido las siguientes metas:

Producción anual	H2v	Uso interno	Exportación
1 millón de toneladas	40%	60%	40%

Tabla 6. Producción y uso de H2
Fuente: ANDI. Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables - Naturgas

Se ha previsto el uso interno de H2v en particular para: i) Movilidad (transporte masivo y de carga, automóviles), ii) Uso industrial y iii) Uso doméstico (blending).

BOX:

• Las experiencias más recientes de Alemania

- Blending aporta un valor calorífico marginal al gas doméstico y, además, incrementa los costos para el consumidor. Por esta razón, en Alemania esta práctica ha perdido relevancia y ya no desempeña un papel significativo en la cadena de valor del hidrógeno verde (H₂v).
- El uso del H₂v en movilidad está condicionado por el rendimiento de las celdas de combustible, las cuales requieren una pureza del 99,999%. Esto representa aún un desafío importante para la medición de la calidad del gas, especialmente en lo referente a la cuantificación precisa de las impurezas.
- Debido a estas limitaciones, en Alemania el hidrógeno verde se utiliza principalmente en los siguientes sectores:
 - Aplicación en la industria (por ejemplo: acero, cemento, vidrio, etc.)
 - Transporte a larga distancia (camiones, transporte marítimo)
 - Aviación
 - Almacenaje en cavernas con vector energético

La decisión estratégica del país ha sido emplear hidrógeno con una pureza del 99,95%, lo cual requiere el desarrollo de nuevos gasoductos, ya que los existentes introducen niveles de impurezas incompatibles con esta exigencia de calidad.

Para garantizar una implementación efectiva, así como el seguimiento y evaluación de la hoja de ruta del hidrógeno, se ha propuesto un Comité de Seguimiento, el cual estará integrado por: i) todos los ministerios del Gobierno incluyendo Cancillería; ii) Reguladores como la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), iii) Entidades de planeación, gestión y cumplimiento, como el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Consejería Presidencial para la Gestión del Cumplimiento; iv) Autoridades territoriales y locales; v) Sector privado, representado por organizaciones, asociaciones y clústeres empresariales. Este comité se reunirá anualmente para evaluar avances y proponer ajustes estratégicos.

El desarrollo del mercado del hidrógeno enfrenta diversos desafíos que deben abordarse para garantizar su crecimiento y consolidación. Uno de los principales retos es la incorporación de tecnologías de hidrógeno de bajas emisiones a lo largo de toda la cadena de valor. Esto implica la necesidad de fomentar la investigación y el desarrollo de soluciones innovadoras que permitan su producción, almacenamiento y distribución de manera eficiente y sostenible.

Otro aspecto clave es la creación de incentivos que impulsen el desarrollo de la infraestructura necesaria para atender la creciente demanda de hidrógeno. La construcción de plantas de producción, redes de distribución y sistemas de almacenamiento requiere inversiones significativas, por lo que es fundamental

establecer mecanismos que faciliten la financiación y la participación del sector privado.

Además, se busca la integración del hidrógeno en sectores estratégicos como el transporte, la industria, el sector terciario y el residencial. Su uso en estos ámbitos contribuiría a reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo una transición energética sostenible y alineada con los compromisos climáticos del país.

Por último, resulta esencial fortalecer las capacidades para la exportación de hidrógeno, en línea con el objetivo de posicionar a Colombia dentro de la economía global del hidrógeno. Para ello, es necesario desarrollar normativas, certificaciones y acuerdos comerciales que permitan aprovechar las oportunidades de mercado y consolidar al país como un actor relevante en el suministro de hidrógeno de bajas emisiones a nivel internacional.



1. proyectos de cooperación internacional y proyectos piloto nacionales



Colombia es uno de los países pioneros de América Latina y el Caribe en fomentar la producción, el transporte y el uso de H₂v. Así mismo, desde la firma de la “Alianza para el Clima y una Transición Energética Justa” por Colombia y Alemania en 2023 se han fortalecido las relaciones entre los dos países en el ámbito de H₂v. Por ejemplo, durante el mismo evento se acordó también una cooperación con la sociedad Fraunhofer en la investigación de H₂v. Como muestran los ejemplos de proyectos de cooperación internacional la República Federal de Alemania es uno de los donadores principales para promover la producción, el transporte y el uso de H₂v.

2.1 Proyectos de cooperación internacional

En 2023 la Sequa gGmbH, una subsidiaria de la GIZ, financió un proyecto pequeño del *Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI)* y del *Weltenergie-rat-Deutschland e.V.* (Consejo Mundial de Energía Alemania) con la Cámara Hidrógeno y Gases Renovablese ANDI-Naturgas bajo el título “Diálogo Colombo Alemán para la reindustrialización por hidrógeno renovable”, con apoyo del proyecto fueron realizados¹¹:

- Un análisis tecno-económico Power-to-X para Colombia (por Fraunhofer ISE).
- Talleres entre actores alemanes y colombianos sobre el potencial de la producción de H₂v en Colombia y las posibilidades futuras del mercado interno y externo.
- El fortalecimiento de las interrelaciones entre actores importantes de H₂v en política, economía y sociedad de Colombia y Alemania.

El proyecto terminó con la visita de una delegación del BMW, del BDI y del Fraunhofer ISE en marzo de 2024 que culminó en la implementación de una mesa de coordinación bilateral para energías renovables y H₂v.

Desde diciembre de 2024 la Sequa realiza un segundo proyecto entre el BDI y la Cámara Hidrógeno y Gases Renovables ANDI-Naturgas financiada por el BMZ alemán con el objetivo de apoyar empresas en Colombia con énfasis en los departamentos Valle del Cauca, Bolívar y Atlántico en la producción de H₂v y sus derivados. Previsto es un estudio de factibilidad de uso de biomasa para la producción de H₂v en Valle del Cauca y la capacitación de profesionales de las seccionales de ANDI para poder ofrecer servicios para las empresas en la cadena de valor de H₂v.

Financiada por el BMZ, el BMW y el Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE), la GIZ comenzó a instalar tres proyectos en los años 2023/24:

1. GIZ H₂-diplo financiado por el MRE de Alemania. Cuyos principales resultados son:
 - Intercambio sobre las oportunidades y desafíos de H₂v para la descarbonización y la diversificación en los países participantes (webinars, talleres, etc.)
 - Discusiones internacionales sobre cuestiones geopolíticas y de la política exterior sobre H₂v (también en cooperación con otras entidades como IRENA o UE)
 - Elaboración de estudios e informaciones sobre cuestiones geopolíticas y de energía, sobre la transición energética global y el desarrollo de los mercados internacionales de H₂v, potenciales de mercado y las condiciones necesarias para la exportación de H₂v en los puertos.
2. GIZ H₂Uppp financiado por el Programa Internacional de Fomento del Hidrógeno H₂Uppp del BMW.

GIZ H₂Uppp promueve proyectos y el desarrollo del mercado del H₂v en algunos países en desarrollo y emergentes como parte de la Estrategia Nacional del Hidrógeno. El Programa H₂Uppp es implementado por la GIZ en Colombia junto con la Cámara Colombo Alemana de Industria y Comercio, asociaciones gremiales,

¹¹ <https://www.weltenergie-rat.de/kolumbianisch-deutscher-dialog-zur-reindustrialisierung-durch-erneuerbaren-wasserstoff/?cn-reloaded=1>

empresas y colaboradores locales. Ofrece dos modalidades de apoyo:

- i. Acuerdo de cooperación: Cofinanciación de hasta 2 millones de euros, sin transferencias directas de fondos a las empresas.
- ii. Contrato de servicios: Financiación de hasta 200.000 euros para medidas ejecutadas por la empresa.

3. Además, el Fondo de Desarrollo Power-to-X (PtX Development Fund), gestionado por el kreditansatlt fur Wiederaufbau (Banco Alemán de Desarrollo – KfW), con un capital inicial de 270 millones de euros, está disponible para proyectos industriales basados en electricidad renovable adicional, con financiamiento de hasta 30 millones de euros por iniciativa.

Desde 2024, en Colombia el BID ejecuta un proyecto “Integración de Energía Renovable - apoyo a proyectos de hidrógeno verde” (con un valor de 2 Millones de dólares) que apoya estudios de prefactibilidad ambiental, económica, legal y financiera de proyectos piloto que comienza con la implementación de estaciones de generación de hidrogeno verde.

Por otro lado, la UNIDO todavía no está

implementando proyectos de H2v en Colombia, pero – con apoyo del BMWÉ alemán - ha instalado una plataforma global para acelerar la asistencia técnica y financiera para la descarbonización industrial en países emergentes y de desarrollo, la *Global Matchmaking Platform*¹².

Además de los proyectos mencionados, existen diversos estudios y documentos sobre el desarrollo del hidrógeno verde (H2v). A continuación, se destacan dos publicaciones clave:

- **La Agencia Internacional de Energía (IEA)** publicó en 2021 el estudio *Hydrogen in Latin America: From near-term opportunities to large-scale deployment*, el cual aborda por primera vez las oportunidades del subcontinente en relación con el desarrollo, uso y potencial del mercado internacional del H2v.
- **IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables)**, junto con el PTB (Instituto Nacional de Metrología de Alemania), presentó en 2024 el estudio *A Quality Infrastructure Roadmap for Green Hydrogen*, que trata de manera integral y pionera la infraestructura de la calidad y los

servicios requeridos para el desarrollo del H2v.¹³

Hasta el momento, la mayoría de los proyectos internacionales se han enfocado casi exclusivamente en la creación de un ecosistema favorable para la producción, el transporte y el uso de hidrógeno y sus derivados (incluida la certificación de origen), dejando de lado aspectos críticos como la seguridad y el fortalecimiento de la infraestructura de la calidad.



2.2 Proyectos piloto nacionales

Un componente esencial de la política de fomento a la producción y uso de H2v en Colombia es la promoción de inversiones en proyectos piloto y de gran escala. Para ello, se han establecido cuatro beneficios tributarios aplicables a toda la cadena de valor del hidrógeno:¹⁴

- Deducción del impuesto de renta equivalente al 50% del valor del proyecto, aplicable hasta por 15 años.
- Exclusión del IVA en la adquisición de equipos, maquinaria, insumos o servicios.
- Exención arancelaria en la importación de equipos.
- Depreciación acelerada de activos como equipos, maquinaria y obras civiles.

A abril de 2025¹⁵, se reportan 36 proyectos con horizonte de ejecución hacia 2040, distribuidos regionalmente de la siguiente manera: 21 en la región Caribe, 9 en la región Andina, 2 en la Región Pacífica, y

¹³ <https://www.irena.org/Publications>
¹⁴ <https://h2news.cl/2024/01/16/monica-gasca-colombia-otorga-4-beneficios-tributarios-especificos-a-los-proyectos-en-toda-la-cadena-de-valor-del-hidrogeno/>
¹⁵ GIZ, AHC (2025). Panorama del hidrógeno verde en Colombia. Reporte de proyectos 2025. Resumen Ejecutivo. https://www.bing.com/search?pglt=299&q=Proyectos%2BH2verde%2B-Colombia&cvid=7029d19b9cdb44f6a47bf4961d707ba8&gs_lcrp=EgRLZGdlKgYIABBFdKyBggAEEUYOdIBCTEyNzcwajBqMagCALACAA&FORM=ANSPA1&PC=SMTS 22-04-2025
<https://fuelcellsworld.com/2025/04/30/news/colombia-consolidates-36-hydrogen-projects-and-strengthens-its-national-ecosystem-according-to-a-survey-by-the-andi-naturgas-hydrogen-chamber>

¹² <https://www.unido.org/news/launch-global-matchmaking-platform>

4 en el resto del país. Las capacidades previstas son las siguientes:

Estado	Número de proyectos	Capacidad	Inversión estimada
En desarrollo	25	18.1 GW	40.3 Billones USD
Comprometido	11	7.6 MWel	

Tabla 7. Proyectos en desarrollo y comprometidos
Fuente: GIZ, AHC (2025)

Según información de la Cámara de Hidrógeno ANDI-Naturgas, la situación de los proyectos al 30 de abril de 2025 es la siguiente¹⁶:

Fase de realización de proyectos	Número
Proyectos en fase conceptual	9
Proyectos en fase pre-factibilidad	3
Proyectos en fase de factibilidad	12
Proyecto en <i>engineering</i> detallado	1
Proyectos en la fase de decisión financiera final (2 en escala industrial, 1 en escala pequeña)	3
Proyectos en operación	8

Tabla 8. Proyectos H2v en preparación y en operación
Fuente: Cámara de Hidrógeno ANDI-Naturgas

Algunos proyectos de gran escala planificados en La Guajira, que pretenden aprovechar fuentes eólicas y solares, aún no han sido ejecutados debido a dificultades logísticas y de instalación en la región (por ejemplo, el proyecto de AES Colombia). Sin embargo, se evidencian avances significativos en otros territorios, principalmente a través de proyectos piloto. En base de informaciones por parte de la Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI-Naturgas (figura 1),¹⁷ del MME y otras fuentes se podría identificar por lo menos los siguientes proyectos en marcha:

Cartagena:

1. Proyecto de movilidad Ecopetrol con un electro-lizador de 50 kW y un Toyota Mirai. En operación desde 2022.
2. Proyecto de una planta de producción de H2v de 5 MW de Ecopetrol. Operación prevista para 2026.
3. Centro de Innovación del Caribe: desarrollo de una cocina de la empresa nacional Haceb, que trabaja con una mezcla de H2v (23%) y gas natural (77%).
4. Desde 2023 Promigas realiza el primer proyecto latinoamericano que inyecta H2v en el ducto de

gas natural. Se usa la energía de una planta fotovoltaica.

Cartagena:

5. OPEX realiza pruebas con un FCEV Hyundai Nexo. Tiene Autonomía hasta 700 km.
6. EPM produce H2v para el uso interno y para el uso doméstico (blending) desde 2024.
7. *Sabaneta*: Hevolución ha implementado el primer proyecto de producción de amoníaco verde a partir de H2v en Colombia, el más grande de América Latina.
8. AngloGold Ashanti realiza pruebas con una mezcla de diesel (10%) y H2v (90%) para disminuir la emisión de gases y partículas.

Bogotá

9. Fanalca junto con Ecopetrol, Cenit y Fenoge ha desarrollado un fuel cell bus. Se planea implementar 700 buses hasta 2030.
10. TGI realiza pruebas para reducir diesel y gasolina para descarbonizar sus flotas de camiones.

Entre estos, se destacan especialmente los proyectos de Ecopetrol, Promigas, Hevolución y EPM, por su impacto en la producción, innovación y escalabilidad del H2v en Colombia.



¹⁶ <https://fuelcellsworld.com/2025/04/30/news/colombia-consolidates-36-hydrogen-projects-and-strengthens-its-national-ecosystem-according-to-a-survey-by-the-andi-naturgas-hydrogen-chamber>
04.05.2025
¹⁷ Cámara de Hidrógeno ANDI - Naturgas. HIDRÓGENO. La estrategia de Colombia para la descarbonización. Präsentation 27.09.2023

Los proyectos de Ecopetrol en Cartagena y Barranquermeja marcan un avance clave en la implementación de la Estrategia 2040. Cada planta, con una capacidad de 5 megavatios, producirá anualmente 800 toneladas de H₂v, con una inversión de USD 28,5 millones.

La planta de Cartagena, operativa desde 2026, alcanzará una pureza del 99,97% gracias al uso de energía renovable de la Granja Solar de la Refinería de Cartagena (22 MW), lo que permitirá evitar hasta 7.700 toneladas de CO₂ al año.¹⁸

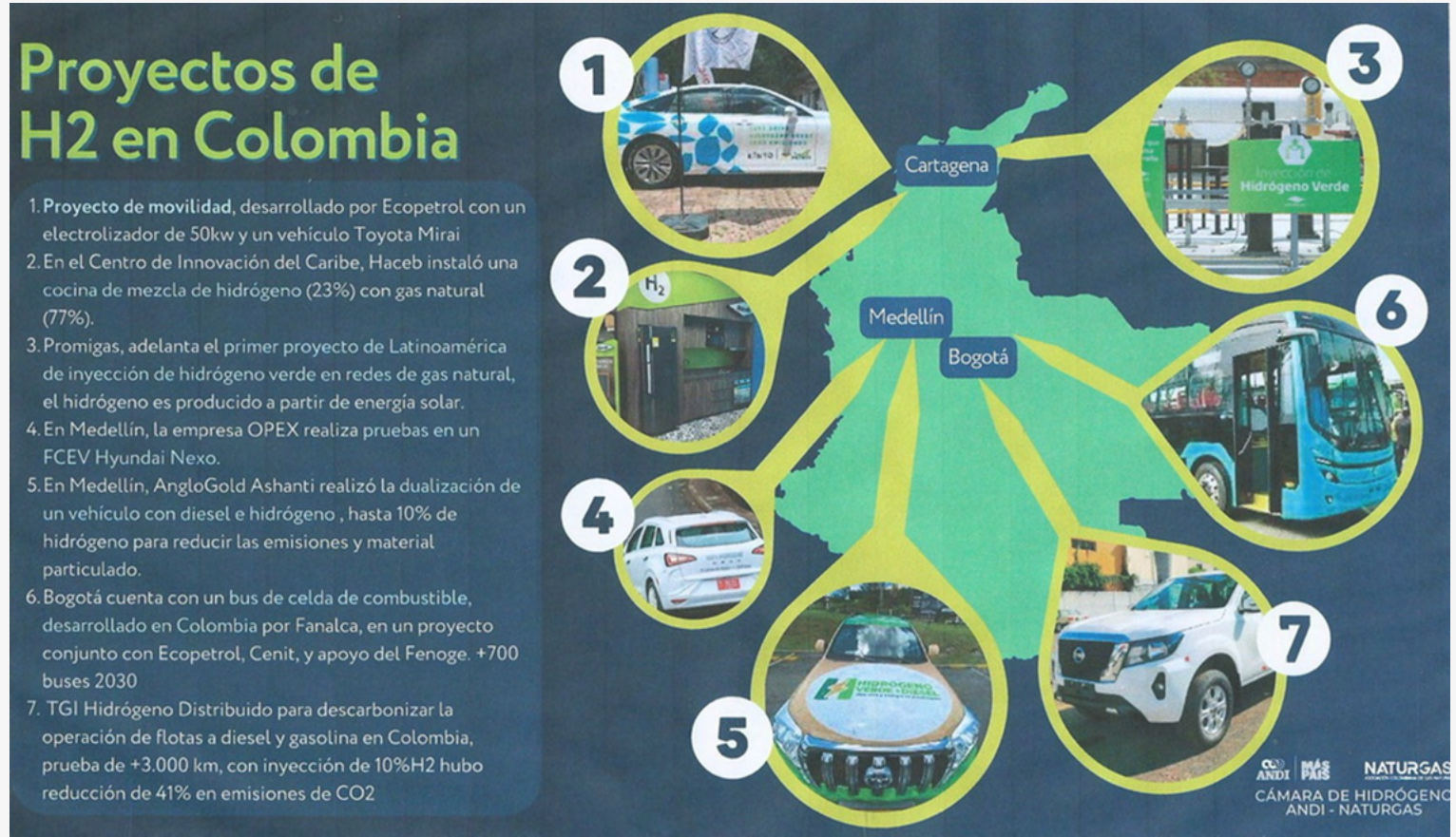


Figura 3. Proyectos en operación Cámara de Hidrógeno ANDI-Naturgas en 2024
Fuente: Cámara de Hidrógeno ANDI-Naturgas

En Sabaneta (Antioquia) Hevolución y OPEX están implementando un proyecto de amoníaco verde. Este es el más grande de su tipo en Latinoamérica, con una producción diaria de 1.000 kg y una capacidad energé-

tica de 2,3 MW. El H₂v producido es licuado en amoníaco para exportación y consumo interno, sin emisiones.



EPM, por su parte, genera H₂v a partir del biogás obtenido en la planta de tratamiento Aguas Claras. En su etapa inicial, produce 5 kg/día, con proyección de aumentar a 10 kg y hasta 10 electrolizadores.

Próximamente se espera:

- Realizar mezclas (*blending*) con biogás para la producción de electricidad de uso industrial, en

los moto-generadores de la planta.

- Adelantar pruebas de mezclas (*blending*) con gas natural para el uso en gasodomésticos residenciales, con el fin de distribuir un energético más limpio para el Valle de Aburrá. Las pruebas permitirán conocer los comportamientos de la mezcla en el sistema de distribución para su uso en el corto plazo.

¹⁸ <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-in-dex/ecopetrol-acelera-su-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-con-una-nueva-planta-de-hidr%C3%B3geno-a-partir-de-electr%C3%B3lisis-en-cartagena/>

- Movilidad para vehículos de uso pleno (100% hidrógeno) o en forma dual (diésel e hidrógeno). Dentro de sus logros, EPM hará la conversión a hidrógeno de dos volquetas para el servicio de la PTAR Aguas Claras, de manera que mejore su eficiencia y reduzca sus emisiones al ambiente.¹⁹

Descripciones técnicas más detalladas se encuentran en el anexo 1.

En cooperación con autoridades colombianas, GIZ ha identificado seis Hubs con alto potencial para el desarrollo de H₂v, considerando su capacidad de producción de energía renovable (solar, eólica, biomasa) y posibilidades de exportación²⁰:

- La Guajira
- Barranquilla
- Cartagena
- Antioquia (Medellín)
- Manizales
- Valle del Cauca.

Actualmente los proyectos piloto en marcha se concentran en Cartagena y Antioquia (Medellín).



¹⁹ <https://www.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/el-grupo-epm-cumple-con-su-hito-de-producir-hidrogeno-verde/>

²⁰ GIZ (2023). Identificación de Hubs H₂ Verde. GIZ: Bogotá 2023



Con el Subsistema Nacional de la Calidad (SICAL) coordinado por la Dirección de Regulación del MinCIT Colombia dispone de un sistema nacional de la infraestructura de la calidad bien establecido. Los pilares centrales son el Instituto Nacional de Metrología (INM), el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación (ICONTEC), el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) y la Superinten-

dencia de Industria y Comercio (SIC), responsable para la metrología legal. Los pilares centrales de la infraestructura de la calidad son INM, ICONTEC e ONAC. Importante también es el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) que supervisa los parámetros ambientales y dispone de su propia red de laboratorios.

²¹ Conforme a IQNet quality infrastructure is defined as: "The system comprising the organizations (public and private) together with the policies, relevant legal and regulatory framework, and practices needed to support and enhance the quality, safety and environmental soundness of goods, services and processes. The quality infrastructure is required for the effective operation of domestic markets, and its international recognition is important to enable access to foreign markets. It is a critical element in promoting and sustaining economic development, as well as environmental and social wellbeing. It relies on

- metrology,
- standardisation,
- accreditation,
- conformity assessment, and
- market surveillance."

<https://www.inetqi.net/documentation/quality-infrastructure-definition/> 2025-08-12

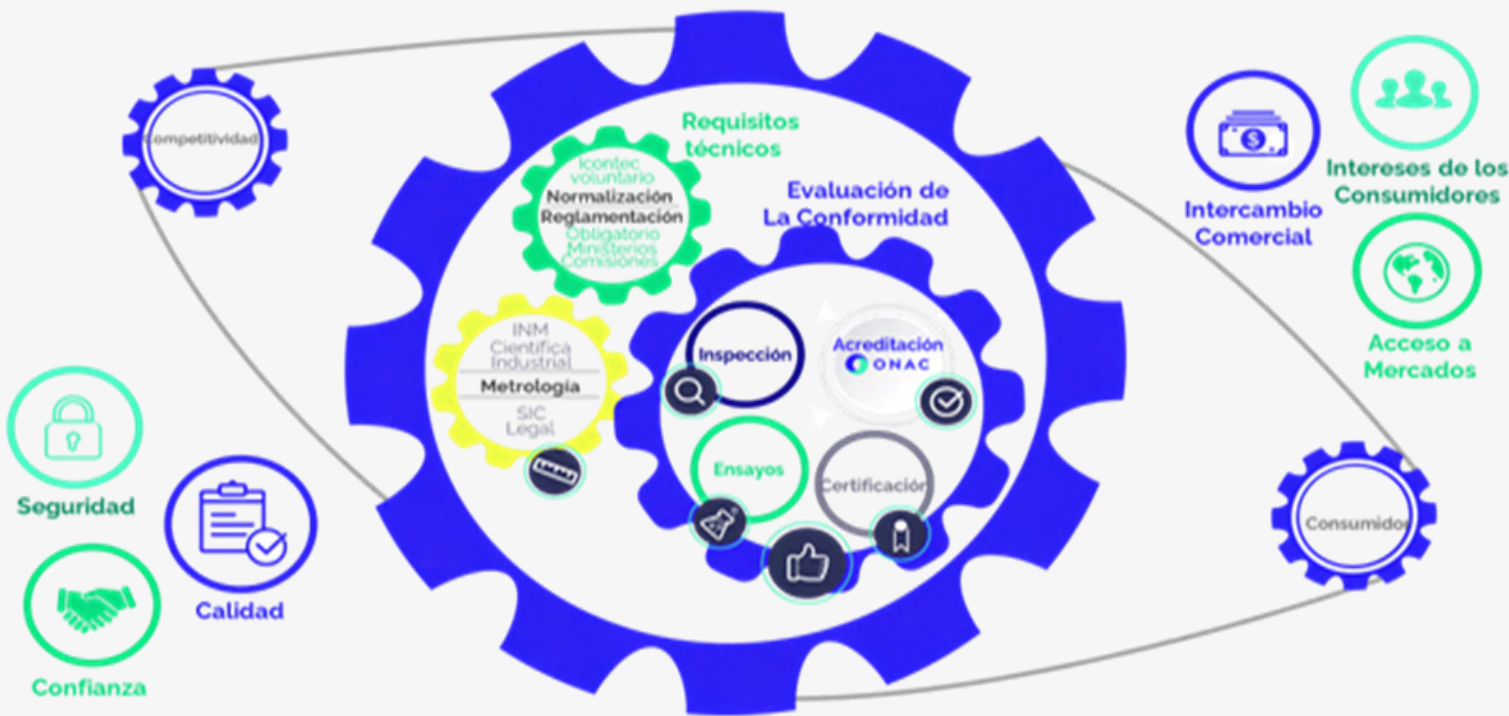


Figura 4. Esquema operativo del Subsistema Nacional de la Calidad (SICAL) de Colombia

Aunque la hoja de ruta del H2v no contempla acciones específicas para el INM, ONAC, SIC e IDEAM, las misiones institucionales de estas entidades permiten identificar acciones concretas que pueden apoyar el desarrollo del mercado del hidrógeno en Colombia. A continuación, se describen sus roles:

Entidad	Acciones principales
INM	Es fundamental para garantizar la exactitud, confiabilidad, comparabilidad y la trazabilidad de las mediciones relacionadas con el hidrógeno en Colombia. Su trabajo es clave para el desarrollo del mercado, la regulación y la implementación de tecnologías que permitan consolidar el hidrógeno como un vector energético confiable y competitivo.
ICONTEC	Transforma y ajusta normas técnicas internacionales en Normas Técnicas Colombianas (NTC), actualízalas periódicamente y – si es necesario - desarrolla NTCs nacionales cuando no hay normas técnicas internacionales.
ONAC	Es un actor clave en la consolidación de la industria del hidrógeno en Colombia, asegurando que los procesos y productos cumplan con estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad. Su labor es fundamental para fortalecer la confianza en la producción de hidrógeno, habilitar su comercialización en mercados internacionales.
SIC	La SIC es un actor fundamental para garantizar que el mercado del hidrógeno en Colombia se desarrolle de manera justa, segura y competitiva. Asegura el cumplimiento de normas de calidad y seguridad, protege a los consumidores y fomenta la innovación en este sector.
IDEAM	Juega un papel clave en el desarrollo del hidrógeno en Colombia, especialmente en términos de evaluación climática, sostenibilidad ambiental y gestión de recursos naturales. Sus funciones se centran en proveer información científica y técnica para garantizar un desarrollo del hidrógeno alineado con la transición energética y la mitigación del cambio climático.

Tabla 9. Roles de actores del SICAL en el desarrollo de hidrógeno en Colombia
Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Minas y Energía

La cadena de valor del H2v incluye los siguientes eslabones:



Generación de **energía renovable** (eólica y fotovoltaica).



Transporte, almacenamiento y distribución (gasoductos, tanques, cavernas).



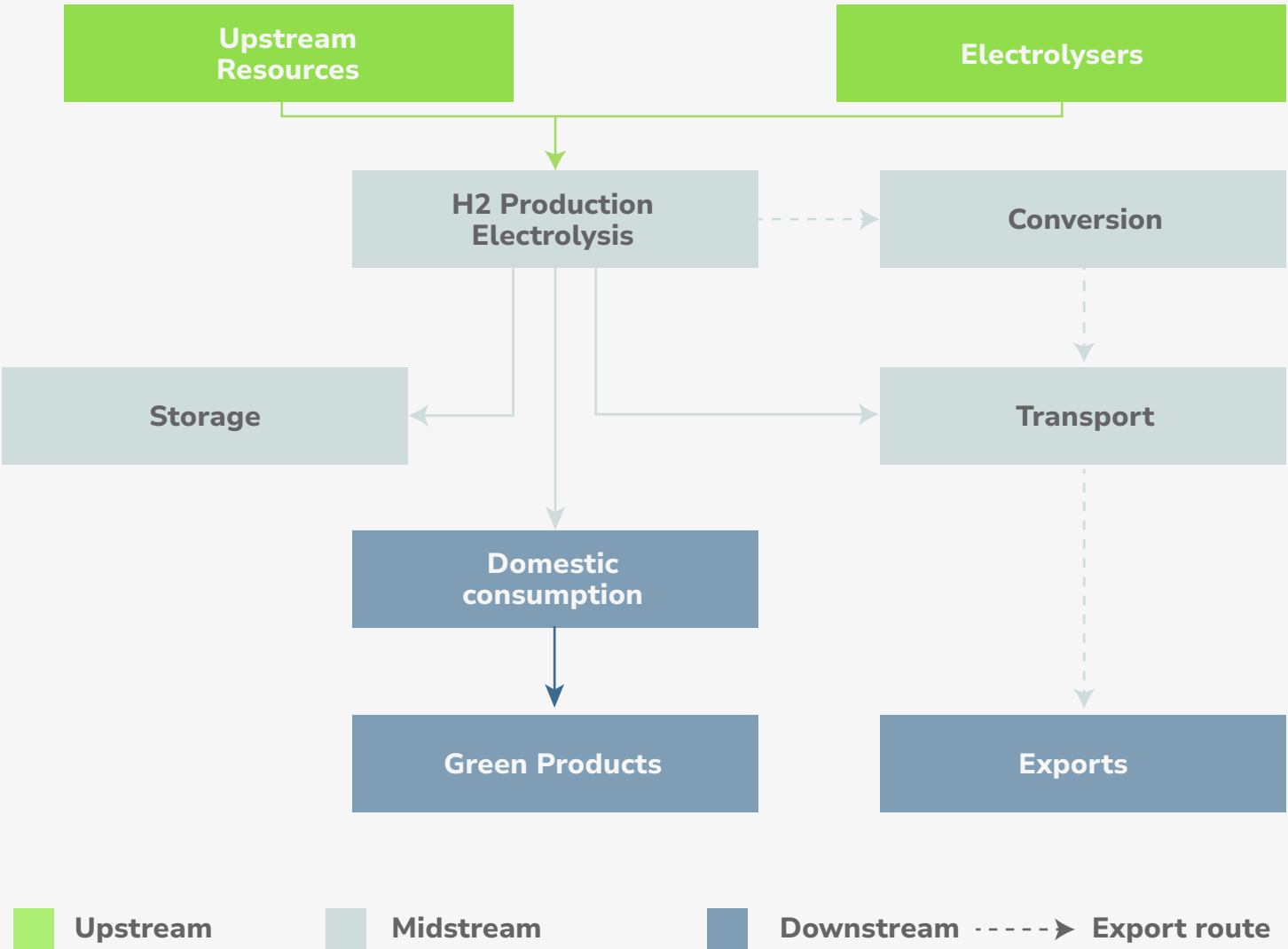
Producción de H2v mediante **electrólisis**, utilizando agua purificada.



Usos finales: movilidad (autos, barcos, trenes), producción de amoníaco, usos industriales y domésticos.

La OCDE (2022) presenta una versión simplificada de esta cadena (Figura 2), mientras que el PTB ofrece una representación más detallada (Figura 3), utilizada en su publicación conjunta con IRENA. Esta última ilustra

la complejidad de los servicios de infraestructura de la calidad requeridos a lo largo de toda la cadena de valor: desde normas técnicas, mediciones, ensayos, hasta regulaciones de seguridad y ambientales.



Fuente: OECD (2022)

Estos servicios abarcan también los procesos previos y paralelos a la producción de H2v, como la generación de energía eléctrica verde, la medición de

corriente alterna y continua, la pureza del agua, y la protección del entorno.

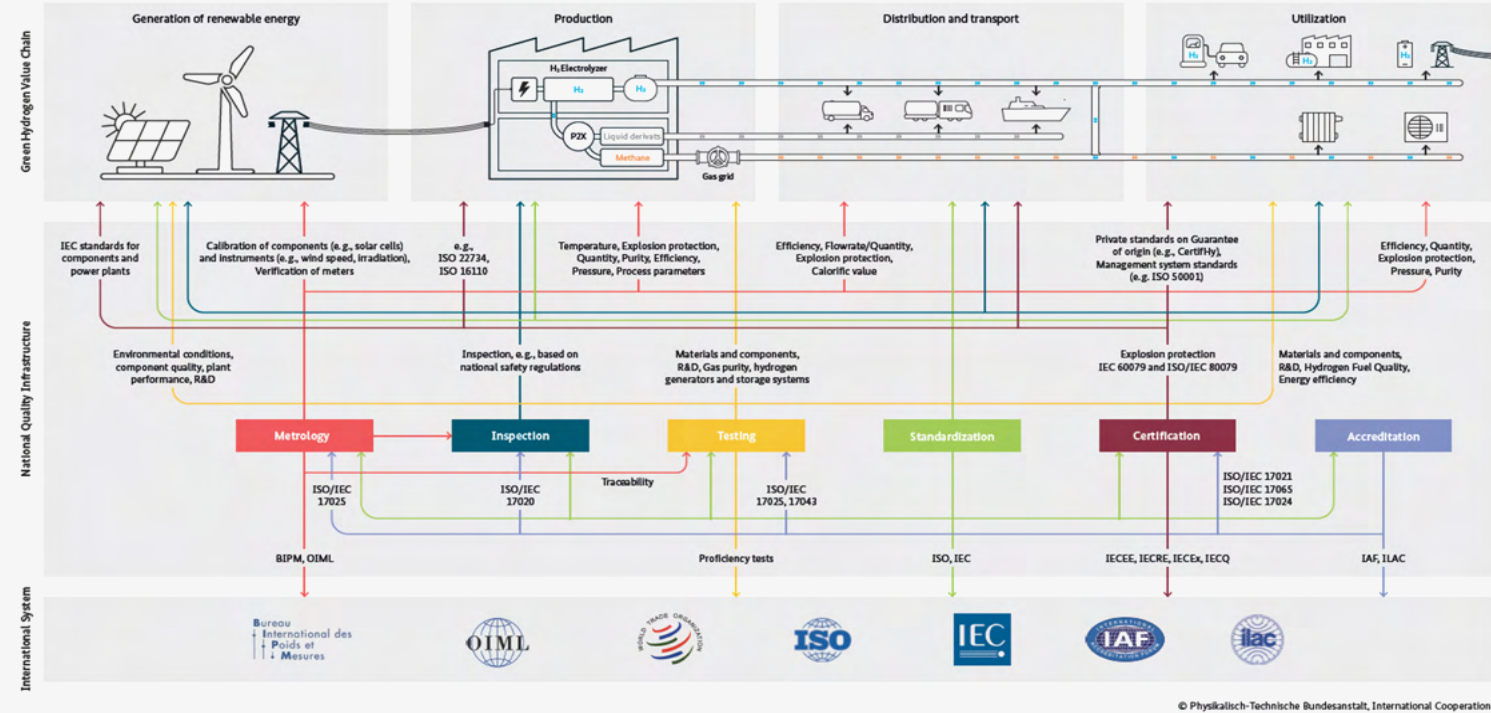


Figura 9. Servicios de la infraestructura de la calidad para la cadena de valor de H2v
Fuente: Elaborado por PTB

En sentido estricto, la producción, el transporte y el uso de gas exige ampliaciones y fortalecimientos de las capacidades y competencias técnicas existentes por parte de la metrología:

- ✓ Análisis de gas (composición, pureza, valor calorífico).
- ✓ Medición de flujo, temperatura y presión.
- ✓ Seguridad y protección contra explosiones.

En el ámbito de la **normalización** se exige normas técnicas para toda la cadena que en buena parte puedan ser adopciones de normas internacionales. También es recomendable participar en los comités técnicos relevantes de ISO e IEC para desde el inicio conocer las tendencias internacionales y participar en su elaboración.

Un tema extremadamente importante es la seguridad,

en particular la **protección contra explosiones**, que toca en particular la IECEx con su sistema de certificación ATEX o ASME. Desgraciadamente este tema parece ser subvalorado en muchos documentos hasta hoy. En este contexto, **regulaciones** técnicas son sumamente valiosas asegurando la vida humana como animal y protegiendo el medio ambiente.

Acreditación y evaluación de conformidad también están frente con nuevos desafíos. Laboratorios de ensayo y calibración, organismos de certificación e inspecciones deben ser preparados para dar respuestas a los requerimientos del desarrollo de la producción, el transporte y el uso de H₂v. Por un lado, significa asegurar la trazabilidad y la exactitud de las mediciones con apoyo del INM, y por otro lado, el desarrollo de servicios de acreditación. Tareas de los organismos de la certificación son también la certificación del origen de H₂v (es decir que se usa energías renovables y la emisión de CO₂ no supera un valor definido) y de la pureza del H₂v que se basa en mediciones por parte de un laboratorio acreditado.

El desarrollo de la energía eléctrica verde también requiere servicios metrológicos especializados, incluyendo: i) rendimiento de paneles solares, ii) calidad de energía, y iii) conversión de corriente alterna a continua.

En las secciones siguientes se describen la situación actual, los retos técnicos y se presentan propuestas para cerrar las brechas en Colombia.



4.1 Capacidades en análisis de gases para la industria del Hidrógeno

Con el objetivo de conocer el estado actual del país en cuanto al análisis de gases y la demanda de servicios metrológicos asociados (como calibraciones, materiales de referencia, ensayos de aptitud, capacitación, entre otros), el Instituto Nacional de Metrología (INM), en cooperación con la Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI-Naturgas, llevó a cabo en 2025 la encuesta "Capacidades en análisis de gases para la industria del Hidrógeno". Esta fue dirigida a laboratorios que realizan mediciones de gases aplicables a la industria del H₂v. A continuación, se presentan los

resultados más relevantes (INM, 2025b). El análisis se complementa en el capítulo 5 con información sobre los laboratorios acreditados en el país. Los objetivos principales de la encuesta fueron:

- Identificar los equipos utilizados por los laboratorios de calibración y ensayo para el análisis de gases, especialmente hidrógeno.
- Determinar los tipos de gases que se analizan.
- Conocer los parámetros medidos.
- Registrar los métodos y normas técnicas aplicadas.

Los resultados permiten orientar acciones para el fortalecimiento de los servicios metrológicos relacio-

nados con el análisis de gases, particularmente en el contexto del H2v. La encuesta permitió evidenciar que la mayoría de los laboratorios (57%) no realiza este tipo de mediciones, por lo que es importante que haya un fortalecimiento y desarrollo de capacidades para las siguientes pruebas y análisis:

- Análisis de pureza de hidrógeno (pruebas en fuel cell) y otros gases
- Calibración de flujo de gas empleando aire
- Calibración de flujo de gas con hidrógeno
- Análisis de gases de combustión en hornos

El 43% de los laboratorios encuestados si realiza análisis de gases, y lo hace para hidrógeno y metano, y dióxido de carbono. El parámetro que más se mide es la pureza o impureza del gas; adicionalmente se mide humedad y contenido de agua. de terceros y corporativos tienen amplia experiencia en calibración de instrumentos para gas natural y emisiones vehiculares, pero un conocimiento limitado en hidrógeno. Por ello, se indagó también sobre el interés y el potencial para expandir capacidades en este campo. Los instrumentos utilizados por los laboratorios encuestados incluyen:

- Cromatógrafo de gases
- Espectrómetro de masas
- Analizadores de infrarrojo)

- Analizadores electroquímicos

La encuesta evidenció que todos los laboratorios que realizan análisis de gases también miden oxígeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, mezclas multicomponentes, compuestos azufrados y ácidos orgánicos volátiles. Adicionalmente, algunos laboratorios declararon medir composición isotópica; de estos, dos pertenecen a empresas y uno a una institución de educación superior.

En cuanto al uso de materiales de referencia, empleados para asegurar la calidad y trazabilidad de los resultados de medición, los laboratorios encuestados emplean:

- Mezclas certificadas para gas natural, gas de refinería, gas de combustión, gas licuado del petróleo, sulfuro de hidrogeno (H2S) y azufrados.
- Patrones producidos mediante los protocolos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), que establecen estándares para la producción y certificación de mezclas de gases utilizadas en la calibración de equipos de medición ambiental. Declaran su trazabilidad al NIST (National Institute of Standards and Technology), Instituto Nacional de Metrología de USA.
- Botellas de calibración para las impurezas de hidrogeno.

Estos hallazgos indican la necesidad de mejorar la trazabilidad de las mediciones mediante la producción de materiales de referencia certificados con trazabilidad al Sistema Internacional (SI) y la ejecución de ensayos de aptitud para robustecer las competencias

técnicas de los laboratorios.

La Tabla 10 muestra las diferentes normas empleadas por los laboratorios encuestados para realizar los ensayos o pruebas.

Norma	Contenido
ISO 14687	Especificaciones de producto – Calidad del combustible de hidrógeno
ASTM D 1945	Método de prueba estándar para el análisis de gas natural mediante cromatografía de gases
ASTM D 1946	Práctica estándar para el análisis de gas reformado mediante cromatografía de gases
ASTM D 5504	Método de prueba estándar para la determinación de compuestos de azufre en gas natural y combustibles gaseosos mediante cromatografía de gases y quimioluminiscencia
ASTM D 2163	<i>Standard Test Method for Determination of Hydrocarbons in Liquefied Petroleum (LP) Gases and Propane/Propene Mixtures by Gas Chromatography</i>
GPA 2286	Análisis extendido para Gas Natural y Mezclas Gaseosas similares por Cromatografía de Gases de Temperatura programada.

Tabla10. Normas técnicas aplicadas en los laboratorios encuestadas
Fuente: Encuesta INM/ANDI

Finalmente, se observó que no todos los laboratorios trabajan conforme a las normas ISO/IEC 17025 o ISO 9001, argumentando que la acreditación o certificación representa un costo elevado. Algunos se encuentran actualmente en proceso de evaluación.

Los resultados de la encuesta permiten concluir que es necesario fortalecer los laboratorios de ensayo y

calibración para las mediciones de gases como hidrógeno metano y otros. Lo que también permite inferir la necesidad proveer trazabilidad metrológica al SI, así como la oportunidad en la concientización a los laboratorios acerca de la importancia y los beneficios de utilizar documentos normativos y herramientas metrológicas para realizar las mediciones.

4.3 Análisis de gas

Las visitas realizadas por el Instituto Nacional de Metrología (INM) y el experto del PTB a las empresas Ecopetrol y Promigas en Bogotá y Cartagena, así como los talleres y seminarios virtuales desarrollados con representantes de la industria y de laboratorios, evidenciaron que uno de los principales desafíos actuales es la ausencia de capacidades técnicas en análisis de gases para Hidrógeno Verde (H₂v). Así mismo se destacan:

- El desarrollo de metodologías analíticas avanzadas y validadas y de muestreos a alta presión para caracterizar con precisión la pureza (99.95 y 99.999%) y calidad del H₂v, así como la determinación de los contaminantes críticos que puedan afectar su eficiencia, seguridad y viabilidad. Como contaminantes se destacan humedad, CO, CO₂, H₂S, amoníaco, hidrocarburos y otros.
- La falta la trazabilidad de las mediciones al SI.
- Las dificultades del acceso a materiales de referencia (certificados) que además es muy costoso.
- La falta de intercomparaciones (ensayos de aptitud) dentro del país o la región para asegurar la calidad y comparabilidad de las mediciones.

Actualmente, el INM no cuenta con un cromatógrafo de gases adecuado para el análisis de H₂v ni con personal especializado para dicha labor.

4.4 Las necesidades y brechas en flujo, presión y temperatura



El Laboratorio de Temperatura y Humedad del INM dispone de 37 CMC (Capacidades de Medición y Calibración) reconocidas bajo el Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del CIPM-MRA, incluyendo la calibración de termómetros mediante el método de comparación.

Entre sus patrones nacionales se incluyen seis celdas de punto fijo (fixed-point cells), que cubren un intervalo desde -38,8344 °C hasta 660,323 °C, con incertidumbres de medición muy bajas:

1. The mercury triple-point cell (-38.8344 °C)
2. The water triple-point cell (0.01 °C)
3. The gallium melting-point cell (29.7646 °C)
4. The tin freezing-point cell (231.928 °C)
5. The zinc freezing-point cell (419.527 °C)
6. The aluminum freezing-point cell (660.323 °C)

Actualmente, el laboratorio ofrece servicios de calibración de termómetros de resistencia de platino, tanto por el método de puntos fijos (entre -38,8344 °C y 660,323 °C) como por el método de comparación (de -70 °C a 250 °C). Esto permite atender los requerimientos de calibración para termómetros utilizados en electrolizadores alcalinos y de membrana (tipo PEM y AEM), que operan entre 40 °C y 90 °C durante la producción de H₂v.

Para H₂v falta el alcance entre -38.8344°C y -259.3467°C.

No obstante, para las etapas de almacenamiento y control de explosiones, se requieren capacidades fuera de estos rangos, especialmente a temperaturas inferiores a -70 °C, relacionadas con aplicaciones en criogenia, donde el transporte del hidrógeno se vuelve más eficiente y rentable. Estas mediciones se realizan conforme a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90).

El almacenamiento y transporte del H₂v puede darse en diferentes estados físicos: gas comprimido, hidrógeno criocomprimido y hidrógeno líquido. La figura 4 presenta un gráfico de densidad del hidrógeno en función de la temperatura y a diferentes presiones, lo que resulta clave para la fase de almacenamiento. Este gráfico distingue tres zonas:

- Hidrógeno gaseoso comprimido, entre -40 °C y 27 °C.
- Hidrógeno criocomprimido, entre -240 °C y -40 °C.
- Hidrógeno en estado líquido, entre -253 °C y -240 °C.

Como se aprecia para obtener la mayor densidad energética se requiere trabajar a Altas Presiones y Temperaturas muy bajas, siendo este el punto fundamental de las brechas a cerrar en estas magnitudes físicas.

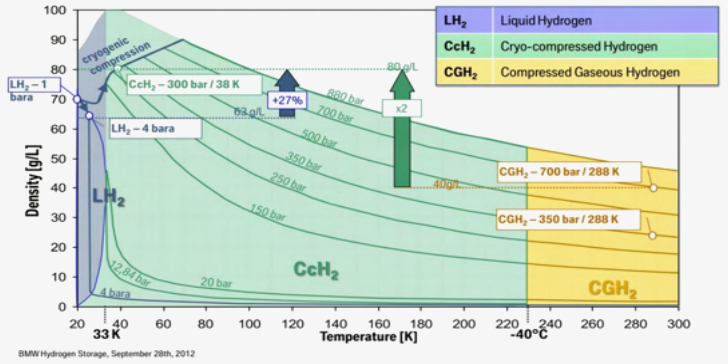


Figura 4. Gráfico de densidad en función de la temperatura para el Hidrógeno



El hidrógeno posee una densidad másica muy baja, pero una alta densidad energética por unidad de masa (kWh/kg). Para consolidarse como un vector energético eficiente, es fundamental optimizar su manejo en función de la presión, especialmente en:

- Almacenamiento: tanques presurizados, seguridad, resistencia a fugas.

- **Distribución:** compresión mecánica, estabilidad en ductos, trazabilidad.
- **Uso final:** presión de alimentación en procesos y equipos industriales.

El Laboratorio de Presión del INM cuenta actualmente con capacidades de medición y calibración hasta 11 MPa (megapascuales) en presión neumática. El principal reto identificado es ampliar este alcance hasta 90 MPa, lo que permitiría registrar nuevas CMC en este campo.

- **Sistemas de medición en presión hidráulica hasta 500 Mpa.**
- **Sistemas de medición en presión neumática hasta 11 Mpa.**

Por ejemplo, Ecopetrol almacena hidrógeno a presiones de hasta 900 bar y realiza el envasado a 700 bar, pero actualmente no cuenta con trazabilidad metrológica para sus instrumentos. Esta operación requiere el desarrollo de métodos de muestreo a alta presión y análisis posterior de la calidad del gas. Cabe destacar que la tecnología de almacenamiento a más de 500 bar aún es incipiente y de alto costo.



El Laboratorio de Flujo de Gas del INM dispone de un patrón primario tipo pistón para calibración de medidores de volumen y caudal, tales como:

- Medidores de desplazamiento positivo (tipo diafragma, cámaras húmedas)
- Caudalímetros de gas (boquillas sónicas)

El intervalo de calibración actual va desde 0.016 m³/h hasta 16 m³/h. El laboratorio está en proceso de apertura formal de servicios de calibración en boquillas sónicas y medidores tipo diafragma.

En la práctica internacional, se emplean boquillas sónicas como patrones para la calibración de caudalímetros. Sin embargo, su aplicación para H₂v, especialmente a presiones elevadas (100 a 900 bar), aún se encuentra en fase de exploración. Además, se está realizando una revisión normativa, ya que las normas actuales no están totalmente adaptadas a los requerimientos del H₂v.

El INM proyecta realizar una investigación sobre metrología de flujo de H₂v, incluyendo estándares internacionales, mejores prácticas, estudios de viabilidad, equipos especializados y protocolos de seguridad, así como, estudiar los resultados obtenidos en otros institutos sobre los medios utilizados (aire, nitrógeno o el mismo hidrógeno) para la calibración de los equipos de flujo de interés, esto permitirá comprender los desafíos y soluciones existentes en este ámbito.

Las tareas del INM consisten en:

- Realizar una revisión bibliográfica exhaustiva.
- Consolidar las necesidades de la industria y laboratorios acreditados en el país.
- Definir la evolución de la magnitud en el ámbito del INM

- Diseñar y planear la infraestructura requerida.
- Elaborar una estimación inicial de la inversión requerida para el proyecto, incluyendo la adquisición de equipos, la adecuación de instalaciones y la formación del personal.

4.5 Potencia de energía y Calidad de la energía

El Laboratorio de Potencia y Energía Eléctrica del Instituto Nacional de Metrología (INM) cuenta con capacidades instaladas y competencias técnicas que le permiten aportar significativamente en la producción de hidrógeno verde (H₂v). En este sentido, el Laboratorio tiene como perspectiva implementar sistemas de medición que permitan diseminar la trazabilidad metrológica de los resultados de medición en sistemas de electrólisis alimentados por corriente continua (DC). En este contexto, el laboratorio podría:

- **Asegurar la validez de los resultados de medición** de los medidores de energía utilizados en sistemas de electrólisis, garantizando precisión en el monitoreo del consumo energético.
- **Contribuir al control metrológico de equipos de medición de potencia**, mediante la calibración

de comparadores trifásicos de transferencia AC/DC, asegurando que los instrumentos empleados no superen los errores máximos permitidos.

- Ofrecer servicios de calibración de transformadores de tensión y corriente, fundamentales para la medición en las fases de distribución y utilización del H₂v como portador energético.

Como resultado del análisis técnico, se han identificado diversas necesidades metroológicas prioritarias para el laboratorio:

- **Ampliación de capacidades de medición y calibración (CMCs) para abarcar servicios de calibración de medidores de energía eléctrica en corriente continua (DC).**
- **Ampliación de CMCs para desarrollar alcances de calibración de instrumentos en alta tensión DC.**



INM, Laboratorio de Potencia y Energía Eléctrica

Por su parte, el Laboratorio de Calidad de Energía del Instituto Nacional de Metrología (INM) cuenta con capacidades para la determinación de la calidad de la potencia en sistemas eléctricos, a través de la estimación de la distorsión armónica total en tensión y corriente alterna como parámetros fundamentales para garantizar un flujo eléctrico estable en redes de tipo residencial o industrial.

Orientado hacia la cadena de valor de producción y distribución de H₂v, el Laboratorio puede brindar la asistencia requerida a los diferentes actores del sector eléctrico, específicamente a aquellos enfocados en el uso de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), de manera que apropien y apliquen los procesos asociados con la trazabilidad metroológica en analizadores de red, comparadores trifásicos de transferencia AC/DC o fuentes patrón, empleados en la producción del Hidrógeno verde.

En este sentido, y como resultado del análisis técnico, se han identificado las siguientes necesidades metroológicas prioritarias para este Laboratorio:

- **Implementar la redundancia de patrones de referencia en el Laboratorio para garantizar la continuidad de los servicios del Laboratorio.**
- **Ampliación de CMCs para implementar pruebas enfocadas a la evaluación del desempeño de patrones de Potencia y Energía Eléctrica implementando distorsiones controladas, añadiendo una componente del quinto armónico.**

4.6 Conclusiones para el desarrollo de la metrología

- **Implementación de equipos de medición avanzados y sistemas de calibración:** Se requiere establecer sistemas de calibración primarios y secundarios que aseguren la trazabilidad metroológica de las mediciones asociadas al H₂v y sus mezclas, conforme a los patrones nacionales e internacionales.
- **Desarrollo y validación de métodos analíticos:** Es fundamental desarrollar métodos robustos y precisos que consideren condiciones específicas de operación (rango de presiones, temperaturas y concentraciones), garantizando mediciones confiables en todas las etapas de la cadena de valor del hidrógeno.
- **Capacitación y transferencia de conocimiento:** Promover espacios de formación técnica continua mediante talleres, cursos y programas de intercambio con instituciones nacionales e internacionales, que fortalezcan las capacidades humanas en metrología aplicada al H₂v.
- **Desarrollo de infraestructura de laboratorios especializados:** Se requiere la creación y fortalecimiento de laboratorios acreditados y equipados con tecnología de punta, dedicados a la caracterización del hidrógeno bajo los estándares internacionales más exigentes.
- **Establecimiento de alianzas estratégicas con centros de I+D+i:** Fomentar la colaboración con universidades y centros de investigación para impulsar desarrollos científicos y tecnológicos en torno al H₂v, integrando la metrología como componente transversal de la innovación.
- **Actualización normativa y regulación metroológica:** Es indispensable desarrollar, adoptar y actualizar normas técnicas nacionales alineadas con estándares internacionales (como ISO), que regulen todas las etapas de la cadena de producción, almacenamiento, transporte y uso del hidrógeno.
- **Evaluación del impacto metroológico:** Se deben realizar estudios que identifiquen los efectos físicos y químicos en los distintos eslabones de la cadena de valor del H₂v, con el fin de priorizar las capacidades metroológicas necesarias, según las tendencias internacionales y la hoja de ruta nacional.



Colombia cuenta con algunas guías y normas técnicas relacionadas con el hidrógeno desde la década de 1970. No obstante, el panorama cambió significativamente a partir del impulso del gobierno colombiano, en los primeros años de esta década, para fomentar la producción y el uso del H2v.

En julio de 2022, ICONTEC creó el **Comité Técnico de Normalización CTN 259** sobre Hidrógeno, con el propósito de promover la elaboración y adopción de normas técnicas enfocadas en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas y equipos para la producción, almacenamiento y transporte de hidrógeno, incluyendo su uso en medios de transporte (vehículos, barcos, entre otros).

Para organizar el trabajo de manera más eficiente, se establecieron tres grupos de trabajo:

- Grupo de Trabajo 1: Producción.
- Grupo de Trabajo 2: Transporte y estaciones de servicio.
- Grupo de Trabajo 3: Uso en vehículos.

El CTN 259 cuenta con 259 miembros registrados en la plataforma e-conecta, provenientes de la industria, el gobierno, la academia y gremios. Se celebran reuniones periódicas tanto de los grupos de trabajo como plenarias. Hasta febrero de 2025, se han aprobado 37 documentos normativos (ver Anexo 2).

Como uno de los miembros latinoamericanos más activos en ISO, ICONTEC — en representación de Colombia — participa como observador en el subcomité ISO/TC 197/SC1, colaborando en el desarrollo de la norma ISO 19870-1: “Tecnologías de hidrógeno –

Metodología para la determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con la producción de hidrógeno”. Esta norma aún se encuentra en borrador y se espera su finalización para finales de 2025, lo que permitirá su pronta adopción como NTC una vez sea publicada oficialmente²².

Hasta el momento, el trabajo de normalización en Colombia se ha enfocado principalmente en la producción de H2v y su uso como vector energético en el transporte terrestre. Esto incluye normas sobre electrólisis, celdas de combustible, uso en vehículos,

estaciones de servicio y reducción de emisiones de GEI. Asimismo, existen normas generales relacionadas con seguridad, como la GTC-ISO-TR 15916:2015.

Este enfoque está alineado con la política del Gobierno Nacional, que prioriza el desarrollo de la producción de H2v y su implementación en el sector transporte. En línea con ello, el programa de normalización para 2025 contempla la adopción y elaboración de normas técnicas adicionales orientadas al uso del H2v en automóviles y estaciones de servicio para su distribución (ver Tabla 11).

	Código y título	Documento de referencia	Fecha de ratificación	Documento de referencia vigente	Acción sugerida
1	NTC-ISO 22734, Generadores de hidrógeno que utilizan electrólisis del agua. Aplicaciones industriales, comerciales y residenciales	ISO 22734:2019	21/06/2023	ISO/FDIS 22734-1	Actualizar
2	NTC-ISO 19880-5, Hidrógeno gaseoso. Estaciones de llenado. Parte 5: Mangueras y ensambles de mangueras del dispensador	ISO 19880-5:2019	27/07/2023	ISO/FDIS 19880-5 50.00 Final text received or FDIS registered for formal approval	Esperar la circulación del FDIS para comenzar la actualización de la NTC
3	NTC-ISO 19881, Hidrógeno gaseoso. Contenedores de combustible para vehículos terrestres	ISO19881:2018	27/07/2023	ISO/FDIS 19881	Actualizar
4	NTC-ISO 17268, Conector de llenado para el suministro de hidrógeno gaseoso a los vehículos terrestres	ISO 17268:2020	27/07/2023	ISO/FIS 17268-1 Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices Part 1: Flow capacities up to and including 120 g/s	Actualizar

²² <https://www.iso.org/committee/9387084.html>

	Código y título	Documento de referencia	Fecha de ratificación	Documento de referencia vigente	Acción sugerida
5	Nueva NTC-ISO 19880-7 Hidrógeno gaseoso. Estaciones de servicio. Parte 7: Junta tórica de caucho (o-ring)	ISO/FDIS 19880-7		Final text received or FDIS registered for formal approval [50.00]	Esperar la circulación del FDIS para comenzar la elaboración de la NTC
6	Nueva NTC-ISO 19885-1, Hidrógeno gaseoso — Protocolos de dispensado de combustible para vehículos alimentados con hidrógeno — Parte 1: Proceso de diseño y desarrollo de los protocolos de llenado	ISO 19885-1:2024			Adoptar
7	Nueva NTC-ISO 24078, Hidrógeno en sistemas de energía. Vocabulario	ISO/FDIS 24078		Proof sent to secretariat or FDIS ballot initiated: 8 weeks [50.20]	Adoptar
8	Nueva NTC-ISO 19887-1, Hidrógeno gaseoso. Componentes del sistema de combustible para vehículos que operan con hidrógeno. Parte 1: vehículos terrestres	ISO 19887-1:2024			Adoptar
8	Nueva NTC-ISO 21087:2019, Análisis de gases. Métodos analíticos para combustible de hidrógeno. Aplicaciones de celdas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) para vehículos de carretera	ISO 21087:2019			Adoptar

Tabla 11. Normas Técnicas Colombianas para hidrógeno / Programación para 2025
Fuente: ICONTEC

Las NTC desarrolladas con apoyo francés han estado alineadas con los requerimientos de proyectos piloto centrados en el uso del H2v como combustible para el transporte y, en algunos casos, para uso doméstico.

Con base en la experiencia internacional, se identifican los siguientes retos futuros en normalización:

- **Seguridad y protección contra explosiones:** Es fundamental fortalecer las normas enfocadas

en la seguridad operacional y el desarrollo de ensayos y regulaciones que aseguren el control y cumplimiento de los requisitos técnicos en diferentes aplicaciones.

- **Normalización para infraestructura de transporte (gasoductos):** Se requiere establecer normas que regulen las condiciones técnicas de los gasoductos que transportan H2v puro, asegurando la preservación de su pureza, temperatura y presión. Actualmente, se recurre al blending con gas natural, pero se espera que el uso de H2v puro aumente, exigiendo normas más específicas.
- **Ensayos metroológicos especializados:** Se debe fortalecer la articulación con el sistema nacional de metrología y los centros de I+D+i para desarrollar normas que cubran ensayos de composición, flujo, presión, temperatura y protección contra explosiones.
- **Anticipación a nuevas aplicaciones industriales:** Es clave monitorear tendencias internacionales del uso del H2v en sectores como acero, cemento y construcción naval, a fin de iniciar los procesos de normalización con suficiente antelación.





En el contexto de la cadena de valor del hidrógeno verde (H₂v), que incluye la producción de energía renovable (solar fotovoltaica y eólica), se identifican brechas importantes en infraestructura de calidad. Según la base de datos del ONAC, salvo en el área de fotometría, existe una ausencia o escasez significativa de laboratorios acreditados para ensayos y calibraciones pertinentes (ver tabla 12). Esta situación representa un desafío crítico para asegurar la calidad del producto final, dado que el H₂v debe alcanzar niveles de pureza muy elevados.

Adicionalmente, conviene resaltar que las acreditaciones emitidas por ONAC cuentan con reconocimiento

internacional gracias a su condición de signatario de los acuerdos multilaterales ILAC-MRA (para laboratorios de ensayo y calibración) e IAF-MLA (para organismos de certificación)²³. Esto implica que los resultados de ensayo y los certificados emitidos por laboratorios acreditados por ONAC son aceptados en más de un centenar de economías sin necesidad de repetir pruebas, lo que reduce costos y tiempos para los exportadores colombianos de hidrógeno de bajo carbono y sus derivados. Este respaldo global fortalece la confianza de compradores y autoridades regulatorias en los mercados de destino, y posiciona al país como proveedor confiable de servicios analíticos alineados con los requisitos internacionales.

²³ ILAC y IAF fusionan en 2026 y continúan como una sola organización Global Accreditation Corporation Incorporated,

Tanto la certificación de calidad del hidrógeno como las inspecciones de seguridad dependen en gran medida de la competencia técnica de los laboratorios, evidenciada por su acreditación ante organismos reconocidos.

Área	Número
Radiación solar (calibración)	0
Fotometría (calibración)	10
Paneles solares (ensayos)	3
Análisis de gas (calibración)	1
Protección contra explosiones (calibración)	3
Protección contra explosiones (ensayos)	9

Tabla 12. Laboratorios de calibración y ensayos relevantes
Fuente: : <https://onac.org.co/directorio-de-acreditados/buscar-por-palabra-clave/> 2025-07-06

Aunque existen Organismos de Evaluación de la Conformidad (OEC) acreditados en velocidad y volumen de gases, su alcance no incluye el hidrógeno, sino aplicaciones como anemómetros o medidores de gas domiciliario. Actualmente, solo hay un OEC acreditado para calibrar analizadores de gases para H₂ (INSATECH SAS, código 21-LAC-009), utilizando un procedimiento interno validado, con base en un procedimiento emitido por un Instituto Nacional de Metrología.



DB1	Concentración de sustancia/ Fracción de cantidad	H2 0 mmol/mol 10 mmol/mol 20 mmol/mol	H2 0.62 mmol/mol 0.62 mmol/mol 0.71 mmol/mol	Equipo de medición de gases de lectura directa e indirecta	Material de Referencia Certificado (MRC)	Procedimiento interno validado CA-PR-07 Calibración de monitores de gas V.3 de 2023-07-24
-----	---	--	---	--	--	---

Tabla 13. INSATECH SAS, Bogotá
Fuente: : Directorio oficial de Acreditados, sitio web de ONAC

En cuanto a ensayos acreditados, solo se cuenta con un laboratorio: el CDT de Gas en Bucaramanga (10-LAB_013), que opera en el rango de análisis entre 1,018 cmol/mol y 98,992 cmol/mol ver (tabla 13).

L16	C44	Análisis composicional de mezclas de gases por cromatografía de gases	Cromatografía de gases	Gas natural y mezclas gaseosas similares	Hidrógeno	ASTM D7833-20
-----	-----	---	------------------------	--	-----------	---------------

Tabla 14. CDT de Gas, Bucaramanga
Fuente: : Directorio Oficial de Acreditados de ONAC

Además, ONAC ha identificado más de 10 laboratorios con potencial para obtener acreditación en ensayos de análisis de hidrógeno. Actualmente, hay 5 laboratorios acreditados en análisis de gases, aunque muchos otros, especialmente de empresas privadas, realizan este tipo de análisis sin acreditación. Estos laboratorios también podrían integrarse al sistema nacional de calidad si se fortalecen las capacidades necesarias (ver Anexo 3).

Una de las principales debilidades es la falta de trazabilidad metrológica para las mediciones de hidrógeno, una condición fundamental para garantizar niveles de pureza entre el 99,95 % y 99,99 % requeridos para aplicaciones críticas.

ONAC cuenta también con 15 laboratorios de ensayo que cuentan con capacidades relevantes para el sector

productivo del Hidrogeno Verde, toda vez que realizan ensayos en paneles solares, asociados con las fuentes de energía que participan en la producción o transporte del Hidrógeno, así como ensayos en cilindros, tuberías, válvulas, manqueras, tanques y componentes de instalaciones, asociadas con el transporte y almacenamiento del Hidrógeno (ver Anexo 3).

En el ámbito de protección contra explosiones, no existen laboratorios acreditados en Colombia conforme a estándares norteamericanos o europeos. Actualmente, certificaciones bajo estándares como los de la ASME (American Society of Mechanical Engineers) son emitidas directamente por esta organización desde su sede en Nueva York. IECEx autoriza también directamente a laboratorios, instalaciones y

personas por certificados después de una auditoría ejecutada por expertos internacionales (véase cap. 7).

Dentro de las tareas de ONAC juega un papel importante la acreditación de organismos de inspección. Aunque todavía no hay organismos de inspección acreditados para instalaciones a lo largo de la cadena de valor de H2v. ONAC puede basar en la experiencia de la acreditación de organismos de inspección y verificación metrológica en sectores con riesgos y tecnologías similares (véase anexo 4). Se trata, por ejemplo, de

- Los Organismos Autorizados de Verificación Metrológica (OAVM), reglamentados bajo la resolución No. 37337 del 15 de junio del 2022.
- Los organismos que inspeccionan Estaciones de Servicio que suministran Gas Licuado del Petróleo (GLP), bajo la Resolución No. 40368 del 4 de diciembre de 2020.
- Las Estaciones de Servicio de Combustible Líquido (EDS), bajo la resolución 40198 de 2021 y resolución No. 40405 de 2020.
- Las Estaciones de Gas Natural Comprimido Vehicular (GNCV), bajo la resolución 40278 de 2017 y resolución 40302 de 2018.

- Los organismos de inspección acreditados que realizan mediciones de eficiencia en las TEAS en facilidades de producción petrolera, así como detección y cuantificación de fugas de gas natural. Esta labor se enmarca en lo dispuesto por la resolución 40066 del 11 de febrero del 2022 y la resolución 40317 del 10 de abril del 2023 del MME.
- Los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA), regulados a través de la resolución 3768 de 2013.

ONAC tiene también experiencias en acreditar tanto organismos de certificación de productos y procesos (ISO/IEC 17065) como organismos de certificación de personas (ISO/IEC 17024) que incluyen aspectos de seguridad. La ISO/IEC 17065 permite evaluar y declarar la conformidad de componentes críticos - electrolizadores, compresores, tuberías, válvulas, cilindros de almacenamiento, dispensadores y celdas de combustible - frente a normas técnicas como ISO 22734, ISO 19880-1 e ISO 14687. La certificación de personas puede referirse entre otras cosas a competencias verificadas en soldadura especializada, mantenimiento de alta presión, inspección en atmósferas explosivas (Ex) y manipulación de combustibles gaseosos.

²⁴ <https://www.asme.org/>, 13-04-2025

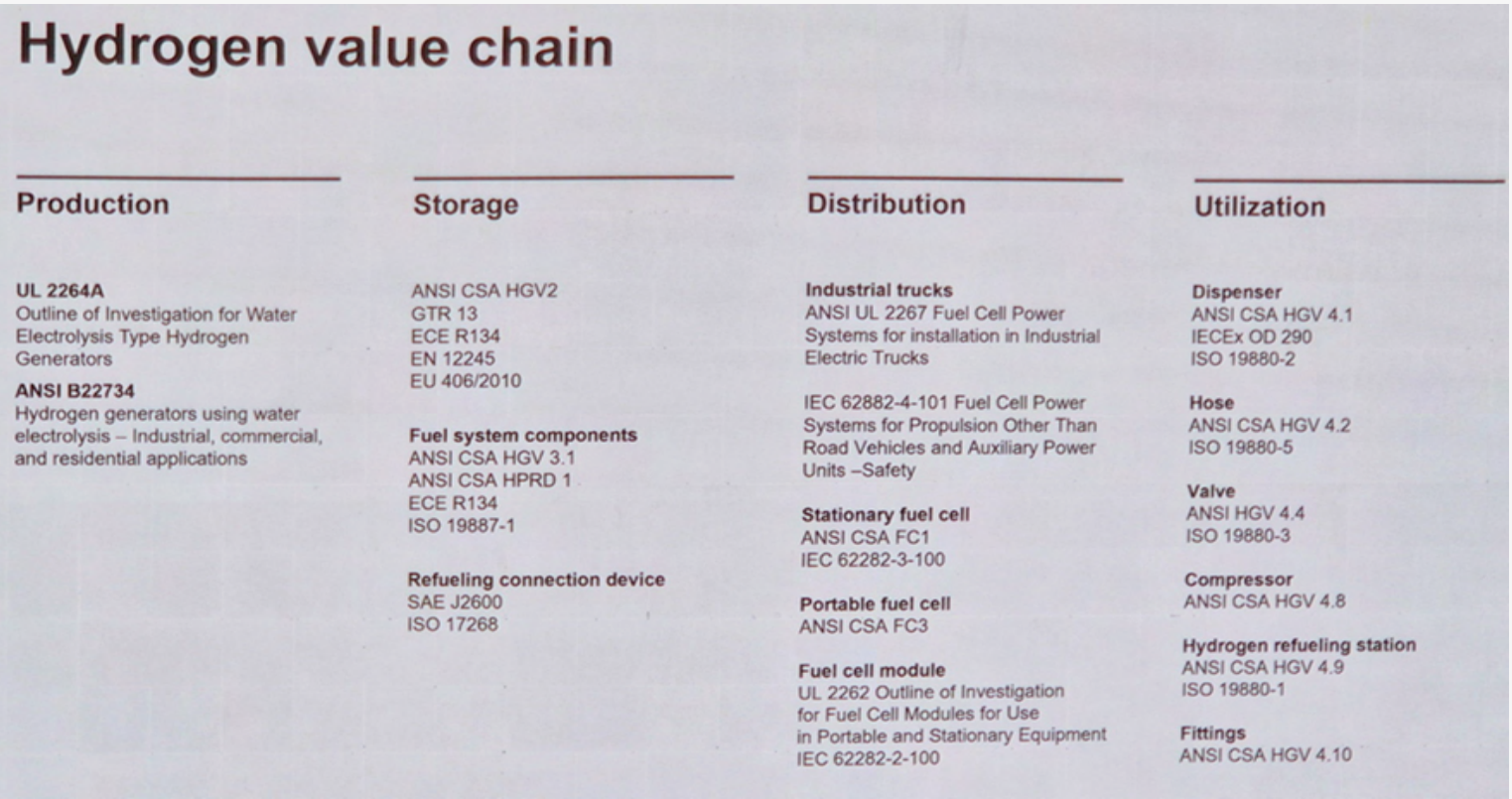


La seguridad, especialmente la protección contra explosiones es un aspecto subestimado a pesar de las propiedades intrínsecas del hidrógeno que demandan estrictas medidas de control:

- ✓ Es un gas incoloro, inodoro e insípido.
- ✓ Es el gas más ligero que existe.
- ✓ Es altamente inflamable.
- ✓ Actúa como vector energético, no como fuente primaria de energía.



Por estas razones, tanto las normas técnicas como las regulaciones específicas para la producción, transporte, uso y control de H₂v adquieren una relevancia crítica para prevenir accidentes que podrían tener consecuencias catastróficas para la industria, las personas y el medio ambiente. Además, el desarrollo de las normas técnicas internacionales para la cadena de valor de H₂v todavía están en desarrollo. Por ejemplo, las normas técnicas para las instalaciones de H₂v están en fase de su elaboración. Como muestra la compilación de las normas técnicas aplicadas por UL (Brasil) actualmente se aplica diferentes normas técnicas internacionales, nacionales y privadas hasta normas internas de UL para garantizar la seguridad de las instalaciones a lo largo de la cadena de valor de H₂.



Fuente: Presentación de Eduardo Galera, 3 Congreso Nacional de Hidrógeno y Eficiencia Energética 17 de julio de 2025²⁵

Algunos retos regulatorios clave son:

- **Ausencia de regulación técnica para el transporte por gasoductos**, donde las exigencias de presión y materiales son elevadas para garantizar pureza y seguridad.
- **Falta de regulación para transporte en tanques terrestres o marítimos**, donde el

hidrógeno suele transportarse en estado líquido, bajo presiones de hasta 1000 bar y temperaturas extremadamente bajas.

- **Regulación para mitigar fluctuaciones en la oferta de energía renovable**, ya que estas oscilaciones afectan la vida útil de los electrolizadores y elevan el costo de producción (en Alemania se estima entre 2 y 3 EUR/kg).

²⁵ <https://www.andi.com.co/Home/Camara/1044-camara-de-hidrogeno-y-gases-renovables-a>, 2025-07-17

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) tienen funciones regulatorias clave. No obstante, la normativa vigente se centra más en la eficiencia energética y la estructura de mercado que en aspectos de seguridad industrial.²⁶

Conforme a las informaciones de ICONTEC, y en relación a los Marcos y estándares internacionales relevantes, se observa:

- **American Society of Mechanical Engineers (ASME).** ASME desarrolla normas técnicas para el sector industrial con énfasis en la calidad y la seguridad de los productos (incluyendo los proveedores a lo largo de la cadena de valor). Trabaja no solamente en América del Norte sino actúa en muchas regiones del mundo incluso, por ejemplo, América Latina, India y República Popular de China. ASME ha desarrollado un Programa de Acreditación de Evaluación de Conformidad (*Conformity Assessment Accreditation Program*) que otorga certificaciones a la calidad y seguridad de productos (ASME Mark). Para la seguridad en el ámbito de H₂v está importante el *ASME Boiler and Pressure Vessels Code*. A parte de las normas técnicas especiales

para la protección contra explosiones, ASME también se ha preocupado de hidrógeno (verde y otros colores) y de normas técnicas en este ámbito.²⁷

- **International Electrotechnical Commission (IEC):** Es la organización internacional de normalización que se preocupa de la seguridad de los productos y procesos técnicos. Colombia es uno de los pocos países latinoamericanos que son miembros de la IEC y que dispone de un Comité Nacional de la IEC vinculado al ICONTEC. Importante para el trabajo con electricidad, combustibles y gas es la participación en IECEx, una subentidad de la IEC para protección contra explosiones. Brasil es el único miembro de IECEx en América Latina y el Caribe. IECEx ha desarrollado e implementado el IECEx proceso de evaluación de conformidad que trabaja con el IECEx *Certified Equipment Scheme* y edita *Test Reports* (ExTRs), *Quality Assessment Reports* (QARs) y el *Certificate of Conformity* (CoC). Es un esquema de certificación de laboratorios de ensayos que trabaja con expertos internacionales.²⁸ Para ser certificados los laboratorios deben ya ser acreditados por la ISO/IEC 17025.

- **En la Unión Europea se aplica la Directiva 2014/34/UE de 26 de febrero de 2014** sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (refundición). Determina las reglas para poner en mercado productos usados en áreas bajo peligro de explosiones. Comprende productos eléctricos y no-eléctricos. Se funda en las determinaciones y reglas de IECEx.

En visitas a empresas en Bogotá y Cartagena se observó el cumplimiento de estándares de seguridad ocupacional (ISO/IEC 18000), pero se recibió poca información sobre esquemas especializados como IECEx/ATEX o ASME en lo que respecta a hidrógeno. Dado el nivel de riesgo asociado al manejo de H₂, se identifican las siguientes necesidades urgentes:

- Aumentar la concientización sobre los riesgos del H₂ mediante talleres y webinars dirigidos a la industria, reguladores e instituciones de calidad.
- Desarrollar regulaciones específicas para la producción, transporte y uso del H₂v, incluyendo su fiscalización.
- Establecer una discusión técnica nacional sobre los beneficios y limitaciones de aplicar los esquemas ASME versus IECEx/ATEX u otra opción en el contexto colombiano.

Si bien el país aún no cuenta con organismos acreditados específicamente para evaluar instalaciones de H₂v bajo criterios de seguridad contra explosiones, existen antecedentes relevantes en sectores con riesgos similares, como el Gas Licuado del Petróleo - GLP, el Gas Natural Comprimido Vehicular - GNCV y las Estaciones de Servicio de Combustible Líquido - EDS. En estos contextos, los organismos de inspección acreditados por ONAC han desarrollado competencias técnicas en la verificación de sistemas presurizados, válvulas de seguridad, protección contra sobrepresión, ventilación y detección de fugas, conforme a los reglamentos técnicos sectoriales vigentes.

Esta experiencia puede servir de base para adaptar criterios de inspección a las tecnologías del H₂v, permitiendo al país avanzar progresivamente en la acreditación de organismos especializados que evalúen instalaciones bajo condiciones de atmósferas explosivas o manipulación de gases inflamables.



²⁶ <https://creg.gov.co/>, 2025-04-13

²⁷ <https://www.asme.org/>, 13-04-2025

²⁸ <https://www.iecex.com/certified-equipment-scheme/contact-a-certification-body/>, 10-04-2025



8.1 Metrología

(1) Actualmente el desafío mayor es la mejora de la **medición de la composición de H₂v** (pureza, valor calorífico). Se necesita métodos de medición que aseguran una pureza hasta un 99.999%. Actualmente, el INM no dispone de un cromatógrafo de gas ni de personal calificado para asegurar la trazabilidad al SI. De eso resulta la necesidad.

- i. Entrenar suficientes profesionales del INM en la aplicación de un cromatógrafo de gas y los métodos de medición y validación de la pureza de H₂v con las incertidumbres exigidas. Se propone el procedimiento siguiente: (a) formación básica en un laboratorio de la región

(INMETRO, LATU), (b) formación especializada en el PTB.

- ii. Adquirir un cromatógrafo de gas con los parámetros exigidos para la medición de la composición del gas
- iii. Entrenar los profesionales de los laboratorios de tercera parte y de las empresas en los métodos de determinación de la impureza de H₂v.
- iv. Como el INM todavía no dispone de un cromatógrafo de gas propio el entrenamiento se propone la colaboración con uno de los laboratorios de la industria calificados.

(2) Se debe fortalecer las competencias técnicas del

INM para **mediciones de temperaturas bajo de -38.8344°C** exigidas para el transporte, el almacenamiento y el uso de H₂v. Para esto es necesario

- i. Ampliar el equipamiento del INM (puntos fijos) para poder responder a estas exigencias.
- ii. Entrenar profesionales del INM en la aplicación de los equipamientos para asegurar la trazabilidad en los alcances necesarios a los usuarios.
- iii. Entrenar los profesionales de los laboratorios de 3era parte y de las empresas en los métodos relevantes de medición y calibración.

(3) Se debe fortalecer las competencias técnicas para mediciones en presión alta sobre 200 bar necesarios para el transporte y el almacenamiento de H₂v.

- i. Ampliar el equipamiento del INM para poder responder a estas exigencias (previsto por un proyecto H2Uppp).
- ii. Entrenar profesionales del INM en la aplicación de los equipamientos para asegurar la trazabilidad en los alcances necesarios a los usuarios (entrenamiento básico previsto por un proyecto H2Uppp).
- iii. Entrenar los profesionales de los laboratorios de tercera parte y de las empresas en los métodos relevantes de medición y calibración.

(4) Mejorar las competencias técnicas del INM en **flujo**

de gas (caudal) para esto es necesario:

- i. Desarrollar la infraestructura requerida para dar trazabilidad a los medidores de flujo de gas de H₂v.
- ii. Implementar los métodos para poder cuantificar de manera exacta la cantidad de Hidrógeno m³/h – kg/h.
- iii. Desarrollar las competencias para verificar la no existencia de fugas del gas.
- iv. Entrenar los profesionales de los laboratorios de tercera parte y de las empresas en los métodos relevantes de medición y calibración.

(5) Desarrollar a mediano plazo las capacidades y competencias de producir **materiales de referencia (¿certificados?)** y las competencias de realizar ensayos de aptitud tanto en cromatografía como también en las magnitudes y rangos necesarios en temperatura, presión y flujo.

(6) Ofrecer los servicios del Laboratorio de **Potencia y energía eléctrica** y de **Calidad de energía** del INM para la medición de la cantidad y calidad de energía verde producida y de la suministrada a los electrolizadores para la producción de H₂v, es recomendable ampliar las capacidades en DC.

(7) Además, deben ser fortalecidas todas competencias del INM que se refieren a la **seguridad y la protección contra explosiones**.

8.2 Normalización

Desde 2022 se realiza un trabajo continuo en ampliar y completar las NTC para H2v. Para su desarrollo ser necesario:

Fortalecer el trabajo normalizador para temas de la seguridad, en particular protección contra explosiones.

- Fortalecer el trabajo normalizador para los gasoductos para H2v

Fortalecer el trabajo normalizador para ensayos (composición, flujo, presión, temperatura, protección contra explosiones)

- Observar las tendencias internacionales en el uso industrial de H2v (por ejemplo, en la industria de acero, la industria de cemento, la construcción naval) para comenzar con el trabajo normalizador a tiempo.

8.3 Acreditación y Evaluación de Conformidad

Hasta el momento solamente un laboratorio es acreditado por ONAC para H2 en el área de calibración. La certificación de H2v se refiere solamente a la certificación del origen de la energía eléctrica (fotovol-

taico o eólico) y el máximo de emisión de CO2 y está realizada sin la inclusión de ONAC. Métodos de medición confiables y comparables para definir la pureza de H2v que forman la base para la *certificación de la pureza como también para diferenciar los diferentes tipos de H2* (verde, gris, azul, etc.) todavía están en desarrollo. A pesar de que ONAC con sus experiencias en la acreditación de productos y procesos dispone de una base excelente para desarrollar esquemas específicos de eso resultan varios retos:

- El INM, ICONTEC y ONAC deberían acompañar los esfuerzos internacionales de I+D, articulando trazabilidad metrológica, adopción NTC de normas ISO/IEC pertinentes y esquemas de acreditación, de modo que los requisitos derivados de esos avances se incorporen de forma coherente al SICAL.
- Los laboratorios de tercera parte y las empresas requieren entrenamiento y ensayos de aptitud, así como intercomparaciones con trazabilidad al SI, alineadas con los requisitos de ISO pertinentes, a fin de demostrar y mantener competencias técnicas.
- Debido a la demanda por los organismos de evaluación de la conformidad ONAC puede habilitar esquemas de acreditación aplicables a la cadena del H2: certificación de productos y procesos (ISO/IEC 17065) para componentes críticos (electrolizadores, compresores, tuberías,

válvulas, cilindros, dispensadores, celdas de combustible) y certificación de personas (ISO/IEC 17024) para soldadores y personal de operación/mantenimiento, articulados con la verificación metrológica legal (modelo OAVM) para garantizar la exactitud en dispensadores de H2.

8.4 Seguridad, protección contra explosiones y regulaciones

Además de los esquemas mencionados, la infraestructura de la calidad para el H2 bajo en carbono requiere esquemas de certificación que garanticen la seguridad, la interoperabilidad y la confianza del mercado en los procesos y productos a lo largo de toda la cadena de valor. A pesar de las experiencias de que dispone ONAC se necesita una decisión (¿política?) cuál alternativa se aplica en el futuro.

- Continuar con el esquema de certificación de ASME que asegura el reconocimiento en los países que cooperan con ASME.
- Aplicar el esquema de certificación de instalaciones, procesos y personas por IECEx que implica la necesidad de hacerse miembro de IECEx y pagar la cuota de membresía. Los certificados IECEx son reconocidos en Europa y muchos otros países del mundo.

- Tomar otra decisión que involucra ONAC.

Del punto de vista de seguridad parece más recomendable la variante b) por el uso de auditores internacionales con mucha experiencia en el tema, pero también depende de la demanda y las posibilidades de pagar la cuota de membresía. Hay que aclarar hasta qué punto se puede usar organismos extranjeros reconocidos por IECEx en un período de transición. En los casos a) y b) la certificación está realizada sin ONAC, pero en el caso b) una cooperación con ONAC debería esclarecido con IECEx sin dañar la confiabilidad y la imparcialidad de la certificación por IECEx.

Se recomienda conversar el asunto con IECEx y el profesional responsable del IEC para América Latina.

El tema de la seguridad y de la protección contra explosiones necesita más atención, por lo que es necesario:

- Talleres y *webinars* para los actores relevantes, en particular gobierno, reguladores e industria para sensibilizarlos sobre los peligros y cómo se pueden ser impedidos.
- Aclarar si se aplica las certificaciones ASME o IECEx (Atex) para laboratorios, instalaciones y personas que se dedican a la protección contra explosiones o se opta por otro camino.
- El desarrollo y la adopción de las normas técnicas relevantes.

- (4) En base de las experiencias internacionales el desarrollo y la implementación de regulaciones técnicas que garantizan la seguridad de la fabricación de H₂v y en particular su transporte y su aplicación.
- (5) En ese mismo sentido, es recomendable que el desarrollo de regulaciones técnicas vinculadas al H₂v considere desde su diseño la participación de la infraestructura nacional de la calidad. La incorporación de requisitos de evaluación de la conformidad mediante organismos acreditados —como ya se hace en sectores como GLP, GNCV y EDS— puede fortalecer la implementación de estas regulaciones, asegurar su verificación técnica y fomentar la confianza entre los actores públicos y privados.

8.5

Coordinación y colaboración IC, Gobierno, industria y centros de I+D+i

La implementación de la producción, el transporte y el uso de H₂v como vector energético se encuentra todavía en el inicio. Para lograr avances de manera rápida, consolidada y poco burocratizada, se necesita la colaboración estrecha y eficiente de los actores claves: industria, gobierno, IC y academia. Además, de alianzas IC, industria y centros de I+D+i, que pueden

ser instrumentos muy eficientes para avanzar en el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías y metodologías de medición y ensayos. Es recomendable convocar a los tres pilares principales de la IC para las reuniones de la Comisión del MME para Hidrógeno.

8.6

Intercambio de experiencias en América Latina y el Caribe

Con ayuda de los proyectos H₂-diplo, H₂Uppp (cooperación alemana), del Banco Mundial, del BID, OECD y otros se ha desarrollado plataformas de comunicación e intercambio de experiencias en América Latina y el mundo, estudios de potencial y de mercados, pero las competencias técnicas necesarias de la IC todavía están subvaloradas. Se recomienda intercambios preferentemente virtuales con los países interesados sobre los temas técnicos del aseguramiento de la calidad y de la seguridad:

- En el nivel práctico con participación de empresas y entidades de la IC
- En el nivel científico con las entidades de la IC y los centros de I+D+i.

Incluir expertos fuera de la región podría enriquecer la discusión.

8.7

Algunas observaciones finales

El fortalecimiento de los servicios de calidad para el hidrógeno verde (H₂v) en Colombia genera, además, los siguientes efectos positivos:

- Impulsa la capacidad de los laboratorios de calibración y ensayo en la medición de otros gases, como el metano, contribuyendo así a una mayor cobertura analítica en el país.
- Mejora las competencias técnicas en métodos de medición de gases de efecto invernadero y otras impurezas relevantes, particularmente en el Instituto Nacional de Metrología (INM), con el objetivo de garantizar la trazabilidad metrológica al Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Abre oportunidades para concienciar a los laboratorios sobre la importancia y los beneficios de aplicar documentos normativos y herramientas metrológicas en sus procesos de medición, así como de utilizar correctamente el vocabulario metrológico.
- Evidencia la necesidad de atender diversos requerimientos metrológicos asociados a distintas técnicas de medición, lo cual implica que la implementación de un laboratorio de gases en el INM demandará una infraestructura

robusta, así como una estrategia clara para la priorización de gases a analizar y, en consecuencia, la selección adecuada de técnicas analíticas.

- Fortalece la cooperación interinstitucional entre los principales actores del ecosistema: MinCIT, MME, MADS, INM, ICONTEC, ONAC, SIC, IDEAM, laboratorios de tercera parte e industria, promoviendo una respuesta coordinada frente a los retos de calidad asociados al desarrollo del mercado de H₂v.



Anexos

- Anexo 1:** Proyectos H2v en Colombia
- Anexo 2:** NTC en vigor para hidrógeno
- Anexo 3:** Laboratorios acreditados por ONAC con capacidades potenciales o asociadas al hidrógeno
- Anexo 4:** Experiencias de ONAC en la acreditación de organismos de certificación e inspección en áreas relevantes para gas.

Anexo 1: Proyectos H2v en Colombia

Lugar	Empresa	Descripción del Proyecto	Datos técnicos	Situación
Cartagena (Bolívar)	Ecopetrol	Proyecto de movilidad / Electrolizador y con PV / Bus Toyota Mirai Producción de H2v a partir de solar fotovoltaica para dispensación a aplicaciones de movilidad liviana y buses	Capacidad de electrólisis: 50 kW Capacidad de energía: 150 kW	Desde 2023 en prueba
Cartagena (Bolívar)	Ecopetrol	Producción de 10 MSCFD (8,7 kton/año) de H2v para suministrar el 60% a la Refinería de Cartagena y 40% para comercialización a terceros. El proyecto adicional a ser carbono neutral también es agua neutral.	Capacidad de electrólisis: 60 MW Capacidad de energía: aprox.200 MW	Entra en operación en 2023
Cartagena (Bolívar)	Ecopetrol	Planta de producción de H2v	5 MW 800 t H2v/año Pureza: 99,97% Energía: Granja Solar de la Refinería de Cartagena con una capacidad de 22 MW Inversión: USD 28,5 Mio.	En construcción, entra en operación en 2026
Cartagena (Bolívar)	Promigas	Producción e inyección de H2v en el gasoducto (gas natural, primer proyecto latinoamericano)		En prueba
Cartagena (Bolívar)	Haceb	Centro de Innovación del Caribe: Desarrollo e instalación de una cocina	Mezcla H2v (23%) y gas natural (77%)	En prueba
Barrancabermeja (Santander)	Ecopetrol	Planta de producción de H2v		En planeación
Medellín (Antioquia)	OPEX	Proyecto de movilidad con un FCEV Hyundai Nexó		En prueba

Lugar	Empresa	Descripción del Proyecto	Datos técnicos	Situación
Medellín (Antioquia)	OPEX	Proyecto de movilidad con un auto que usa celdas de combustible para el uso de H2v. Única estación de carga de hidrógeno que está en funcionamiento en Sudamérica	Hyundai Nexo motor eléctrico de 113KW alimentado en su mayoría por una pila de combustible. Autonomía hasta 700 km	
Medellín (Antioquia)	EPM	Planta piloto de producción de H2v y estación de mezcla con gas natural (blending) para uso doméstico	5 kg H2v/día con posibilidad de ampliación de hasta 10 kg/día. Producción en base de biogas Ampliación hasta 10 elctrolisadores	En operación desde 2024
Medellín - Sabaneta (Antioquia)	Hevolución	Primer proyecto de producción de amoníaco verde a partir de H2v en Colombia, el más grande de AL. Desarrollo del hidrógeno como vector energético clave. Generación de hidrógeno Zero emisiones, licuado en amoniaco para exportación y consumo interno	Capacidad de electrólisis: 1000 kg/día Capacidad de energía: 2,3 MV	En operación desde 12/2023
Bogotá (Distrito Capital)	Fanalca, in cooperación con Ecopetrol, Cenit y Fenoge	Primer bus a H2v 100% ensamblado en Colombia.	Capacidad de electrólisis: 165 kW Capacidad de energía: 675 kW Potencia de Fuel Cell: 60 KW Capacidad de energía: 2,3 MW	En prueba desde 2023 Se prevé el uso de 700 buses en 2030.
Bogotá Distrito Capital	TGI – Transportadora de Gas Internacional	Producción de H2v a pequeña escala para descarbonizar la operación de vehículos y motores estacionarios, reduciendo las emisiones de CO2 en un 40% y generando eficiencias en el consumo de combustibles en un 17% y gases combustibles en Colombia y LA.	Capacidad de electrólisis: 0,21 kW Inyección H2 distribuido al 10% para descarbonizar movilidad	En operación desde 2023
La Guajira	AES Colombia	+1,1 GW desarrollo de proyectos eólico en propiedad de AES Colombia con uno de los mejores NCF del mundo ~50. Estado 408MW con licencia ambiental concedida y los 1,1 GW con RTB para 2024. 549 MW con conexión para inyección a red.	Capacidad de electrólisis: 800kT de NH3/año Capacidad de energía: 1,1, GW	En planeación

Elaborado por los autores en base de <https://www.minenergia.gov.co/es/ecosistema-hidrogeno-colombia/> y otras fuentes

Anexo 2: NTC en vigor para Hidrógeno

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
NTC 6025-4:2019	Cilindros de gas. Compatibilidad de los materiales de la válvula y el cilindro con el gas contenido. Parte 4: Métodos de ensayo para la seleccón de aceros resistentes a la fragilización por hidrógeno.	Gas cylinders. Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents. Part 4: Test methods for selecting steels resistant to hydrogen embrittlement.	17.07.2019	Esta parte de la norma específica los métodos de ensayo y la evaluación de los resultados de estos ensayos con el fin de calificar los aceros apropiados para fabricar cilindros de gas (hasta 3 000 L) para hidrógeno y otros gases hidrogenados fragilizantes. Esta parte de la norma solamente se aplica a los cilindros de gas de acero sin costura.
NTC 3998:2021	Máquinas eléctricas rotatorias. Requisitos específicos para los generadores y compensadores sincrónicos accionados por turbinas de vapor o por turbinas de combustión de gas.	Rotating electrical machines. Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines and for synchronous compensa-tors.	20.10.2021	Esta norma se aplica a los generadores sincrónicos trifásicos, de potencia nominal igual o superior a 10 MVA, accionados por turbinas de vapor o por turbinas de combustión de gas. También se incluyen compensadores sincrónicos Mvar del mismo rango de potencia conectada a una red con el fin de intercambiar potencia reactiva. Esta norma complementa los requisitos básicos para las máquinas rotatorias dados en la NTC 2805 (IEC 60034-1). Se establecen los requisitos comunes junto con los requisitos específicos para los generadores o compensadores sincrónicos refrigerados por aire, por hidrógeno o por un líquido.
GTC-ISO-TR 15916:2015	Consideraciones básicas para la seguridad de los sistemas de hidrógeno.	Basic considerations for the safety of hydrogen systems	21.06.2023	Esta guía proporciona directrices para el uso del hidrógeno en sus formas gaseosa y líquida, así como para su almacenamiento en cualquiera de estas formas o en otras (hidruros). Identifica las preocupaciones básicas de seguridad, los peligros y los riesgos, y describe las propiedades del hidrógeno que son relevantes para la seguridad. Los requisitos de seguridad detallados en asociación con aplicaciones específicas del hidrógeno se tratan en normas independientes. "Hidrógeno" en esta guía significa hidrógeno normal (1H2), no deuterio (2H2) ni tritio (3H2).
NTC-ISO 14687:2019	Calidad del combustible de hidrógeno. Especificaciones de producto	Hydrogen fuel quality. Product specification	21.06.2023	Este documento especifica las características de calidad mínimas de combustible de hidrógeno que se distribuye para su utilización en aplicaciones vehiculares y estacionarias.
NTC-ISO 16110-1:2007	Generadores de hidrógeno que utilizan tecnologías de procesado de combustibles. Parte 1: Seguridad	Hydrogen generators using fuel processing technologies. Part 1: Safety	21.06.2023	Esta parte de la NTC-ISO 16110 se aplica a sistemas de generación de hidrógeno, auto-contenidos o ensamblados en fábrica, de ahora en adelante referidos como generadores de hidrógeno, con una capacidad de menos de 400 m3/h a 0 °C y 101,325 kPa, que transformen una alimentación de combustible en un caudal rico en hidrógeno de composición adecuada para el tipo de dispositivo que requiera de hidrógeno (por ejemplo sistemas de celda de combustible o un sistema de compresión de hidrógeno, almacenamiento y distribución).

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
NTC-ISO 16110-2:2010	Generadores de hidrógeno que utilizan tecnologías de procesamiento de combustible. Parte 2: Métodos de ensayo que permiten evaluar el desempeño.	Hydrogen generators using fuel processing technologies. Part 2: Test methods for performance.	21.06.2023	Esta parte de la NTC-ISO 16110 proporciona métodos de ensayo para determinar el desempeño de los sistemas de generación de hidrógeno autocontenidos o ensamblados en fábrica con una capacidad inferior a 400 m3/h a 0 °C y 101,325 kPa, en lo sucesivo denominados como generadores de hidrógeno, que convierten un combustible en un caudal con una composición rica en hidrógeno y con las condiciones adecuadas para el tipo de dispositivo que utiliza el hidrógeno (por ejemplo, un sistema de energía de celda de combustible o un sistema de compresión, almacenamiento y suministro de hidrógeno).
NTC-ISO 16111:2018	Dispositivos de almacenamiento de gas transportable. Hidrógeno absorbido en hidruro metálico reversible	Transportable gas storage devices. Hydrogen absorbed in reversible metal hydride	21.06.2023	Este documento define los requisitos aplicables a los materiales, el diseño, la construcción y los ensayos de los sistemas transportables de almacenamiento de hidrógeno gaseoso, denominados "conjuntos de hidruros metálicos" (conjuntos MH) que utilizan contenedores que no superan los 150 l de volumen interno y que tienen una presión máxima desarrollada (Maximum Developed Pressure (MDP), por sus siglas en inglés) que no supera los 25 MPa. Este documento es aplicable a los conjuntos MH de almacenamiento rellenables en los que el hidrógeno es el único medio transferido. No es aplicable a los conjuntos MH de almacenamiento destinados a ser utilizados como almacenamiento fijo de combustible a bordo de vehículos alimentados con hidrógeno.
NTC-ISO 22734:2019	Generadores de hidrógeno que utilizan electrólisis del agua. Aplicaciones industriales, comerciales y residenciales	Hydrogen generators using water electrolysis. Industrial, commercial, and residential applications	21.06.2023	Este documento define los requisitos de construcción, seguridad y desempeño de los equipos modulares o construidos en fábrica de generación de hidrógeno gaseoso, de aquí en adelante denominados generadores de hidrógeno, que utilizan reacciones electroquímicas para electrolizar agua para producir hidrógeno.
NTC-ISO-TS 19883:2017	Seguridad de los sistemas de adsorción por oscilación de presión para la separación y purificación del hidrógeno	Safety of pressure swing adsorption systems for hydrogen separation and purification	21.06.2023	Este documento identifica las medidas de seguridad y las características de diseño aplicables que se utilizan en el diseño, puesta en marcha y funcionamiento de sistemas de adsorción por oscilación de presión para la separación y purificación del hidrógeno. Se aplica a los sistemas de adsorción por oscilación de presión de hidrógeno que procesan todo tipo de corrientes de hidrógeno impuras como alimentación, incluidos los sistemas de adsorción por oscilación de presión estacionarios y móvil para la separación y purificación de hidrógeno en uso comercial o industrial. Este documento también se aplica a sistemas de hidrógeno de adsorción por oscilación de presión (Pressure Swing Absorption (PSA), por su sigla en inglés) a pequeña escala instalados dentro de contenedores, donde lo permitan las normativas locales.

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
NTC-ISO 12619-1:2014	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno y gas natural. Parte 1: Requisitos generales y definiciones	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 1: General requirements and definitions	27.07.2023	Esta parte de la norma NTC-ISO 12619 especifica los requisitos generales y las definiciones de los componentes del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezclas de hidrógeno/gas natural, previstos para utilizarse en los tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. También proporciona principios generales de diseño y especifica requisitos para instrucciones y rotulado. Esta parte de la NTC-ISO 12619 se puede aplicar a vehículos que utilizan CGH2 de acuerdo con la NTC-ISO 14687 y mezclas de hidrógeno y gas natural que utilizan gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a lo siguiente: - Componentes del sistema de combustible de hidrógeno licuado (LH2); - contenedor para combustible; - motores estacionarios a gas; - Sistema de fijación para el montaje del contenedor; - Sistema del control electrónico de combustible; - receptáculos de llenado. NOTA 1 Se reconoce que varios componentes no contemplados específicamente en el presente documento se pueden examinar para cumplir los criterios de esta parte de la NTC-ISO 12619 y se ensaya de acuerdo con los ensayos funcionales apropiados. NOTA 2 Todas las referencias a la presión en esta parte de la NTC-ISO 12619 se deben considerar como presiones manométricas a menos que se especifique lo contrario. NOTA 3 Esta parte de la NTC-ISO 12619 puede no ser aplicable a los vehículos de celda de combustible que cumplan con las reglamentaciones internacionales.
NTC-ISO 12619-7:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 7: Inyector de gas	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 7: Gas injector	27.07.2023	Este documento especifica los ensayos y requisitos para el inyector de gas y/o el distribuidor de combustible, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezclas de hidrógeno/gas natural, previsto para ser utilizado en los tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. Esta parte de la NTC-ISO 12619 es aplicable a vehículos que utilizan CGH2 de acuerdo con la norma NTC-ISO 14687 y mezclas de hidrógeno y gas natural que utilizan gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a los siguientes elementos: a) Componentes del sistema de combustible de hidrógeno licuado (LH2); b) contenedores de combustible; c) motores estacionarios a gas;

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
				d) Sistema de fijación para el montaje del contenedor; e) Sistema del control electrónico del combustible; f) receptáculos de llenado. g) Vehículos de celda de combustible. NOTA 1 Se reconoce que varios componentes no contemplados específicamente en el presente documento se pueden examinar para cumplir los criterios de esta parte de la NTC- ISO 12619 y se ensaya de acuerdo con los ensayos funcionales apropiados. NOTA 2 Todas las referencias a la presión en esta parte de la NTC-ISO 12619 se deben considerar presiones manométricas a menos que se especifique lo contrario.
NTC-ISO-TS 19883:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 11: Válvula de exceso de flujo	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 11: Excess flow valve	27.07.2023	Este documento especifica los ensayos y requisitos para la válvula de exceso de flujo, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno/ gas natural, destinada a utilizarse en los tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. Esta norma se aplica a vehículos que utilicen CGH2 de acuerdo con la NTC-ISO 14687 y mezcla de hidrógeno y gas natural que utilice gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a los siguientes elementos: a) componentes del sistema de combustible de hidrógeno licuado (LH2); b) contenedores de combustible; c) motores estacionarios a gas; d) Sistema de fijación para el montaje del contenedor; e) Sistema del control electrónico del combustible; f) receptáculos de llenado; g) Vehículos de celda de combustible. NOTA 1 Se reconoce que varios componentes no contemplados específicamente en el presente documento se pueden examinar para cumplir los criterios de esta parte de la NTC-ISO 12619 y se ensaya de acuerdo con los ensayos funcionales apropiados. NOTA 2 Todas las referencias a la presión en esta parte de la NTC-ISO 12619 se deben considerar presiones manométricas a menos que se especifique lo contrario.
NTC 5263:2023	Calidad del suelo. Determinación de la acidez, aluminio e hidrogeno intercambiables	Soil quality. Determination of acidity, aluminium and hydrogen interchangeable	27.07.2023	Esta norma describe la determinación de la acidez intercambiable de los suelos en el laboratorio, mediante un método volumétrico. Las mediciones objeto de esta norma pueden ser empleadas en campos relacionados con agricultura, medio ambiente y recursos naturales. Esta norma es aplicable para evaluar suelos con pH igual o inferior a 5,5.

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
NTC-ISO 19880-3:2018	Hidrógeno gaseoso. Estaciones de llenado. Parte 3: Válvulas	Gaseous hydrogen. Fuelling stations. Part 3: Valves	27.07.2023	El presente documento establece los requisitos y los métodos de ensayo relativos al desempeño de seguridad de las válvulas de gas de alta presión que se utilizan en las estaciones de hidrógeno gaseoso de hasta la designación H70. Este documento abarca las siguientes válvulas de gas: - válvula de cheque o antirretorno; - válvula de exceso de flujo; - válvula de control de flujo; - dispositivo de desprendimiento de la manguera; - válvula manual; - válvula de seguridad de sobrepresión; - válvula de corte.
NTC-ISO 19880-5:2019	Hidrógeno gaseoso. Estaciones de llenado. Parte 5: Mangueras y ensambles de mangueras del dispensador	Gaseous hydrogen. Fuelling stations. Part 5: Dispenser hoses and hose assemblies	27.07.2023	Este documento especifica los requisitos para las mangueras y ensambles de mangueras reforzadas con alambre o textiles adecuadas para el llenado de hidrógeno hasta una presión nominal de trabajo de 70 MPa, en el rango de temperaturas de funcionamiento de -40 °C a 65 °C. El presente documento contiene los requisitos de seguridad relativos a los materiales, el diseño, la fabricación y los ensayos de las mangueras de hidrógeno gaseoso y los ensambles de mangueras para las estaciones de llenado de hidrógeno. Las mangueras y los ensambles de mangueras excluidos del objeto y campo de aplicación de este documento son los siguientes - Los utilizados como parte del sistema de almacenamiento de hidrógeno de alta presión a bordo de un vehículo, - los utilizados como parte de un sistema de suministro de hidrógeno a baja presión del vehículo, y - mangueras metálicas flexibles
NTC-ISO 19882:2018	Hidrógeno gaseoso. Dispositivos de alivio de presión de activación térmica para contenedores de combustible de vehículos de hidrógeno comprimido	Gaseous hydrogen. Thermally activated pressure relief devices for compressed hydrogen vehicle fuel containers	27.07.2023	Este documento establece los requisitos mínimos para los dispositivos de alivio de presión destinados a usarse en contenedores de combustible de vehículos alimentados con hidrógeno que cumplan con NTC-ISO 19881, IEC 62282-4-101, ANSI HGV 2, CSA B51 Parte 2, EC79/EU406, SAE J2579 o UN GTR No. 13. El ámbito de aplicación del presente documento se limita a los dispositivos de alivio de presión activados de activación térmica e instalados en los contenedores de combustible utilizados con hidrógeno de grado de celda de combustible conforme a la norma SAE J2719 o NTC-ISO 14687 para los vehículos terrestres de celda de combustible, y con hidrógeno de grado A o superior conforme a la NTC-ISO

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificación	Resumen
				14687 para los vehículos terrestres con motor de combustión interna. Este documento también contiene requisitos para dispositivos de alivio de presión de activación térmica aceptables para uso a bordo de vehículos livianos, vehículos pesados y camiones industriales, como montacargas y otros vehículos de manejo de materiales, en lo que respecta a UN GTR No. 13.
NTC-ISO 19881:2018	Hidrógeno gaseoso. Contenedores de combustible para vehículos terrestres	Gaseous hydrogen. Land vehicle fuel containers	27.07.2023	Esta norma establece los requisitos para los materiales, el diseño, la fabricación, el rotulado y los ensayos para los contenedores rellenables que son producidos en serie y destinados únicamente al almacenamiento de gas hidrógeno comprimido para el funcionamiento de vehículos terrestres. Estos contenedores: a) están fijados permanentemente al vehículo, b) tienen una capacidad de hasta 1 000 l de agua, y c) tienen una presión nominal de trabajo que no supera los 70 MPa. El campo de aplicación de este documento es aplicable para los contenedores de combustible que almacenan hidrógeno grado de celda de combustible según la NTC-ISO 14687 para vehículos terrestres de celda de combustible e hidrógeno grado A o superior según la NTC-ISO 14687 para vehículos terrestres con motor de combustión interna. Este documento también establece los requisitos de los contenedores de combustible de hidrógeno aceptables para su uso a bordo de vehículos livianos, vehículos pesados y vehículos industriales, como montacargas y otros vehículos de manipulación de materiales.
NTC-ISO 13985:2006	Hidrógeno líquido. Tanques de combustible para vehículos terrestres	Liquid hydrogen. Land vehicle fuel tanks	27.07.2023	La presente norma especifica los requisitos de construcción para los tanques de combustible rellenables para hidrógeno líquido utilizado en vehículos terrestres, así como los métodos de ensayo necesarios para garantizar que se proporcione un nivel razonable de protección contra la pérdida de vidas y bienes resultante de incendios y explosiones. Esta norma se aplica a los tanques de combustible destinados a ser fijados permanentemente a vehículos terrestres.
NTC-ISO 13984:1999	Hidrógeno líquido. Interfaz del sistema de llenado de combustible para vehículos terrestres	Liquid hydrogen. Land vehicle fuelling system interface	27.07.2023	Esta norma especifica las características de los sistemas de llenado y suministro de hidrógeno líquido en vehículos terrestres de todo tipo, con el fin de reducir el riesgo de incendio y explosión durante el procedimiento de llenado y proporcionar así un nivel razonable de protección contra la pérdida de vidas y bienes. Esta norma es aplicable al diseño e instalación de sistemas de llenado y suministro de hidrógeno líquido (LH2). Describe el

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificación	Resumen
				sistema destinado al suministro de hidrógeno líquido a un vehículo, incluida la parte del sistema que manipula el hidrógeno gaseoso frío procedente del tanque del vehículo, es decir, el sistema situado entre el vehículo terrestre y el tanque de almacenamiento.
NTC-ISO 12619-8:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 8: Indicador de presión	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 8 Pressure indicator	27.07.2023	Este documento especifica los ensayos y requisitos para el indicador de presión, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. Esta norma se aplica a vehículos que utilizan CGH2 de conformidad con la NTC-ISO 14687 y mezcla de hidrógeno y gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a los siguientes elementos: a) Componentes del sistema de combustible de hidrógeno licuado (LH2); b) Contenedores de combustible; c) motores estacionarios a gas; d) Sistema de fijación para el montaje del contenedor; e) Sistema del control electrónico del combustible; f) receptáculos de llenado g) Vehículos de celda de combustible.
NTC-ISO 12619-2:2014	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno y gas natural. Parte 2: Desempeño y métodos generales de ensayo	Road vehicles. Compressed Gaseous Hydrogen (CGH2) and Hydrogen/Natural Gas Blend Fuel System Components. Part 2: Performance and General Test Methods	27.07.2023	Esta parte de la NTC-ISO 12619 especifica el desempeño y los métodos generales de ensayo para los componentes del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezclas de hidrógeno y gas natural, previstos para ser utilizados en los tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. Esta parte de la NTC-ISO 12619 se puede aplicar a vehículos que utilizan CGH2 de acuerdo con la NTC-ISO 14687 y mezclas de hidrógeno y gas natural que utilizan gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a los siguientes elementos: - Componentes del sistema de combustible de hidrógeno licuado (LH2); - contenedores para combustible; - motores estacionarios a gas; - Sistema de fijación para el montaje del contenedor; - Sistema del control electrónico del combustible; - receptáculos de llenado.

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
NTC-ISO 12619-3:2014	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno y gas natural. Parte 3: Regulador de presión	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 3: Pressure regulator	27.07.2023	Esta parte de la NTC-ISO 12619 especifica los ensayos y requisitos para el regulador de presión, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezclas de hidrógeno y gas natural, previsto para ser utilizado en los tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. Esta parte de la NTC-ISO 12619 es aplicable a vehículos que utilizan CGH2 de acuerdo con la norma NTC-ISO 14687 y mezclas de hidrógeno y gas natural que utilizan gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a los siguientes elementos: - componentes del sistema de cz ombustible de hidrógeno licuado (LH2); - contenedores de combustible; - motores estacionarios a gas; - Sistema de fijación para el montaje del contenedor; - Sistema del control electrónico del combustible; - receptáculos de llenado.
NTC-ISO 12619-5:2016	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno y gas natural. Parte 5: Válvula manual del cilindro	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 5: Manual cylinder valve	27.07.2023	Esta parte de la NTC-ISO 12619 especifica los requisitos y los ensayos aplicables a la válvula manual del cilindro, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezclas de hidrógeno y gas natural, prevista para ser utilizada en los tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. Esta norma se aplica a vehículos que utilizan CGH2 de acuerdo con la NTC-ISO 14687 y mezclas de hidrógeno y gas natural que utilizan gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a los siguientes elementos: a) componentes del sistema de combustible de hidrógeno licuado (LH2) situados aguas arriba del, inclusive, vaporizador; b) contenedores de combustible; c) motores estacionarios a gas; d) Sistema de fijación para el montaje del contenedor; e) Sistema del control electrónico del combustible; f) receptáculos de llenado.

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
NTC-ISO 12619-15:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 15: Filtro	Road Vehicles. Compressed Gaseous Hydrogen (CGH2) and Hydrogen/Natural Gas Blends Fuel System Components. Part 15: Filter	27.07.2023	Este documento especifica los ensayos y requisitos para el filtro, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989. Esta norma se aplica a vehículos que utilizan CGH2 de conformidad con la NTC-ISO 14687 y mezcla de hidrógeno y gas natural de acuerdo con la norma ISO 15403-1. Esta parte de la NTC-ISO 12619 no es aplicable a los siguientes elementos: a) Componentes del sistema de combustible de hidrógeno licuado (LH2); b) Contenedores de combustible; c) motores estacionarios a gas; d) Sistema de fijación para el montaje del contenedor; e) Sistema del control electrónico del combustible; f) receptáculos de llenado g) Vehículos de celda de combustible.
NTC 6674:2023	Seguridad de los vehículos de hidrógeno	Safety of hydrogen vehicles	27.07.2023	Esta norma es aplicable a los siguientes elementos: 1.1 Parte I: Los sistemas de almacenamiento de hidrógeno comprimido para vehículos de hidrógeno, en relación con su desempeño en cuanto a seguridad. 1.2 Parte II: Los componentes específicos de sistemas de almacenamiento de hidrógeno comprimido para vehículos de hidrógeno, en relación con su desempeño en cuanto a seguridad. 1.3 Parte III: Los vehículos de hidrógeno de las categorías M y N que llevan incorporado el sistema de almacenamiento de hidrógeno comprimido, en relación con su desempeño en cuanto a seguridad.
NTC-ISO 17268:2020	Conector de llenado para el suministro de hidrógeno gaseoso a los vehículos terrestres	Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices	27.07.2023	Este documento define las características de diseño, de seguridad y de funcionamiento de los conectores destinados al suministro de vehículos terrestres de hidrógeno gaseoso (GHLV (Gaseous Hydrogen Land Vehicle), por sus siglas en inglés). Los conectores de llenado de GHLV constan de los siguientes componentes, según proceda: - un receptáculo y una tapa protectora (montados sobre el vehículo); - una boquilla; - un hardware de comunicación.

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
				Este documento se aplica a los conectores de llenado con presiones nominales de trabajo o niveles de servicio de hidrógeno de hasta 70 MPa. Este documento no se aplica a los conectores de llenado que distribuyen mezclas de hidrógeno con gas natural.
NTC 6694:2023	Tecnologías del hidrógeno. Terminología	Hydrogen technologies. Terminology	13.09.2023	Esta norma incluye una terminología normalizada de aspectos relacionados con los sistemas y dispositivos para la producción, almacenamiento, transporte y distribución, medición y utilización de hidrógeno. No se incluyen términos que se puedan encontrar en diccionarios convencionales. Los términos relativos a las celdas de combustible se desarrollan en mayor detalle en la norma IEC 60050-485:2020, International Electrotechnical Vocabulary (IEV). Part 485: Fuel Cell Technologies.
GTC 401:2023	Sistemas de tuberías para hidrógeno	Hydrogen pipeline systems	13.09.2023	El objetivo de este documento es mejorar la comprensión de quienes se dedican al diseño, operación y mantenimiento seguros de los sistemas de transporte y distribución. No pretende ser una norma o código obligatorio. Contiene un resumen de las prácticas industriales actuales. Se basa en la combinación de conocimientos, experiencia y prácticas de los principales productores de Europa y Norteamérica, representados por sus miembros en el grupo ad hoc del IHC sobre sistemas de transporte por tuberías. Algunas de las prácticas representan compromisos conservadores y no se describen todas las situaciones. Se advierte al diseñador que este documento no es un manual de diseño completo y no excluye la necesidad de un criterio de ingeniería e interpretación competentes. Se sugiere que el usuario consulte cualquier problema o preocupación especial con su proveedor de hidrógeno, que debería poder proporcionarle asesoramiento y orientación. El alcance del presente documento se refiere a los sistemas de tuberías metálicas de transporte y distribución que transportan hidrógeno puro y mezclas de hidrógeno, tal como se muestra en el Diagrama 1 del Anexo A.
NTC-ISO 19880-1:2020	Hidrógeno gaseoso. Estaciones de llenado. Parte 1: Requisitos generales	Gaseous hydrogen. Fuelling stations. Part 1: General requirements	13.09.2023	Este documento define los requisitos mínimos de diseño, instalación, puesta en marcha, operación, inspección y mantenimiento, para la seguridad y, en su caso, para el desempeño de estaciones de llenado públicas y no públicas que dispensan hidrógeno gaseoso a vehículos livianos de carretera (por ejemplo, vehículos eléctricos de celda de combustible). Este documento no es aplicable al dispensado de hidrógeno

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
				criogénico, o hidrógeno a aplicaciones de hidruro metálico. Dado que este documento tiene por objeto proporcionar requisitos mínimos para las estaciones de llenado, los fabricantes pueden tomar precauciones de seguridad adicionales según lo determinado por una metodología de gestión de riesgos para abordar los posibles riesgos de seguridad de diseños y aplicaciones específicos. Si bien este documento está destinado al abastecimiento de vehículos livianos de carretera de hidrógeno, también se cubren los requisitos y las directrices para abastecer vehículos de carretera de servicio medio y pesado (por ejemplo, autobuses, camiones).
NTC-ISO 12619-9:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 9: Válvula de alivio de presión (VAP)	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 9: Pressure relief valve (PRV)	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para la válvula de alivio de presión (VAP), que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833).
NTC-ISO 12619-10:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 10: Dispositivo de alivio de presión (DAP)	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 10: Pressure relief device (PRD)	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para el dispositivo de alivio de presión (DAP), que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833).
NTC-ISO 12619-12:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 12: Cubierta hermética al gas y mangueras de ventilación	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 12: Gas-tight housing and ventilation hoses	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para la cubierta hermética al gas y la manguera de ventilación, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833).
NTC-ISO 12619-13:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 13: Línea rígida de combustible de acero inoxidable	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 13: Rigid fuel line in stainless steel	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para la línea rígida de combustible de acero inoxidable, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833).

Numero	Título Español	Título Inglés	Fecha de Ratificacion	Resumen
NTC-ISO 12619-14:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 14: Línea flexible de combustible	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 14: Flexible fuel line	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para la línea flexible de combustible, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833).
NTC-ISO 12619-16:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 16: Accesorios	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 16: Fittings	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para los accesorios, que son componentes del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinados a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833).
NTC-ISO 12619-4:2016	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 4: Válvula de cheque	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 4: Check valve	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para la válvula de cheque, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833). También provee los principios generales de diseño y especifica requisitos para instrucciones y rotulado.
NTC-ISO 12619-6:2017	Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y mezcla de hidrógeno/gas natural. Parte 6: Válvula automática	Road vehicles. Compressed gaseous hydrogen (CGH2) and hydrogen/natural gas blend fuel system components. Part 6: Automatic valve	11.12.2024	Este documento especifica los ensayos y requisitos para la válvula automática, que es un componente del sistema de combustible de hidrógeno gaseoso comprimido (CGH2) y de mezcla de hidrógeno y gas natural, destinado a utilizarse en tipos de vehículos de motor definidos en la NTC 3989 (ISO 3833).

Fuente: ICONTEC, ONAC

Anexo 3: Laboratorios acreditados por ONAC con capacidades potenciales o asociadas al hidrógeno

Esquema	Código	Nombre OEC	Ensayo/Calibración	Observación asociada a H2v
LAB	10-LAB-013	CORPORACION CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS - CDT DE GAS	Análisis composicional de mezclas de gases por cromatografía de gases	Hidrógeno (Ensayo según ASTM D7833) 1,018 cmol/mol a 98,992 cmol/mol
			Análisis composicional de mezclas de gases por cromatografía de gases	Análisis de composición según ASTM D 1945 y GPA 2286
LAB	13-LAB-049	INTERTEK COLOMBIA S.A.	Determinación de hidrocarburos en Gases Licuados del Petróleo (GLP) y mezclas propano/propileno por cromatografía de gases	OEC potencial. No realiza ensayos de composición de hidrógeno directamente. Realiza ensayos según ASTM D2163 (ver tabla 10 informe H2v)
			Determinación de hidrocarburos	OEC potencial. No realiza ensayos de composición de hidrógeno directamente. Realiza ensayos según ASTM D2163 (ver tabla 10 informe H2v)
LAB	16-LAB-009	PROFESIONALES CONTABLES EN ASESORIA EMPRESARIAL Y DE INGENIERIA SAS SIGLA: PROASEM SAS	Análisis de Gas Natural por Cromatografía	OEC potencial. No realiza ensayos de composición de hidrógeno directamente. Realiza ensayos según GPA 2286 (ver tabla 10 informe H2v)
LAB	16-LAB-042	ECOPETROL S.A.	Determinación de hidrocarburos en gases licuados de petróleo GLP y en mezclas de propano/propeno por cromatografía de gases	OEC potencial. No realiza ensayos de composición de hidrógeno directamente. Realiza ensayos según ASTM D2163 (ver tabla 10 informe H2v)
LAB	18-LAB-036	ECOPETROL S.A.	Determinación de hidrocarburos en gases licuados de petróleo y mezclas propano/propileno por cromatografía de gases	OEC potencial. No realiza ensayos de composición de hidrógeno directamente. Realiza ensayos según ASTM D2163 (ver tabla 10 informe H2v)
LAB	18-LAB-036	ECOPETROL S.A.	Determinación de hidrocarburos en gases licuados de petróleo y mezclas propano/propileno por cromatografía de gases	OEC potencial. No realiza ensayos de composición de hidrógeno directamente. Realiza ensayos según ASTM D2163 (ver tabla 10 informe H2v)

Otros ensayos disponibles

LAB	09-LAB-022	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES "FABIO CHAPARRO" – LABE	Ensayos en módulos fotovoltaicos (Inspección visual, Aislamiento eléctrico, Determinación del punto de máxima potencia, Continuidad del aterrizaje)	Paneles solares (ver tabla 12 informe H2v)
LAB	11-LAB-024	CORPORACIÓN CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO - CIDET	Ensayos en paneles fotovoltaicos (Resistencia de Aislamiento, Determinación Punto de máxima potencia (MPP))	Paneles solares (ver tabla 12 informe H2v)
LAB	15-LAB-011	LABORATORIO DE ENSAYOS DE ILUMINACION LUMINOTEST SAS	Ensayos en paneles fotovoltaicos (Evaluación de la durabilidad del rotulado, Tensión de impulso)	Paneles solares (ver tabla 12 informe H2v)
LAB	09-LAB-033	HIDROTEST DEL CARIBE S.AS.	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica)	Transporte, almacenamiento y distribución

Esquema	Código	Nombre OEC	Ensayo/Calibración	Observación asociada a H2v
LAB	10-LAB-055	HIDROCIL S.A.S	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	12-LAB-018	CONTROL METROLOGICO Y GAS S.A.S. - CONMGAS S.A.S	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	14-LAB-014	INDUSTRIA DE ELECTRODOMESTICOS S.A.S - INDUSEL S.A.S	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	14-LAB-023	GASES Y PRUEBAS S.A.S	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	15-LAB-045	GEMA DISTRIBUCION Y SERVICIOS S.A.S.	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	15-LAB-049	HIDROPROB S.A.	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	18-LAB-040	ENERGÍA SEGURA S.A.S	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	21-LAB-017	HIDROSTÁTICAS DE OCCIDENTE	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	23-LAB-059	CRYOTEST SAS	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en cilindros	Transporte, almacenamiento y distribución
LAB	10-LAB-013	CORPORACION CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS - CDT DE GAS	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en otros elementos diferentes a cilindros como Tuberías de sistemas contra incendio, válvulas, mangueras, tanques	Transporte, almacenamiento y distribución. Elementos diferentes a cilindros
LAB	21-LAB-025	HYDROSTATIC TESTING S.A.S.	Prueba hidrostática (Determinación de expansión volumétrica) en tuberías y elementos componentes de instalaciones (Metálicos)	Transporte, almacenamiento y distribución. Elementos diferentes a cilindros

Fuente: Directorio Oficial de Acreditados de ONAC

Anexo 4: Laboratorios acreditados por ONAC con capacidades potenciales o asociadas al hidrógeno

ONAC dispone de las siguientes experiencias en la acreditación de organismos de inspección relevantes para gas que pueden servir como base en el área de H2 de bajas emisiones:

Los Organismos Autorizados de Verificación Metro-lógica (OAVM), reglamentados bajo la resolución No. 37337 del 15 de junio del 2022 “*Por la cual se modifica el Capítulo Séptimo en el Título VI de la Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio*”, verifican metrológicamente dispensadores de combustible, y su modelo podría adaptarse al control de la cantidad de H2v suministrada al consumidor final.

Los organismos acreditados que inspeccionan Estaciones de Servicio que suministran Gas Licuado del Petróleo (GLP), bajo la Resolución No. 40368 del 4 de diciembre de 2020, “*Por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio que suministran gas licuado de petróleo (GLP) para uso vehicular*”;

Estaciones de Servicio de Combustible Líquido (EDS), bajo la resolución 40198 de 2021 y resolución No. 40405 de 2020 “*Por la cual se expide el*

reglamento técnico aplicable a las Estaciones de Servicio, Plantas de Abastecimiento, Instalaciones del Gran Consumidor con Instalación Fija y Tanques de Almacenamiento del consumidor final, que sean nuevos o existentes, que almacenen biocombustibles, crudos y/o combustibles líquidos derivados del petróleo, y sus mezclas de los mismos con biocombustibles”; y,

Estaciones de Gas Natural Comprimido Vehicular (GNCV), bajo la Resolución No. 40278 de 2017 y resolución 40302 de 2018 “*mediante la cual se expide el reglamento técnico aplicable a las estaciones de servicio que suministran gas natural comprimido para uso vehicular y se dictan otras disposiciones*”. Todos estos reglamentos técnicos contemplan exigencias rigurosas en materia de seguridad frente a líquidos y gases inflamables, especialmente en lo relativo a sistemas presurizados y control de sobrepresión, constituyendo un referente aplicable para futuras estaciones de hidrógeno y su servicio de comercialización.

Los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA), regulados a través de la Resolución No. 3768 de 2013 “*Por la cual se establecen las condiciones que*

deben cumplir los Centros de Diagnóstico Automotor para su habilitación, funcionamiento y se dictan otras disposiciones”, jugarán un papel clave en la revisión de vehículos con combustión basada en hidrógeno, especialmente en la verificación de los componentes que ponen en riesgo la seguridad de los conductores y pasajeros.

En el contexto industrial, los organismos de inspección acreditados realizan mediciones de eficiencia en las TEAS en facilidades de producción petrolera, así como detección y cuantificación de fugas de gas natural. Esta labor se enmarca en lo dispuesto por la Resolución 40066 del 11 de febrero del 2022 y la resolución 40317 del 10 de abril del 2023 del Ministerio de Minas y Energía en Colombia “Por la cual se modifica la Resolución número 40066 de 11 de febrero de 2022, mediante la cual se establecen requerimientos técnicos para la detección y reparación de fugas, el aprovechamiento, quema y venteo de gas natural durante las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos”.

Además de los esquemas mencionados, la infraestructura de la calidad para el hidrógeno bajo en carbono requiere esquemas de certificación que garanticen la seguridad, la interoperabilidad y la confianza de mercado a lo largo de toda la cadena de valor. En este contexto, ONAC puede habilitar y supervisar dos vertientes fundamentales:

- A. Certificación de productos y procesos (ISO/IEC 17065). Este esquema permite evaluar y declarar la conformidad de componentes críticos—electrolizadores, compresores, tuberías, válvulas, cilindros de almacenamiento, dispensadores y celdas de combustible—frente a normas técnicas como ISO 22734, ISO 19880-1 e ISO 14687. Contar con organismos acreditados en 17065 que emitan certificados reconocidos internacionalmente elimina barreras de acceso a mercados y asegura que los equipos instalados en el país cumplan requisitos de seguridad y desempeño equivalentes a los exigidos en la Unión Europea, Estados Unidos y Asia-Pacífico.
- B. Certificación de personas (ISO/IEC 17024). La operación segura de instalaciones de hidrógeno demanda personal con competencias verificadas en soldadura especializada, mantenimiento de alta presión, inspección en atmósferas explosivas (Ex) y manipulación de combustibles gaseosos. Acreditar organismos de certificación de personas bajo 17024 garantiza procesos de evaluación imparciales y basados en normas de referencia (p. ej., ISO 9606-1 para soldadores, IEC 60079-17 para inspección Ex). Esto fortalece la cultura de seguridad industrial, facilita el reconocimiento de credenciales laborales en otros países y contribuye a la formalización de talento técnico especializado en la economía del hidrógeno.

9. Referencias

- ANDI (2023). HIDRÓGENO. La estrategia de Colombia para la descarbonización. Presentación. Bogotá, 27 de septiembre de 2023
- ANDI (2024). Guía de Hidrógeno en Colombia. ANDI: Bogotá, marzo de 2024. [https://cms.law/content/download/674461/file/Gu%C3%ADa%20del%20Hidr%C3%B3geno%20en%20Colombia%20Marzo%20-%202024%20-%20RGB%20\(1\).pdf](https://cms.law/content/download/674461/file/Gu%C3%ADa%20del%20Hidr%C3%B3geno%20en%20Colombia%20Marzo%20-%202024%20-%20RGB%20(1).pdf)
- BID (2022). Hoja de Ruta de Hidrógeno en Colombia. <https://h2lac.org/archivos/hoja-ruta-para-el-hidrogeno-en-colombia/>
- Cobo Ángel, M. I., Barraza Botet, C. L., Cantillo Cuello, N. M., & Uribe Laverde, M. Á. (2022). Recomendaciones para el desarrollo de la economía del hidrógeno en Colombia: Una estrategia nacional de hidrógeno (1.ª ed.). Universidad de La Sabana. https://doi.org/10.5294/978_958_12_0618_6 www1.upme.gov.co+4
- DNP (2022). CONPES 4075, 22 de marzo de 2022. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf>
- DNP. (2023). Plan nacional de desarrollo 2022–2026: Colombia, potencia mundial de la vida. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>
- FENOGE (2023) Proyectos de Hidrógeno en Colombia. https://fenoge.gov.co/documentos-pdf/proyectos/Proyectos_Colombia_Hidrogeno3.pdf 03-04-2025
- Fraunhofer ISE (2024). Power-to-X Colombia. https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2024/10/en_ISE_Study_Power-to-X_Colombia.pdf
- GIZ (2023). Identificación de Hubs H2 Verde. GIZ: Bogota 2023. <https://h2lac.org/archivos/identificacion-hubs-h2-verde-en-colombia/>

- GTAI (2025). Branchen Guide Lateinamerika 2025. https://www.gtai.de/resource/blob/952430/7543873c22c13533b5a0b0e31dda0a20/Branchenguide%20Lateinamerika_2025_GTAI.pdf
- IEA (2021). Hydrogen in Latin America. From near-term opportunities to large-scale deployment https://www.oecd.org/en/publications/hydrogen-in-latin-america_68467068-en.html
- INM (2024). Análisis de la participación de la Metrología en la cadena de valor del Hidrógeno Verde. Resumen. Bogotá, 08 de septiembre de 2024
- INM (2025a). Temperature and Humidity Laboratory. Presentation. Bogotá. 09 de febrero de 2025
- INM (2025b). Informe de resultados de la encuesta de capacidades en análisis de gases para la industria del hidrógeno. Subdirección de Metrología Química y Biología. Bogotá 2025-04-28
- IRENA, PTB (2024). A Quality Infrastructure Roadmap for green hydrogen. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Nov/IRENA_Quality_infrastructure_roadmap_green_hydrogen_2024.pdf A Quality Infrastructure
- Ministry for Science, Energy, Climate Protection and Environment of the federal state Saxony-Anhalt (2025). Saxony-Anhalt –East Germany's Hydrogen Focal Point. Presentation by Dr. Felix Schwabe, 7 de mayo de 2025
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2022). Hoja de ruta del hidrógeno en Colombia (Hoja ruta número 2810). https://www.mincit.gov.co/getattachment/minindustria/reindustrializacion_basada_en_energias Renovables/ruta_de_hidrogeno_de_colombia/hoja_de_ruta_del_hidrogeno_en_colombia/hoja_ruta_hidrogeno_colombia_2810.pdf.aspx
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024, 8 de mayo). Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima (ECDBC). Recuperado el 13 de junio de 2025, de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono-ecdbc/>

- Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia. (s. f.). Japón. Recuperado el 13 de junio de 2025, de https://www.cancilleria.gov.co/internacional/politica/regiones/asia_pacifico/japon
- PTB (2024). Wasserstoffstrategie der PTB. Metrologie und Sicherheitstechnik für Wasserstofftechnologien. Braunschweig Januar 2024. https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/forschung_entwicklung/Innovationscluster_der_PTB/Innovationscluster_Energie/Wasserstoffstrategie_Maerz_2024_Endversion_web.pdf
- Quiroga Rubio, L. (2023, 20 de abril). Unión Europea financiará proyectos para importar hidrógeno desde Colombia. El Tiempo. https://www.eltiempo.com/economia/sectores/union-europea-financiara-proyectos-para-importar-hidr%C3%B3geno-desde-colombia-761240?utm_source=chatgpt.com
- Weltenergierat Deutschland. Kolumbianisch-Deutscher Wasserstoff-Dialog. <https://www.weltenergierat.de/kolumbianisch-deutscher-dialog-zur-reindustrialisierung-durch-erneuerbaren-wasserstoff/?cn-reloaded=1>

10. Links

- Asociación Hidrógeno Colombia: <https://hidrogenocolombia.com/asociacion/>
- Cámara de Hidrógeno y Gases Renovables ANDI – Naturgas: <https://www.andi.com.co/Home/Camara/1044-camara-de-hidrogeno-andi-naturgas>
- H2lac: <https://h2lac.org/>
- International PtX-Hub: <https://ptx-hub.org/> <https://www.larepublica.co/especiales/hidrogeno-en-la-transicion/colombia-tiene-28-proyectos-de-hidrogeno-siete-de-ellos-estan-en-etapa-de-pruebas-3727438>
- IRENA: <https://www.irena.org/Publications>
- Memorias del 3 Congreso Nacional de Hidrógeno y Eficiencia Energética, Cartagena, 16 a 17 de julio de 2025. <https://www.andi.com.co/Home/Camara/1044-camara-de-hidrogeno-y-gases-renovables-a, 2025-07-17>
- Ministerio de Minas y Energía: <https://www.minenergia.gov.co/es/ecosistema-hidrogeno-colombia/>
- PTB Hydrogen Metrology Working Group 3.74: <https://www.ptb.de/cms/en/ptb/fachabteilungen/abt3/fb-37/ag-374.html>

