



Asesoría para elaboración de propuesta técnica de reglamento de estaciones surtidoras dedicadas para hidrógeno en Chile

28 de febrero 2025

Edición:2025
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:
Team Europe Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2)

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile
T +56 22 30 68 600
I www.giz.de

Responsable:
George Cristodorescu

En coordinación:
Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 367 3000
I www.energia.gob.cl

Registro de Propiedad Intelectual Inscripción: En trámite.
ISBN: 978-956-8066-72-7. Primera edición digital: febrero 2025

Fotografía e ilustraciones:
@lisandroreveco

Cita:

Título: Asesoría para elaboración de propuesta técnica de reglamento de estaciones surtidoras dedicadas para hidrógeno en Chile
Autor(es): GIZ, WES Company
Revisión y modificación: Carlos Ebensperger, Juan Carlos Burgos, Karla Chace, Álvaro Ruiz, Patricio Bastías, Pablo Tello.
Edición: Pablo Tello, Patricio Bastías
Santiago de Chile, 2025.
66 Páginas
Hidrógeno – Estaciones surtidoras de hidrógeno – Reglamento



Aclaración:

Esta publicación ha sido preparada por encargo del Proyecto "Team Europe para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile", el cual es cofinanciado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Desarrollo Económico y Energía (BMWE). La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH es una de las agencias implementadoras de la presente iniciativa y el Ministerio de Energía de Chile es la institución contraparte. Sin perjuicio de lo anterior, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWE. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile, GIZ, la Unión Europea o el BMWE.

Santiago de Chile, 28 de febrero de 2025.

Tablas	3
Ilustraciones	4
1 Glosario	5
2 Resumen Ejecutivo	6
3 Introducción	8
4 Objetivos y alcances	9
4.1 Objetivo específico 1 (OE1).....	9
4.2 Objetivo específico 2 (OE2).....	9
4.3 Objetivo específico 3 (OE3).....	9
5 Desarrollo de la propuesta técnica	10
5.1 Experiencia internacional.....	10
5.1.1 Revisión y validación información de (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023).....	10
5.1.2 Distribución mundial y fabricantes de ESH.....	37
5.1.3 Estudio de accidentes e incidentes de ESH	38
5.1.4 Fabricantes de vehículos a hidrógeno.....	40
5.2 Metodología y programación de trabajo del CT, MT y MPP	41
5.2.1 Diseño metodológico de trabajo	41
5.2.2 Definición de objetivos y alcances del CT, MT y MPP	42
5.2.3 Trazabilidad de acuerdos y planificación metodológica.....	43
5.3 Descripción general de la propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH	44
5.3.1 Análisis de límites de batería para la propuesta técnica de reglamento	45
5.3.2 Condiciones mínimas de seguridad.....	46
5.3.3 Límites de batería de la propuesta técnica de reglamento	46
5.3.4 Índice de contenidos de propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH	46
6 Conclusiones y recomendaciones	48
7 Referencias.....	50

Tablas

Tabla 1	Descripción normativa vigente UE	11
Tabla 2	Descripción organizaciones Unión Europea.....	12
Tabla 3	Descripción normativa vigente Alemania	13
Tabla 4	Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Alemania	13
Tabla 5	Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Francia.....	14
Tabla 6	Normativa vigente en Australia.....	15
Tabla 7	Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Australia.....	16

Tabla 8	Normativa vigente en California, Estados Unidos	17
Tabla 9	Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en California y Estados Unidos	18
Tabla 10	Normativa vigente en Japón.....	19
Tabla 11	Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Japón.....	20
Tabla 12	Normativa adicional identificada en la Unión Europea	26
Tabla 13	Normativa adicional identificada en Alemania	27
Tabla 14	Normativa adicional identificada en Francia	29
Tabla 15	Normativa adicional identificada en Australia	30
Tabla 16	Normativa adicional identificada en California, Estados Unidos	31
Tabla 17	Normativa adicional identificada de Japón	33
Tabla 18	Descripción de eventos y daños asociados al uso de hidrógeno	39

Ilustraciones

Ilustración 1	Distribución de incidentes asociados a instalaciones de hidrógeno.....	38
Ilustración 2	Tasa de fatalidad distribuida por su cadena de valor	39
Ilustración 3	Cronograma y programa de trabajo de CT, MT y MPP	43
Ilustración 4	Esquema de ESH fija con producción <i>in situ</i>	45
Ilustración 5	Esquema de ESH fija con abastecimiento de hidrógeno desde camión o cilindros	45
Ilustración 6	Esquema de ESH fija con abastecimiento de hidrógeno por tubería	46

1 Glosario

ADR (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera): Normativa que regula el transporte seguro de hidrógeno y otros gases peligrosos.

AFID (Alternative Fuels Infrastructure Directive): Directiva europea sobre infraestructura de combustibles alternativos, aplicable al desarrollo de estaciones de hidrógeno.

ASME B31.12: Norma sobre el diseño de tuberías y ductos para el transporte de hidrógeno.

BetrSichV (Betriebssicherheitsverordnung): Normativa alemana de seguridad y salud en el trabajo, que regula la operación segura de estaciones de hidrógeno.

CEQA (California Environmental Quality Act): Ley que regula la revisión ambiental de proyectos en California, incluyendo estaciones de repostaje de hidrógeno.

CEN: Comité Europeo de Normalización

CENELEC: Comité Europeo de Normalización Electrotécnica

DIN EN 61508: Norma sobre la seguridad funcional en sistemas industriales, relevante para estaciones de hidrógeno.

DIN EN 17127: Norma europea que establece directrices de seguridad para estaciones de repostaje de hidrógeno.

DIN EN ISO 19880-1: Norma internacional sobre el diseño, la construcción y la operación de estaciones de repostaje de hidrógeno.

DIN SPEC: Especificación técnica desarrollada rápidamente en respuesta a necesidades del mercado por DIN (Deutsches Institut für Normung).

Directiva Seveso III (2012/18/UE): Directiva europea sobre el control de riesgos relacionados con sustancias peligrosas, aplicable a instalaciones de hidrógeno.

ECHA: Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas

ESH: Estación Surtidora de Hidrógeno

EIR (Environmental Impact Report): Informe de impacto ambiental requerido en ciertos proyectos bajo la legislación de California.

FMEA (Failure Modes and Effects Analysis): Enfoque sistemático para identificar posibles modos de fallo en un sistema y sus efectos sobre la operación.

HAZOP (Hazard and Operability Study): Metodología para identificar riesgos operacionales y peligros en el diseño de sistemas.

HRS (Hydrogen Refueling Stations): Estaciones de servicio para el repostaje de vehículos a hidrógeno, que incluyen sistemas de almacenamiento y distribución especializados.

HSE (Health, Safety and Environment): Política o enfoque que se utiliza para gestionar los riesgos relacionados con la salud, la seguridad y el medio ambiente en un entorno laboral.

ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement): Clasificación de instalaciones para la protección del medio ambiente en Francia, incluyendo estaciones de hidrógeno.

ISO 14687: Norma que establece especificaciones sobre la calidad del hidrógeno como combustible para vehículos.

ISO 16110: Norma sobre generadores de hidrógeno que utilizan tecnologías de procesamiento de combustible.

ISO 17268: Norma sobre dispositivos de conexión y repostaje de vehículos de hidrógeno.

NFPA 2 (Hydrogen Technologies Code): Código normativo de EE.UU. que regula el manejo seguro del hidrógeno, desde su generación hasta su uso.

NFPA 55: Norma de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios de EE.UU. sobre el almacenamiento y manejo de gases comprimidos, incluidos el hidrógeno.

MS: Manual de Seguridad

QRA (Quantitative Risk Assessment): Evaluación cuantitativa de riesgos utilizada en la planificación de seguridad de estaciones de hidrógeno.

SAE J2601: Protocolo de llenado seguro de vehículos con hidrógeno gaseoso.

SAE J2719: Norma sobre la calidad del combustible de hidrógeno para vehículos de celdas de combustible.

TRGS 407: Regulación alemana sobre sustancias peligrosas, aplicable a instalaciones de repostaje de hidrógeno.

2 Resumen Ejecutivo

Contexto

Como parte de las actividades comprometidas en el trabajo de cooperación bajo el proyecto Team Europe Desarrollo del Hidrógeno Renovable (RH2), GIZ se encuentra constantemente monitoreando e identificando las necesidades del marco regulatorio chileno, con el fin de poder aportar con una visión que antice y facilite el desarrollo de proyectos e iniciativas a lo largo del país.

En el 2021 y bajo la Ley N° 21.305, el hidrógeno y los combustibles derivados de él pasaron a ser considerados como un energético, lo que originó la elaboración del Reglamento de Seguridad de Instalaciones de Hidrógeno publicado en 2024, el cual excluyó a las estaciones surtidoras de hidrógeno (ESH), con el objeto de que éstas estuvieran contenidas en una regulación de seguridad específica para estaciones de multi - combustibles. Al mismo tiempo, y como parte de los compromisos del Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030, el Ministerio de Energía elaboró el Plan de Trabajo de Regulaciones Habilitantes para el Desarrollo de la Industria de Hidrógeno en Chile 2024-2030", en el que se determinó que sería necesario trabajar en una propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH y es de esta forma como el presente estudio responde a esa necesidad identificada.

Metodología

Para elaborar la propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH se realizó un análisis comparativo de normativas internacionales en lugares con infraestructura avanzada en hidrógeno, tales como la Unión Europea, Alemania, Francia, Japón, Australia y California-Estados Unidos, identificando estándares técnicos que regulan los principales aspectos de seguridad en las ESH. Asimismo, se constituyeron tres grupos de trabajo, a saber: Comité Técnico (CT), Mesa Técnica (MT) y Mesa Público Privada (MPP), cuyo fin fue estudiar la normativa técnica y proponer la estructura y contenido técnico de la regulación. Para este caso el primer grupo se compuso por el Ministerio de Energía, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, la Comisión Nacional de Energía y GIZ. El segundo, estuvo compuesto por los integrantes del CT más el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, el Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Salud y el Servicio Nacional de Geología y Minería. Finalmente, la MPP, estuvo compuesta por todos los integrantes de la MT y representantes del sector privado, la academia y sociedad civil en general.

Para estos grupos de trabajo se generó una calendarización de sesiones entre los meses de julio de 2024 y enero de 2025, para las cuales una consultora contratada fue elaborando y preparando el material técnico a discutir, respondiendo a las consultas y sistematizando las conclusiones de las sesiones de manera iterativa. Así, en total se realizaron ocho sesiones del CT, dos sesiones de la MT y dos sesiones de la MPP.

Desarrollo de la regulación de seguridad para ESH

Durante el 2023, MRC Consultants y Transaction Advisers, elaboraron para el Ministerio de Energía, el estudio Support Development of a Regulatory Framework for Hydrogen and Multi-fuel Refueling Stations for Vehicles desde el cual se extrajeron las principales normas internacionales, se actualizaron y complementaron, sirviendo como uno de los insumos técnicos para las discusiones en los distintos grupos de trabajo.

De la revisión internacional se concluye que, en términos generales, las exigencias de seguridad se basan principalmente en la norma ISO 19880-1 y en la NFPA 2. Sin perjuicio de lo anterior, ya sea a nivel país o a nivel local, existen regulaciones de seguridad en las que se establecen los requisitos de los permisos para contar con una ESH operativa. En general, a medida que hay más hidrógeno almacenado, más rigurosas y exigentes son las restricciones. Por esta razón, desde las mismas regiones o estados, y desde las asociaciones gremiales, se han elaborado guías técnicas para facilitar e impulsar la tramitación de los permisos para la construcción y operación de ESH de forma segura.

Teniendo todos estos aspectos en consideración, así como la referencia del Reglamento de Seguridad de Instalaciones de Hidrógeno, en un trabajo cooperativo entre el CT, MT y MPP, se desarrolló una propuesta técnica de Reglamento de Seguridad para ESH, cuyo objetivo y alcance es "establecer los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las ESH, en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento,

reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de operaciones, y en las cuales se realizarán las actividades de producción, acondicionamiento, almacenamiento y distribución de hidrógeno." En esta misma línea, la propuesta establece las obligaciones y responsabilidades de las personas naturales y/o jurídicas que intervienen en dichas actividades, con el objetivo de desarrollarlas en forma segura y controlando el riesgo de manera tal que no constituyan peligro para las personas o las cosas, y como base se citan la norma ISO 19880-1:2020 y la NFPA 2:2023, o las versiones más actualizadas de las mismas.

Respecto del ámbito de aplicación, se discutió que el reglamento debería considerar las siguientes configuraciones de ESH:

- Fija con producción de hidrógeno in situ.
- Fija con abastecimiento de hidrógeno desde camión o cilindros.
- Fija con abastecimiento de hidrógeno por tubería.
- Móvil y con producción de hidrógeno.

Finalmente, la propuesta técnica en forma de reglamento quedó estructurada según los siguientes títulos:

- Título 1: Alcance y definiciones de estaciones surtidoras de hidrógeno
- Título 2: Terminología y referencias normativas
- Título 3: Responsabilidades
- Título 4: Requerimiento de gestión de seguridad de instalaciones de ESH
- Título 5: Diseño y construcción de ESH
- Título 6: Operación y mantenimiento de ESH
- Título 7: Suministro de hidrógeno
- Título 8: Notificación de inicio de obras e inscripción
- Título 9: ESH temporalmente fuera de servicio
- Título 10: Término definitivo de operaciones de una ESH
- Título 11: Comunicaciones e informes de accidentes o incidentes
- Título 12: Fiscalizaciones y sanciones
- Disposiciones transitorias

3 Introducción

El presente informe compila todo el trabajo realizado para elaborar una propuesta técnica de reglamento de seguridad para estaciones surtidoras de hidrógeno con el fin de asegurar la manipulación y acondicionamiento seguro del hidrógeno. En este sentido, es crucial desarrollar una propuesta técnica de Reglamento de Seguridad que establezca las condiciones mínimas necesarias para las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de las operaciones de la instalación de una ESH, estableciendo y programando un trabajo con varias instituciones públicas y privadas para revisar y aprobar los alcances del Reglamento de Seguridad de Instalaciones Surtidoras dedicadas a hidrógeno.

Para lograr este objetivo se estableció un programa de trabajo con varias instancias de reuniones formales en las que se incorporaron entidades tanto públicas como privadas, generando un Comité Técnico (CT), la Mesa Técnica (MT) y la Mesa Público Privada (MPP) que participaron en el desarrollo del Reglamento de Seguridad.

4 Objetivos y alcances

El presente servicio tiene por objetivo general el Desarrollar una Propuesta Técnica del Reglamento de Seguridad para Estaciones Surtidoras de Hidrógeno (ESH) en Chile, mediante actualización, análisis y discusión de información técnica considerando los siguientes objetivos específicos.

4.1 Objetivo específico 1 (OE1)

Actualizar información relativa a ESH dedicadas, considerando las siguientes actividades:

- Validar las propuestas y resultados obtenidos en el estudio: "Support Development of a Regulatory Framework for Hydrogen and Multi-fuel Refueling Stations for Vehicles" (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023), preparado por Consorcio liderado por MRC Consultants y Transaction Advisers en asociación con Inycom y Chance and Choices.
- Validar la vigencia de las normas analizadas en el estudio indicado en punto anterior. En caso de existir cambios, actualizar la información particular del respectivo estudio y proponer nuevas normativas relevantes en caso de ser necesario.
- Identificar si en la experiencia internacional surgieron requerimientos regulatorios nuevos sobre ESH en países como: Dinamarca, Alemania, España, Francia, Estados Unidos (California), Japón, Bélgica, República de Corea. En el caso de Dinamarca, Francia y España, hacer especial énfasis en los motivos que han llevado a problemas con las estaciones surtidoras.
- Recopilar especificaciones requeridas por los fabricantes de vehículos (on road/ off road).

4.2 Objetivo específico 2 (OE2)

Elaborar la metodología y programación del trabajo del Comité Técnico (CT), la Mesa Técnica (MT) y la Mesa Público Privada (MPP), para elaborar la propuesta técnica de reglamento de seguridad en ESH en Chile, considerando las siguientes actividades:

- Diseñar la metodología para la ejecución del trabajo del CT, la MT y la MPP. A su vez, se debe proponer la composición y actores de cada una de las instancias de trabajo y la frecuencia de reunión.
- Elaborar el cronograma detallado de reuniones, actividades y contenidos.

4.3 Objetivo específico 3 (OE3)

Elaborar una propuesta técnica de Reglamento de Seguridad en ESH a través de la coordinación y conducción del CT, la MT y la MPP, considerando las siguientes actividades:

- Generar alternativas para estructurar el reglamento de seguridad en ESH, seleccionando una en conjunto con las contrapartes, la cual se usará para el resto de la presente consultoría.
- Coordinar y conducir la discusión en el CT, la MT y la MPP en dirección a la elaboración de una propuesta técnica en función de los requerimientos mínimos de seguridad de las ESH.
- Elaborar y presentar el material necesario para la discusión de las propuestas en el CT, la MT y la MPP.
- Abordar las propuestas, solicitudes, dudas o divergencias de los distintos participantes de las reuniones, proponiendo respuestas apoyadas en información técnica para las siguientes instancias, según se requiera.
- Generar una estructura de los principales requisitos a analizar que determinen las condiciones mínimas de seguridad de las ESH, en aspectos de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de las operaciones.
- Proponer títulos principales y temas a considerar para la elaboración de la propuesta técnica de reglamento de seguridad en estaciones surtidoras dedicadas a hidrógeno.
- Identificar coherencia en la propuesta de reglamento de seguridad respecto de otras normativas nacionales.
- Atender los requerimientos del Ministerio de Energía, principalmente en el proceso de elaboración del instrumento legal que se genere para la propuesta de reglamento.

5 Desarrollo de la propuesta técnica

El desarrollo del servicio tiene como objetivo principal entregar un insumo técnico para fortalecer el ecosistema habilitante de la industria del hidrógeno renovable en Chile, enfocado en la propuesta técnica de un Reglamento de Seguridad para Estaciones Surtidoras de Hidrógeno en Chile, incluyendo la actualización de normativas, el análisis y la discusión de información técnica.

5.1 Experiencia internacional

Dentro del desarrollo del servicio se requirió validar las propuestas y resultados obtenidos en el estudio: "Support Development of a Regulatory Framework for Hydrogen and Multi-fuel Refueling Stations for Vehicles", realizado el 2023, preparado por un consorcio liderado por MRC Consultants y Transaction Advisers en asociación con Inycom y Chance and Choices, cuyo mandante fue el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para el Ministerio de Energía de Chile.

Adicionalmente se requirió validar la vigencia de las normas analizadas en el estudio mencionado anteriormente y en caso de existir cambios, actualizar la información específica del respectivo estudio y proponer nuevas normativas relevantes si fuera necesario.

5.1.1 Revisión y validación información de (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023)

El desarrollo y adopción de normativas internacionales para el hidrógeno, especialmente en el contexto de las ESH, ha demostrado ser dinámico y en constante evolución en las últimas dos décadas, esto debido al avance de las investigaciones desarrolladas respecto del uso del hidrógeno verde como combustible limpio. Muchos estándares internacionales han sido fundamentales para respaldar la compatibilidad, seguridad y eficiencia de las infraestructuras de hidrógeno, incluyendo las ESH, materia del presente informe.

Según lo solicitado, se realizó un análisis complementario de las normativas de los países de referencia, examinando diversos elementos regulatorios y normativos, tales como:

- **Estrategias nacionales:** Planes y políticas a nivel nacional que establecen las metas y objetivos para el desarrollo del hidrógeno como fuente de energía.
- **Leyes marco:** Legislación general que establece el marco legal para el desarrollo y operación de estaciones de hidrógeno.
- **Regulaciones:** Normas específicas que detallan los requisitos técnicos, operativos y de seguridad para las estaciones de hidrógeno.
- **Directivas:** Instrucciones emitidas por entidades gubernamentales o supranacionales que deben ser implementadas por los países miembros.
- **Normas técnicas:** Estándares establecidos por organismos nacionales o internacionales que definen especificaciones técnicas y procedimientos para garantizar la seguridad y eficiencia.
- **Manuales emitidos por organizaciones técnicas:** Documentos prácticos que proporcionan guías y mejores prácticas para la implementación y operación de tecnologías de hidrógeno.
- **Códigos legales:** Conjunto de leyes y reglamentos que establecen las obligaciones legales y responsabilidades para la construcción y operación de estaciones de hidrógeno.
- **Guías de implementación:** Documentos detallados que explican cómo aplicar y cumplir con las normativas y regulaciones de manera efectiva.

5.1.1.1 Normativas publicadas para uso de hidrógeno

El impulso inicial para regular el uso del hidrógeno a nivel internacional comenzó con la NFPA 2 (Hydrogen Technologies Code), normativa emitida en el año 2011 en Estados Unidos, siendo este uno de los primeros marcos regulatorios internacionales en abordar el manejo seguro del hidrógeno, abarcando aspectos tales como generación, almacenamiento, distribución y uso para distintas aplicaciones tecnológicas incluyendo las

ESH. Esta normativa, ha influido significativamente en la elaboración de normativas en otros países que han comenzado a realizar esfuerzos regulatorios en torno al hidrógeno verde y sus derivados. En este contexto cada región ha ido avanzando de distinta manera en el desarrollo normativo.

Unión Europea

En el caso de Europa, y específicamente los países miembros de la Unión Europea, la adopción de normativas internacionales como ISO, IEC, EN, ha sido esencial para regular la infraestructura del hidrógeno y las ESH. La implementación de nuevas ESH está siendo impulsada por regulaciones como la de Infraestructura de Combustibles Alternativos (AFIR)¹, que establece objetivos claros para la creación de una red de repostaje de hidrógeno a lo largo de la red transeuropea de transporte (RTE-T). Para ello, los Estados Miembros antes del 2031 deben contar con ESH de acceso público diseñadas para una capacidad mínima acumulativa de 1 t/día y equipadas con al menos un dispensador de 700 bares, situadas a una distancia máxima de 200 km entre ellas, a lo largo de la red básica de la RTE-T. La implantación de infraestructura también debe tener en cuenta la llegada de nuevas tecnologías, como la del hidrógeno líquido, que permiten contar con una gama más amplia de vehículos pesados y que se espera que sean la opción tecnológica preferida por algunos fabricantes de vehículos.

Las directivas de la UE juegan un rol importante en la armonización de las legislaciones nacionales, asegurando que todos los Estados Miembros avancen hacia objetivos comunes sin imponer exactamente cómo deben alcanzarlos. Un ejemplo de ello es la Directiva ATEX, que se ha convertido en un estándar obligatorio para garantizar la seguridad en atmósferas explosivas. De igual manera, la Norma EN ISO 19880-1, que fue adoptada por el CEN (Comité Europeo de Normalización), entrega un estándar de regulación de diseño, y operación específicamente de las ESH, la cual ha sido adaptada y utilizada en la UE y así una serie de normativas que se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1 Descripción normativa vigente UE

Directiva	Detalle
Directiva 2014/68/UE	Esta directiva, conocida como la Directiva de Equipos a Presión (PED), establece requisitos esenciales de seguridad para el diseño, fabricación y pruebas de equipos a presión, incluyendo los componentes de almacenamiento de hidrógeno en las ESH. Específicamente, se aplica a recipientes, tuberías, accesorios de seguridad y componentes a presión con una presión máxima admisible PS superior a 0,5 bar, que es la presión máxima para la que está diseñado el equipo, especificada por el fabricante. Esta presión es equivalente a la denominada como presión de diseño. Los equipos a presión sometidos a una presión inferior o igual a 0,5 bar no presentan riesgos significativos en relación con la presión, por lo que no deben ponerse obstáculos a su libre circulación en la UE.
Directiva 2008/68/CE	Sobre el transporte de mercancías peligrosas y también conocida como Directiva ADR (por sus siglas en inglés): establece normas de seguridad para el transporte de este tipo de mercancías entre las que se incluye el hidrógeno. Asegura que el transporte de hidrógeno se realice de manera segura a través de diferentes modos de transporte.
Directiva 2012/18/UE	Conocida como Directiva SEVESO III, se aplica a instalaciones donde se manipulan grandes cantidades de sustancias peligrosas, incluyendo el hidrógeno para cantidades entre 5 a 50 toneladas. Esta directiva impone a los operadores de instalaciones SEVESO la obligación de realizar evaluaciones exhaustivas de riesgos, implementar medidas técnicas y organizativas para prevenir accidentes, desarrollar planes de emergencia y notificar a las autoridades y al público sobre los riesgos potenciales y las medidas de seguridad.

Directiva ATEX (Atmosphères Explosibles)	<p>Directiva de la UE que regula los requisitos para trabajar en ambientes con riesgo de explosión, relevante para el manejo de hidrógeno. La Reglamentación ATEX, se refiere a dos directivas europeas independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los requisitos destinados a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores que puedan estar expuestos al riesgo de atmósferas explosivas (Directiva 1999/92/CE de 16 de diciembre de 1999). • Dispositivos y sistemas de protección destinados a su uso en atmósferas explosivas (Directiva 2014/34/UE de 26 de febrero de 2014).
Reglamento (UE) 2023/1804 (European Parliament, 2023)	<p>El 13 de abril de 2024 ha comenzado a aplicarse el Reglamento (UE) 2023/1804 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023, relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y por el que se deroga la Directiva 2014/94/UE (también conocido como Reglamento AFIR), que se transpone parcialmente en España mediante el Real Decreto 639/2016, por el que se establece un marco de medidas para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos.</p>

Fuente: Elaboración propia

Las organizaciones técnicas dentro de la UE, como CEN, CENELEC y EIGA (ver detalle en Tabla 2), son las que desarrollan normas técnicas y directrices que apoyan la implementación de las directivas. Ellas trabajan en estrecha colaboración con la Comisión Europea y otras instituciones para asegurar que las normas técnicas sean coherentes con las políticas y objetivos de la UE.

Tabla 2 Descripción organizaciones Unión Europea

Organización	Descripción
CEN	Proporciona una plataforma para el desarrollo de normas europeas y otros documentos técnicos en relación con diversos tipos de productos, materiales, servicios y procesos, este organismo ha contribuido a la estandarización de normativas en toda la Unión Europea.
CENELEC	Desarrolla normas europeas específicas para la ingeniería eléctrica y electrónica, relevantes para las tecnologías de hidrógeno.
HYDROGEN EUROPE	Organización que representa a más de 400 miembros de la industria y la investigación, promoviendo el desarrollo del hidrógeno en Europa. Trabaja con instituciones europeas para influir en políticas y normativas, actuando como enlace entre el sector privado y los legisladores, enfocándose en soluciones sostenibles tanto económica como ambientalmente.
EIGA	La Asociación Europea de Gases Industriales EIGA por sus siglas en inglés, es una organización orientada técnica y de seguridad que representa a la gran mayoría de empresas europeas y no europeas que producen y distribuyen gases industriales, médicos y alimentarios. Las empresas miembros colaboran estrechamente en cuestiones técnicas y de seguridad para alcanzar el máximo nivel de seguridad y respeto al medio ambiente en el manejo de gases. EIGA colabora con organismos y autoridades de normalización y regulación, así como con organizaciones comerciales e industriales.

Fuente: Elaboración propia

Alemania

Según lo registrado en el Observatorio Europeo de Hidrógeno (antiguo observatorio de celdas de combustible e hidrógeno), plataforma abierta que proporciona datos e información actualizada sobre el sector europeo del hidrógeno, a mayo del 2024 los países pioneros en implementación ESH corresponden a Francia y Alemania.

En la región Europa, Medio Oriente y África (EMEA), 27 países contaban con 412 ESH a finales de 2024. Francia superó a Alemania y se convirtió en el país con el mayor número de ESH de la región, con un 33 % del total de estaciones y Alemania, por su parte, contaba con cerca del 30 % del total regional.

Desde el punto de vista normativo, Alemania ha integrado normas internacionales adaptándolas a su contexto nacional a través de las normas DIN. A continuación se detallan algunas normativas adoptadas por este país, los mecanismos empleados, sus beneficios y los desafíos pendientes. Como indica la Tabla 3.

Tabla 3 Descripción normativa vigente Alemania

Norma	Detalle
ISO y CEN	La adopción de normas extranjeras, desarrolladas por organismos como ISO y CEN, se realiza a través del Instituto Alemán de Normalización (DIN). Cuando una norma internacional (ISO) o europea (CEN) es adoptada, se codifica como DIN EN ISO o DIN EN, indicando su validación a nivel internacional, europeo y nacional.
SAE, ASME y CGA	Las normas americanas como SAE no son adoptadas directamente como normas DIN, sin embargo sí influyen en la elaboración de normas locales. Por otro lado, las normas ASME son referenciadas como normas técnicas y/o complementarias en los cuerpos normativos alemanes. Lo mismo ocurre en el caso de las normas CGA, las que tampoco son adoptadas específicamente como normas DIN pero pueden ser también referenciadas en cuerpos normativos o utilizadas para la elaboración de guías técnicas complementarias en la gestión y seguridad de gases comprimidos.
ATEX	En relación a la seguridad contra incendios y atmósferas explosivas, Alemania utiliza la normativa ATEX, y normativas DIN específicas, sin embargo las directrices y estándares de la NFPA pueden ser utilizadas como referencias adicionales o bien de forma complementaria en aquellos proyectos donde es necesario alinear con prácticas internacionales.

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la infraestructura de estaciones ESH en Alemania es impulsado por la colaboración activa de varias organizaciones técnicas, estatales y de investigación, como indica la Tabla 4.

Tabla 4 Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Alemania

Organización	Descripción
Deutsches Institut für Normung (DIN)	El Instituto Alemán de Normalización desarrolla normas nacionales para una amplia gama de industrias, incluyendo la tecnología de hidrógeno.
Verein Deutscher Ingenieure (VDI)	La Asociación de Ingenieros Alemanes elabora directrices técnicas y estándares para diversas ramas de la ingeniería, incluyendo tecnologías de hidrógeno y estaciones de servicio de hidrógeno.
Fraunhofer Society	Organización líder en investigación aplicada que trabaja en el desarrollo de tecnologías de hidrógeno, incluyendo producción, almacenamiento y aplicaciones industriales del hidrógeno.

NOW GmbH	La Organización Nacional para la Tecnología del Hidrógeno y Celdas de Combustible promueve la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías de hidrógeno y celdas de combustible en Alemania.
H2 MOBILITY Germany	Organización que opera más de 90 estaciones de hidrógeno en Alemania y Austria, y proporciona soluciones tecnológicas avanzadas a través de su plataforma H2.LIVE, que ofrece información en tiempo real sobre el estado operativo de las estaciones
BMWK	Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima de Alemania, es la entidad estatal
BMVI	El Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital regula la infraestructura de transporte, incluyendo las estaciones de servicio de hidrógeno.
BAM	La Agencia Federal para la Investigación y Pruebas de Materiales desarrolla normas y reglamentos para la seguridad de materiales, incluidos los utilizados en tecnologías de hidrógeno.
BNetzA	La Agencia Federal de Redes regula los mercados de energía y asegura que las infraestructuras de hidrógeno cumplan con los estándares técnicos y de seguridad.

Fuente: Elaboración propia

Francia

Análogamente, Francia adopta directamente las normas ISO y IEC, mientras que las normas de CEN y CENELEC también se integran plenamente en el marco regulatorio nacional a través de AFNOR. Las directrices de EIGSI y la IEA son utilizadas como referencias para desarrollar normativas complementarias, y las recomendaciones de *Hydrogen Europe* se consideran para alinearse con las mejores prácticas del sector a nivel europeo. En Francia diversas organizaciones técnicas en colaboración mutua participan en el desarrollo de las ESH como indica la Tabla 5.

Tabla 5 Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Francia

Organización	Descripción
AFNOR	La Asociación Francesa de Normalización desarrolla y publica normas técnicas, de esta forma garantiza que las estaciones cumplan con los estándares nacionales e internacionales en diseño, operación, calidad y seguridad
Comisión de Regulación de Energía (CRE)	Participa en la regulación del mercado energético, facilitando la integración de las infraestructuras de hidrógeno dentro del sistema energético nacional.
Agencia de la Transición Ecológica (ADEME)	A través de, desarrolla políticas y financia proyectos innovadores, entre estos que apoyan el desarrollo de las ESH. ADEME ha sido clave para asegurar la viabilidad económica y sostenibilidad de estos proyectos, impulsando la transición energética del País. France Hydrogène coordina el desarrollo de la red de estaciones, trabajando junto a actores públicos y privados para fomentar el uso del hidrógeno en movilidad y otros sectores industriales.
CEA-Liten y CNRS	El Laboratorio de Innovación en Nuevas Tecnologías Energéticas y Nanomateriales en conjunto con el Centro Nacional de Investigaciones Científicas colaboran en desarrollar tecnologías necesarias para mejorar la producción, almacenamiento y transporte del hidrógeno, investigaciones esenciales para

	asegurar que las estaciones puedan operar de manera eficiente, favoreciendo la expansión del hidrógeno como alternativa energética. Francia tiene como objetivo desplegar 1.000 estaciones de hidrógeno para 2030, apoyada por un esfuerzo coordinado entre estas organizaciones.
--	---

Fuente: Elaboración propia

Australia

Muy similar a lo que se revisó para Alemania o Francia, Australia ha adoptado el uso de norma AS desarrollado por Standards Australia (Standards Australia, s.f.), el organismo nacional de normalización de Australia, basadas principalmente en estándares ISO u otro estándar internacional aceptado como ASME, destacándose para este caso los que aparecen en la Tabla 6.

Tabla 6 Normativa vigente en Australia

Norma	Descripción
AS 16110.1:2020	Tiene como objetivo cubrir peligros significativos, situaciones peligrosas y eventos relevantes para los generadores de hidrógeno cuando se utilizan según lo previsto.
AS ISO 16110.2:2020	Describe cómo medir y documentar el rendimiento de los generadores de hidrógeno estacionarios para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales.
AS ISO 14687:2020	Especifica las características mínimas de calidad del combustible de hidrógeno para su uso en aplicaciones vehiculares y estacionarias.
AS 22734:2020	Define los requisitos de construcción, seguridad y rendimiento de los aparatos de generación de gas hidrógeno empaquetados o adaptados de fábrica, que utilizan reacciones electroquímicas con agua electrolítica para producir gas hidrógeno y oxígeno. La norma es aplicable tanto para pilas y paquetes de electrolizadores alcalinos como de membrana de intercambio de protones (PEM).
SA TS 19883:2020	Define las medidas de seguridad y las características de diseño aplicables para el diseño, la puesta en servicio y la operación de sistemas de adsorción por oscilación de presión para la separación y purificación de hidrógeno.
AS ISO 16111:2020	Define los requisitos para el material, el diseño, la construcción y las pruebas de los sistemas transportables de almacenamiento de gas hidrógeno con hidruro metálico. Excluye el uso como solución de almacenamiento de combustible a bordo para vehículos alimentados con hidrógeno.
AS ISO 19881:2020	Especifica los requisitos para el material, el diseño, la fabricación y las pruebas de contenedores producidos en serie, recargables y fijados permanentemente, destinados al almacenamiento de gas hidrógeno comprimido de grado celda de combustible para el funcionamiento de vehículos terrestres.
AS 19880.3:2020	Especifica los requisitos y métodos de prueba para el desempeño seguro de las válvulas de gas de alta presión utilizadas en estaciones de servicio de hidrógeno hasta la designación H70.
AS ISO 19880.1:2020	Estaciones de repostaje de hidrógeno: requisitos de diseño, construcción y operación segura.
AS ISO 19880.5	Mangueras y conjuntos de mangueras para dispensadores en estaciones de repostaje de hidrógeno.

AS ISO 19880.8	Control de calidad del hidrógeno gaseoso en estaciones de repostaje.
SA TR 15916	Consideraciones básicas de seguridad para sistemas de hidrógeno

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior evidencia el trabajo normativo desarrollado por Australia para potenciar el mercado del hidrógeno y dar cumplimiento a su estrategia nacional, los que han mantenido tres normas adoptadas en el 2020 y se han emitido nuevas normas, robusteciendo de esta forma el marco regulatorio específico para las ESH.

En Australia existen diversos organismos técnicos que apoyan directamente el desarrollo del mercado del hidrógeno, algunas de estas organizaciones han tenido rol clave en el desarrollo de ESH y la implementación de estándares técnicos. Algunos ejemplos como los de la Tabla 7.

Tabla 7 Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Australia

Organización	Descripción
Standards Australia	Principal organización no gubernamental de desarrollo de estándares en Australia la cual se encarga de coordinar y supervisar la creación, adopción y adaptación de estándares nacionales e internacionales en una amplia variedad de sectores, ha adoptado importantes estándares internacionales y también trabaja permanentemente en la emisión documentos técnicos como por ejemplo, "Hydrogen Refuelling Stations Information Sheet" ⁶ y "Hydrogen standardsrelease summary" ⁷ entre otros.
Australian Hydrogen Council	Ha colaborado en la planificación y desarrollo de estos estándares, promoviendo mejores prácticas y regulaciones en la industria.
CSIRO	Ha contribuido con investigaciones científicas y guías técnicas, apoyando el desarrollo de nuevas tecnologías de hidrógeno.
Australian Government - Department of Industry, Science, Energy and Resources (DISER)	Ha desarrollado políticas energéticas que impulsan la economía del hidrógeno, apoyando proyectos clave que incluyen ESH.
ARENA	Ha financiado proyectos como el BOC Hydrogen Refuelling Project, que proporciona guías técnicas sobre el diseño y la implementación de ESH, optimizando su infraestructura.
Clean Energy Regulator	Ha supervisado el cumplimiento de los estándares en programas de energía limpia y ha apoyado en la creación del Hydrogen Safety Code of Practice (Resources Safety & Health Queensland, 2022), asegurando la seguridad en las instalaciones de repostaje de hidrógeno en todo el país.

Fuente: Elaboración propia

California, Estados Unidos

En los Estados Unidos, particularmente en el estado de California, se utilizan las normas NFPA 2 código completo para tecnologías de hidrógeno, que involucra la seguridad en el manejo, almacenamiento, uso de gases comprimidos y fluidos criogénicos respectivamente, entre otras NFPA. aplicando estas a las ESH. Estas normativas abarcan desde los requisitos de construcción y seguridad hasta los estándares del uso del hidrógeno como combustible. A continuación en la Tabla 8, se describen las principales normativas que rigen la operación y desarrollo de las ESH en California.

Tabla 8 Normativa vigente en California, Estados Unidos

Norma	Descripción
California Code of Regulations (CCR), Title 13	Regula los vehículos y el equipo relacionado, incluyendo estándares para combustibles alternativos como el hidrógeno. Establece los requisitos para la seguridad y el rendimiento de las estaciones de hidrógeno y los vehículos de celda de combustible.
OSHA Regulations 29 CFR 1920 Subpart H	Conjunto de normas emitidas por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) que establecen los requisitos para el manejo, almacenamiento y uso seguro de materiales peligrosos, incluidos gases inflamables como el hidrógeno.
California Building Code (CBC), Title 24:	Contiene las normas de construcción para el estado de California. Incluye especificaciones para la construcción de estaciones de hidrógeno, asegurando que cumplan con los requisitos de seguridad y accesibilidad.
CGA S Series -1.1-3 Pressure Relief Device Standards	Regula los dispositivos de alivio de presión para sistemas que contienen gases comprimidos, incluidos aquellos que almacenan hidrógeno.
CGA Hydrogen Systems G-5.5 Vent	Establece las recomendaciones para los sistemas de ventilación de hidrógeno , con el fin de asegurar que el gas liberado en caso de sobrepresión o durante operaciones rutinarias sea ventilado de manera segura y lejos de fuentes de ignición.
CGHA H Series of Standards:	Regulan aspectos relacionados específicamente con el manejo seguro del hidrógeno. Estas normas cubren áreas como el almacenamiento, transporte y dispensación del hidrógeno.
SAE J2600	Regula los dispositivos de conexión para el repostaje de vehículos con hidrógeno comprimido. Asegurando así la compatibilidad entre las ESH, además establece requisitos de seguridad para prevenir fugas y otro tipo de fallas, asegura el acoplamiento seguro de los dispositivos de conexión durante el proceso de repostaje.
UL 2075	Regula los requisitos para los detectores de gas y vapor , que están diseñados para detectar gases combustibles, como el hidrógeno, en el ambiente y activar alarmas en caso de fugas.
DOT Regulations including 40 CFR Part 68 Risk Management Plan	Diseñado para abordar la gestión de riesgos asociados con sustancias peligrosas. Esta normativa establece los requisitos para la elaboración de un Plan de Gestión de Riesgos (RMP, por sus siglas en inglés) que debe ser implementado por las instalaciones que manejan grandes cantidades de sustancias peligrosas, como el hidrógeno.
NFPA "Tecnologías de Hidrógeno" 2	Proporciona un conjunto de requisitos de seguridad para la instalación, almacenamiento, uso y generación de hidrógeno, regula el manejo seguro del hidrógeno en diversas aplicaciones, incluidas las ESH, las celdas de combustible y los sistemas de energía.
NFPA 55	"Código de Gases Comprimidos y Fluidos Criogénicos": Este código regula los requisitos de seguridad para el almacenamiento, manejo y uso de gases comprimidos y fluidos criogénicos, incluidos los utilizados en aplicaciones industriales y comerciales, como el hidrógeno.
NFPA 70	Código nacional de electricidad de los Estados Unidos. Establece las normas para la instalación segura de cableado eléctrico y equipos eléctricos en edificaciones y otras

	estructuras. Su objetivo principal es proteger a las personas y a las propiedades de los riesgos eléctricos, como incendios y descargas.
NFPA 77 / API RP 2003	Guidance on Grounding and Static Electricity (también API RP 2003): Proporcionan guías para el control de la electricidad estática y la conexión a tierra de equipos utilizados en instalaciones que manejan gases inflamables, incluidas las ESH.
NFPA 79	Código que cubre los requisitos eléctricos para maquinaria industrial. Está diseñado para garantizar la seguridad de los operadores y equipos, regulando el diseño, instalación y operación de sistemas eléctricos dentro de máquinas industriales.
ASME B-31.12	Que establece pautas para el diseño, construcción y operación de sistemas de tuberías y gasoductos de hidrógeno.
SAE J2600	Similar a la ISO 17268, la norma SAE J2600 regula los dispositivos de conexión para el repostaje de vehículos de hidrógeno comprimido. Asegura que los componentes, como las boquillas y acoplamientos, funcionen de manera segura y estandarizada.
SAE J2601	Establece los protocolos de llenado para vehículos ligeros que funcionan con hidrógeno gaseoso. Regula la velocidad y la presión de llenado para asegurar que el repostaje sea seguro, rápido y eficiente.
SAE J2601-2	Extensión de la SAE J2601, adaptada para vehículos pesados impulsados por hidrógeno gaseoso. Establece protocolos específicos para vehículos de mayor tamaño y capacidad, como camiones.
SAE J2799	Regula la comunicación entre los vehículos de hidrógeno y las estaciones de repostaje. Define los requisitos para el hardware y software de comunicación, permitiendo un intercambio de datos seguro y eficiente durante el repostaje.
SAE J2719	Regula la calidad del combustible de hidrógeno utilizado en vehículos con celdas de combustible. Establece límites para contaminantes que podrían dañar las celdas de combustible o afectar el rendimiento del vehículo.

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, las organizaciones técnicas que participan en el desarrollo de estas normas se compilan y describen en la Tabla 9.

Tabla 9 Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en California y Estados Unidos

Organización	Descripción
California Energy Commission (CEC)	La CEC financia y apoya proyectos de hidrógeno y ESH a través de programas como el Clean Transportation Program, Publica guías y estándares técnicos relacionados con la implementación de infraestructuras energéticas, incluyendo estaciones de hidrógeno.
California Resources Air Board (CARB)	Regula la calidad del aire y establece estándares para la reducción de emisiones de vehículos. Emite regulaciones específicas sobre las emisiones de vehículos de celda de combustible y normas para el despliegue de ESH, como el Low Carbón Fuel Standard (LCFS).
California Fuel Cell Partnership (CaFCP)	Es una colaboración público-privada que promueve el despliegue de vehículos de celda de combustible y estaciones de hidrógeno. Proporciona directrices y mejores prácticas para la instalación y operación de ESH, facilitando la coordinación entre diferentes partes interesadas.

National Renewable Energy Laboratory (NREL)	Realiza investigaciones avanzadas y desarrolla tecnologías para la producción, almacenamiento y uso del hidrógeno. Contribuye con investigaciones que informan la creación de estándares y normas técnicas aplicadas en el sector.
Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)	Investiga métodos avanzados para la producción y almacenamiento de hidrógeno. Participa en la creación de soluciones innovadoras que se incorporan en normativas técnicas.
American Society of Mechanical Engineers (ASME)	Desarrolla normas y estándares técnicos para diversas industrias. Públicas normas específicas para el diseño y operación de componentes de hidrógeno, como los códigos ASME para recipientes a presión y tuberías.

Fuente: Elaboración propia

Japón

De acuerdo a la información de red de ESH a nivel mundial (TÜV SÜD, 2023), al 2022 existían 455 ESH operativas a nivel mundial, de las cuales 165 se encontraban en Japón. Para el desarrollo de las estaciones, este país ha realizado un trabajo normativo para regular el diseño, construcción, operación y seguridad de sus instalaciones, adoptando normativas internacionales como referencia y emitiendo normas técnicas propias, por ejemplo *Hydrogen and Fuel Cells in Japan* (Arias, 2019) entrega información sobre el marco regulatorio actual para las ESH. De igual manera el JEPC ha contribuido con el desarrollo de normativas específicas para la industria del repostaje de hidrógeno y el organismo técnico JIS complementa con el desarrollo de normativas aplicable según lo que se puede ver resumidamente en la

Tabla 10.

Tabla 10 Normativa vigente en Japón.

Norma	Descripción
High Pressure Gas Safety Act Nº. 204 of June 7, 1951	Regula la producción, almacenamiento, transporte y venta de gases a alta presión, incluidos los utilizados en las estaciones de hidrógeno.
Fire Service Act Nº. 186 of July 24, 1948	Regula las distancias de seguridad y otras medidas contra incendios para las estaciones de hidrógeno, especialmente cuando están integradas en estaciones de servicio de múltiples combustibles.
Building Standards Act Nº. 201 of May 24, 1950	Limita la ubicación de las estaciones de hidrógeno dependiendo de la zona de uso del distrito (residencial, comercial, industrial).
Overview of the Container Safety Ordinance	Establece requisitos de seguridad para los contenedores de gas, aplicables a las ESH que almacenan hidrógeno comprimido.
Ordinance on Designated Equipment Inspection	Regula la inspección de equipos designados para las ESH, asegurando que cumplan con los estándares de seguridad.
JIS B 8243	Equipos de presión para hidrógeno. Especifica los requisitos para equipos que operan bajo presión y se utilizan en sistemas de hidrógeno, garantizando su seguridad y eficiencia.

JIS K 0102	Métodos de análisis de gas de hidrógeno. Detalla los métodos para el análisis y la medición de la pureza del hidrógeno, asegurando que cumpla con los requisitos de calidad para su uso en ESH.
JIS B 8246	Equipos de gas a alta presión para estaciones de hidrógeno. Establece los estándares técnicos para los compresores y tanques de almacenamiento de hidrógeno.
JIS K 0210	Hidrógeno gas - Método de muestreo y pruebas. Especifica los procedimientos para el muestreo y las pruebas del gas hidrógeno, asegurando su calidad y seguridad.
JIS Z 2305	Ensayos no destructivos de materiales. Define métodos de prueba no destructivos para materiales metálicos aplicables a la inspección de componentes en estaciones de hidrógeno.
JIS G 3116	Placas de acero para recipientes a presión. Establece las normas para las placas de acero utilizadas en recipientes de presión, relevantes para tanques de almacenamiento de hidrógeno.
JIS H 5202	Aleaciones de aluminio para recipientes a presión. Normas para aleaciones de aluminio usadas en la construcción de equipos de almacenamiento y transporte de hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en otros países, en Japón un conjunto de ministerios y organizaciones han realizado un trabajo en el desarrollo del mercado del hidrógeno y las ESH, el trabajo realizado también se refleja en la adopción de normativas y en el desarrollo de normativa propia, los principales organismos que han sido responsables de esta labor se mencionan en la Tabla 11.

Tabla 11 Organizaciones elaboradoras de normas y regulaciones en Japón

Organización	Descripción
Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI)	Entrega directrices generales y políticas para la promoción del hidrógeno, y es el emisor de la Estrategia nacional de Hidrógeno Japonesa.
Japan Petroleum Energy Center (JPEC)	Emite normas técnicas específicas para las ESH y desarrolló el Technical Standards for Hydrogen Stations.
Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo (MLIT)	Regula la infraestructura de transporte y tecnologías de hidrógeno, con iniciativas como Standards for Hydrogen Refueling Stations.
Japanese Industrial Standards (JIS)	Conjunto de estándares nacionales que aseguran la calidad, seguridad y eficiencia de productos y servicios en Japón. Estas normas abarcan diversas industrias, incluyendo el hidrógeno y las ESH. Las JIS incluyen especificaciones técnicas y de seguridad para la producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno, asegurando que todas las operaciones relacionadas con el hidrógeno cumplan con los estándares nacionales de seguridad y eficiencia.

High Pressure Gas Safety Institute of Japan (KHK)	Desarrollador de normas para la seguridad en la producción, almacenamiento y transporte de hidrógeno, como por ejemplo la High Pressure Gas Safety Act.
--	---

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Guías para la implementación de ESH en los países evaluados

Para la implementación de las ESH los distintos países han ido facilitando el proceso a través de Guías emitidas por organismos técnicos que contribuyen al desarrollo de esta nueva industria, cuyo contenido incluye resúmenes de normativas aplicables a las ESH junto con una visión general de la gestión de permisos que deben ser tramitados en las distintas etapas de pre construcción, construcción, puesta en marcha y operación, ajustándose así al cumplimiento normativo de cada país en la materia.

A continuación se describe cómo cada país ha dispuesto las directrices para el proceso de implementación

Alemania

a. Guías de apoyo para instalar ESH

NOW elaboró la “Guía para la aprobación de Estaciones Surtidoras de Hidrógeno” (NOW GmbH, 2022) la cual destaca las principales normativas y estándares que se consideran esenciales para el desarrollo de ESH. Su objetivo es apoyar a los inversionistas, constructores y operadores de instalaciones ESH, así como a las autoridades regionales y locales en el proceso de aprobación de estas instalaciones. Aborda temas técnicos que incluyen aspectos de seguridad y cumplimiento normativo.

b. Autorizaciones para instalaciones de ESH en Alemania

La solicitud de permisos para la instalación y operación de ESH considera la coordinación de distintas entidades y el cumplimiento de diversas regulaciones, abarcando las siguientes 8 etapas:

i. Planificación inicial

- Definición del proyecto
- Consulta previa.

ii. Evaluación del sitio y estudio preliminar

- Evaluación ambiental: Es necesario realizar un estudio de impacto ambiental si la estación está ubicada en áreas sensibles desde el punto de vista ecológico o dependiente de la categoría de almacenamiento en la que se encuentre, las cuales se detallan a continuación:

Categoría 1: Estaciones con una capacidad de almacenamiento de menos de 1 tonelada de hidrógeno. Estas instalaciones no requieren un estudio de impacto ambiental, salvo que se ubiquen en áreas ecológicamente sensibles.

Categoría 2: Estaciones con capacidad de almacenamiento entre 1 tonelada y 3 toneladas de hidrógeno. Estas instalaciones pueden requerir un estudio de impacto ambiental dependiendo de la ubicación y condiciones locales.

Categoría 3: Estaciones con capacidad de almacenamiento superior a 3 toneladas de hidrógeno. Estas instalaciones tienen la obligatoriedad de realizar un estudio de impacto ambiental y cumplir con el marco regulatorio BImSchG.

- Estudio de seguridad: Involucra la identificación de riesgos potenciales relacionados con el almacenamiento y manejo de hidrógeno.
- Estudio técnico: Se deben preparar planos detallados que incluyan la disposición de los equipos, sistemas de seguridad, y accesos.

iii. Presentación de solicitudes

- Solicitud de permiso de construcción
- Solicitud de autorización operativa.

- iv. Revisión y evaluación por autoridades
 - Evaluación técnica y de seguridad
 - Consulta con otras entidades
- v. Permisos y aprobaciones
 - Aprobación del permiso de construcción
 - Permiso de operación
- vi. Construcción e implementación
 - Ejecución de obras
 - Implementación de sistemas de seguridad
- vii. Inspección final y certificación
 - Inspección por organismo acreditado (ZÜS)
 - Certificación de seguridad
- viii. Operación y mantenimiento
 - Inicio de operaciones
 - Mantenimiento y auditorías

Francia

a. Guías de apoyo para instalar ESH

Francia ha desarrollado una serie de guías específicas a través de diversas organizaciones técnicas y de regulación, para asegurar la correcta implementación y operación de las ESH. Publicadas por entidades como France Hydrogène, FNCCR, ADEME y AFNOR, estas directrices proporcionan un marco detallado que abarca el diseño, construcción, seguridad y sostenibilidad de las ESH, garantizando el cumplimiento de los más altos estándares técnicos y medioambientales.

France Hydrogène y la Federación Nacional de Comunidades Donantes y Gobernantes (FNCCR) publicaron la “Guide pratique pour la mise en œuvre des stations de ravitaillement en hydrogène” (Implementación de estaciones de hidrógeno en su territorio) (France Hydrogène & FNCCR, 2024) que tiene como objetivo facilitar el despliegue de estaciones de distribución de hidrógeno, dirigiéndose tanto a las autoridades territoriales de las comunidades, como a otros actores públicos en los territorios y líderes de proyectos privados.

ADEME publicó la “Guide d’information sur la sécurité des véhicules à hydrogène et des stations-service de distribution d’hydrogène” (Guía de información de seguridad vehículos de hidrógeno y gasolineras distribución de hidrógeno) (ADEME, 2015): Esta guía está dirigida a interesados en nuevas tecnologías que utilizan hidrógeno en el ámbito de la movilidad y potencialmente implicados en el contexto de un Proyecto para desplegar una estación de servicio de vehículos que funcionen con hidrógeno, como:

- Gestores de flotas de vehículos ligeros, privados o públicos
- Responsables de seguridad y medio ambiente de empresas, organizaciones y comunidades
- Propietarios de proyectos en el ámbito del transporte y la infraestructura;
- Operadores de estaciones de servicio
- Servicios departamentales de bomberos y rescate
- Dirección regional de medio ambiente

AFHYPAC publicó la guía “Insertion de l’hydrogène dans les territoires” (Guía Inserción de hidrógenos en los territorios) (AFHYPAC, 2016). Su objetivo es ayudar a llevar a cabo un proyecto de hidrógeno y permitirle construir proyectos claros y bien ejecutados que satisfagan una necesidad local.

b. Autorizaciones para instalaciones de ESH en Francia

La guía mencionada anteriormente, establece el proceso de autorización para instalaciones de ESH considerando los siguientes puntos:

- **Definición del territorio y el dimensionamiento de la estación:** El titular del proyecto realiza una evaluación preliminar a través de un estudio de viabilidad para definir las características del territorio y la capacidad de la estación.
- **Selección del emplazamiento y el modo de suministro:** El titular del proyecto debe seleccionar un sitio adecuado y definir cómo se abastecerá la estación de hidrógeno.
- **Marco jurídico y gobernanza:** En esta etapa es necesario establecer un marco legal para la gestión del proyecto.
- **Solicitud de permisos de construcción:** El titular del proyecto gestiona los permisos de construcción ante las autoridades municipales.
- **Autorizaciones ambientales bajo la normativa ICPE:** El proyecto debe ser sometido a la normativa ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), lo cual implica una evaluación del impacto ambiental, dependiendo de la cantidad de almacenamiento y la capacidad de producción. Para esto la normativa ICPE establece dos clasificaciones:
 - I. Clasificación 4715 - Almacenamiento de Hidrógeno: Clasificación aplicable a las estaciones de repostaje que almacenan hidrógeno en estado comprimido o licuado. Los requisitos varían según la cantidad almacenada que se definen con una presión máxima de funcionamiento de la ESH de 700 bar a 15°C y un caudal máximo, en funcionamiento normal limitado a 23 g/s.
 - II. Clasificación 1416 - Producción de Hidrógeno por Electrólisis: Aunque esta clasificación se centra en la producción de hidrógeno mediante electrólisis, es aplicable a ESH que integren la producción de hidrógeno in situ.
- **Conexión eléctrica y telecomunicaciones:** El portador del proyecto gestiona la conexión a las redes eléctricas y de telecomunicaciones necesarias para la operación de la estación.
- **Cumplimiento de normativas de seguridad:** El proyecto debe cumplir con normativas de seguridad.
- **Construcción de la estación:** Una vez obtenidos los permisos, se procede a la construcción de la estación siguiendo las especificaciones técnicas y normativas de seguridad aplicables.
- **Certificación de los equipos:** Todos los equipos instalados deben ser certificados por una entidad autorizada para garantizar su conformidad con las normativas de seguridad.

Australia

a. Guías de apoyo para instalar ESH

Standards Australia elaboró en el año 2022 el documento “Hydrogen Refuelling Stations, Information Sheet” (Estaciones de reabastecimiento de hidrógeno) (Standards Australia, 2022). Este documento fue preparado para entregar orientación sobre códigos y estándares australianos e internacionales adecuados para ESH tanto líquido como gaseoso.

La BOC Linde Company emitió en el año 2023 la guía “Hydrogen Refuelling Installation Guide” (Guía de instalaciones de reabastecimiento de hidrógeno) (BOC, 2023) la cual presenta información sobre los permisos y autorizaciones necesarias para la implementación de las ESH, así como también entrega directrices y recomendaciones para la construcción y operación de las estaciones.

El departamento de minas, regulación industrial y seguridad desarrolló en octubre del 2022 la “Dangerous Goods Safety Guide Storage” (Guía de seguridad en almacenamiento de mercancías peligrosas) (Government of Western Australia, Department of Mines, Industry Regulation and Safety, 2022). Comprende los requerimientos desde la perspectiva de la seguridad de las mercancías peligrosas para almacenar, manipular o producir hidrógeno gaseoso y líquido.

b. Autorizaciones para ESH en Australia

El proceso de autorización se describe a continuación

- **Identificación de regulaciones locales y estatales:** El primer paso es identificar las regulaciones relevantes en la jurisdicción donde se ubicará la estación.
- **Revisión de estándares aplicables:** Verifica que los proyectos de ESH cumplan con los estándares australianos e internacionales aplicables

- **Evaluación de ubicación y alineación con las normas de seguridad:** La ubicación y la aprobación depende de la evaluación de seguridad y la aceptación de la comunidad.
- **Presentación de solicitudes a los reguladores locales:** Se deben presentar solicitudes de permisos a las autoridades locales.
- **Obtención de aprobaciones para instalaciones en áreas peligrosas:** Deben cumplir con las normativas específicas para áreas peligrosas, como los requisitos para recipientes a presión y la gestión de gases inflamables.
- **Colaboración con proveedores experimentados:** Se recomienda trabajar con proveedores que tengan experiencia previa en Australia y que comprendan las normativas locales.
- **Desarrollo de licencia social:** Un aspecto clave es la importancia de desarrollar una licencia social para operar, lo que implica la aceptación por parte de la comunidad y las autoridades locales.
- **Coordinación y unificación de criterios a nivel nacional:** Finalmente, se sugiere la creación de un kit nacional de herramientas para ayudar a los consejos locales y otros reguladores a gestionar las solicitudes de ESH de manera más uniforme en todo el país.

California, Estados Unidos

- a. Guía de apoyo para instalar ESH

California Governor's Office of Business and Economic Development, generó en septiembre del 2020 la guía " Hydrogen Station Permitting Guidebook" (Brazil Vacin & Eckerle, 2020) para ayudar a los desarrolladores de ESH y a las agencias locales a abordar el proceso de permisos que existe en California.

- b. Autorizaciones para ESH en el Estado de California

El proceso de autorización para ESH en California se basa en una combinación de normativas nacionales e internacionales que considera las siguientes etapas:

- **Divulgación previa a la solicitud:** Antes de comenzar formalmente el proceso de permisos, el titular del proyecto debe tomar contacto con agencias locales de planificación y zonificación.
- **Revisión de la planificación y zonificación:** Posteriormente el titular debe presentar una solicitud formal a la agencia de planificación local, donde se revisan los aspectos de zonificación y uso del suelo.
- **Proceso de autorización ambiental:** Una vez presentado el proyecto, la agencia responsable del mismo determinará si está sujeto a una revisión ambiental bajo la CEQA, y según ello seguir los siguientes caminos:
 - **Exención categórica:** Si el proyecto es de tamaño reducido y tiene un impacto ambiental mínimo, puede estar exento de una revisión ambiental completa.
 - **Declaración negativa (ND):** Si se determina que el proyecto no tendrá impactos ambientales significativos, se emite una Declaración Negativa que permite continuar con el proyecto sin una revisión ambiental completa.
 - **Declaración negativa mitigada (MND):** Si se identifican impactos ambientales, pero estos pueden mitigarse completamente mediante medidas específicas, se emite una MND.
 - **Informe de impacto ambiental (EIR):** Si se identifican impactos ambientales significativos que no pueden mitigarse fácilmente, se requiere un Informe de Impacto Ambiental completo. Una vez que se revisa y si existe conformidad se aprueba el EIR y la agencia responsable emite una autorización ambiental.
- **Revisión de la instalación y códigos de seguridad:** Los Departamentos de Construcción y Seguridad locales y Cuerpo de Bomberos local, revisan la planimetría detallada de la ESH proyectada, asegurando el cumplimiento de los códigos de construcción de California.
- **Construcción:** Durante esta etapa, el departamento de Edificación y Seguridad en conjunto con el Cuerpo de Bomberos local realizan visitas con el objetivo de asegurarse que la construcción se ajuste a los planos aprobados y se implementen correctamente los sistemas de seguridad.
- **Pre comisionamiento y puesta en servicio:** Una vez finalizada la construcción, la ESH pasa a la fase de pre comisionamiento.
- **Obtención de permisos para materiales peligrosos:** En paralelo a la construcción y puesta en

servicio, se debe presentar un Plan de manejo de Materiales Peligrosos (HMBP) ante la Oficina de Servicios de Emergencia de California (Cal OES).

Japón

- a. Guía de apoyo para instalar ESH

La Japan Petroleum Energy Center presentó la guía “Technical Standards for Hydrogen Refueling Stations” (Arias, 2019), la que proporciona directrices detalladas para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de ESH en Japón. Esta guía considera aspectos como la planificación y diseño del proyecto, la obtención de permisos y licencias, construcción, supervisión de las instalaciones, inspecciones y pruebas para etapa de pre comisionamiento, capacitación y puesta en marcha.

- b. Autorizaciones para ESH en Japón

El proceso de autorización de ESH en Japón se desarrolla de acuerdo a los siguientes pasos:

- **Selección del lugar y evaluación previa:** En primer lugar se requiere verificar que la ubicación cumpla con los requisitos legales para la construcción de una ESH
- **Presentación de solicitudes de permisos:** Se requiere la presentación de una solicitud de acuerdo a los criterios establecidos por esta la Ley de Seguridad del Gas a Alta Presión que regula el manejo seguro de gases comprimidos y gases inflamables, como el hidrógeno.
- **Evaluación ambiental:** Depende del tamaño y la ubicación del proyecto. Si la instalación tiene un impacto potencial significativo sobre el entorno, se debe realizar una evaluación de impacto ambiental (EIA) conforme a las regulaciones locales y nacionales.
- **Certificación del personal operativo**
 - **Certificación del supervisor de gas a alta presión:** La ley exige que cada ESH tenga un personal calificado que asegure el cumplimiento de los estándares de seguridad.
- **Supervisión y ajustes durante la construcción:** Los organismos fiscalizadores realizan una supervisión asegurando que la construcción se realice según las especificaciones previamente presentadas y aprobadas.
- **Inspecciones finales y autorización:** Una vez completada la construcción, las autoridades locales deben realizar una inspección final para asegurar que la ESH cumple con todas las normativas antes del inicio de la puesta en marcha.
- **Operación y supervisión continua:** La ESH debe cumplir con regulaciones continuas para la operación segura, incluida la supervisión del sistema de hidrógeno y la implementación de protocolos de emergencia en caso de incidentes.

5.1.1.3 Levantamiento de brechas normativas de los países evaluados

El estudio (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) tuvo como objetivo principal levantar un marco regulatorio integral y existente hasta la fecha de su ejecución para ESH y multicombustibles. Éste fue utilizado como base y sobre el mismo se realizó una actualización y complemento de normas que o bien podrían haber cambiado o no habían sido identificadas previamente. De esta manera, se detectaron algunas normativas adicionales vigentes que también aportan al desarrollo de un marco regulatorio para Chile, las cuales se detallan.

Unión Europea

Se revisaron las regulaciones, códigos y estándares aplicables a las ESH en Europa, evidenciando cómo varían entre países. Destacan entre estos la Directiva de Infraestructuras de Combustibles Alternativos (AFID) que establece directrices generales para la infraestructura de hidrógeno en la UE; sin embargo, su aplicación práctica difiere según las normativas locales de cada país. La directiva SEVESO también se ha identificado como un marco regulatorio importante enfocado en la seguridad de las instalaciones, lo mismo que la directiva ATEX. Así la normativa adicional identificada se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12 Normativa adicional identificada en la Unión Europea

Normativa identificada en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023)	Normativa adicional identificada
SEVESO. Directiva 2012/18/UE relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.	ISO 14468:2018: Hidrógeno - Sistemas de abastecimiento de vehículos - Estaciones de abastecimiento de hidrógeno comprimido.
Directiva ATEX 1999/92/CE establece los requisitos mínimos para mejorar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores potencialmente en riesgo debido a la presencia de atmósferas explosivas en sus lugares de trabajo. Directiva ATEX 95/10/CE equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas explosivas.	EN 1363-1:2019: Instalaciones de almacenamiento de gas - Terminología - Parte 1: Definiciones y principios generales.
IED Directiva 2010/75/UE sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación)	EN 1363-5:2019: Instalaciones de almacenamiento de gas - Terminología - Parte 5: Hidrógeno.
Directiva 2011/92/UE Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente". Directiva 2001/42/EC "Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente".	Reglamento (UE) 2023/1804 del Parlamento europeo y del Consejo de 13 de septiembre de 2023 relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y por el que se deroga la Directiva 2014/94/UE.
Directiva 2014/94/EU (DEROGADA)	EN ISO 19880-1 Requisitos generales de seguridad, diseño y construcción ESH
AFIRD Reglamento delegado 2019/1745 que modifica la AFID en lo que respecta a la recarga para vehículos de motor categoría L.	IEC 60079-10-1 Atmósferas explosivas - Parte 10-1: Clasificación de áreas - Atmósferas de gas explosivo."
EN 17127:2018: "Sistemas de almacenamiento de hidrógeno - Hidrógeno gaseoso - Parte 1: Requisitos generales".	
EN 17124 "Especificación de producto y garantía de calidad para los puntos de suministro de hidrógeno que dispensan hidrógeno gaseoso"	
EN ISO 16923 -2018 Estaciones de servicio de gas natural. Estaciones de GNC para el repostaje de vehículos	
EN ISO 16924 Estaciones de servicio de gas natural. Estaciones de GNL para el repostaje de vehículos	

EN ISO 12617 Vehículos de carretera. Conector de repostaje de gas natural licuado (GNL). Conector de 3,1 MPa.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de las normativas adicionales identificadas complementa el marco regulatorio para las ESH en Europa. La ISO 14468:2018 y las normas EN 1363-1:2019 y EN 1363-5:2019 abordan el suministro y almacenamiento seguro de hidrógeno. El Reglamento (UE) 2023/1804 actualiza el marco para la infraestructura de combustibles alternativos, promoviendo la expansión de estaciones de hidrógeno. Por su parte, la EN ISO 19880-1, ha sido adoptada por la mayoría de los países europeos.

Alemania

Para el caso de este país, también se identificaron normativas adicionales. Casi todas las regulaciones alemanas que son aplicables al hidrógeno, las celdas de combustible y la infraestructura relacionada, como las ESH, se basan en la legislación europea ya mencionada anteriormente como directivas o reglamentos.

Existe un marco legal común para emitir permisos de construcción y operación de estaciones de servicio de hidrógeno, aunque los procedimientos varían según que se prevea o no producción in situ y según el volumen de almacenamiento:

ESH con o sin producción in situ, y almacenamiento menor a 3 toneladas

- Permiso de construcción y operación según la Ordenanza de Seguridad Industrial
- Permiso de construcción según el Código de Construcción del Estado.

ESH sin producción in situ, pero almacenamiento entre 3 ton y 30 ton

- Procedimiento simplificado de acuerdo a la Ley Federal de Control de Inmisiones para otorgar permisos de construcción y operación, que incluye evaluación de impacto ambiental.

ESH con producción in situ a escala industrial o sin producción in situ, pero almacenamiento mayor a 30tn

- Procedimiento con participación pública de acuerdo con la Ley Federal de Control de Inmisiones para otorgar permisos de construcción y operación, que incluye evaluación de impacto ambiental.

A continuación se presenta la normativa identificada en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) y la normativa adicional identificada posteriormente.

Tabla 13 Normativa adicional identificada en Alemania

Normativa identificada en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023)	Normativa adicional identificada
Estrategia del Gobierno Federal para la Movilidad y Combustibles (MFS) en transposición de AFID	Reglamento de Almacenamiento de Hidrógeno (Wasserstofflagerverordnung - H2LagV)
Ley Federal de Control de inmisiones “Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)” regula la emisión de sustancias nocivas al aire, al agua y al suelo (ESH con producción in situ a escala industrial o sin producción in situ, pero almacenamiento > 30 ton)	Ordenanza de Estaciones de Servicio de Hidrógeno (Wasserstoff-Tankstellenverordnung - H2TSV)
Ordenanza sobre instalaciones que requieren permisos "Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen" regula las instalaciones industriales y comerciales que	Normas DIN: EN 13463-1, DIN EN ISO 15649-1, DIN EN ISO 15649-2, DIN EN ISO 11636, DIN EN 13480, DIN EN 13463-1, DIN EN 13463-5, DIN EN ISO 19880-2, DIN EN ISO 19880-3

pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente y la salud pública	
Reglamento Alemán sobre seguridad y salud en el trabajo "BetrSichV"	Directiva de Infraestructura de Combustibles Alternativos 2019/94/UE de la Unión Europea Parlamento y del Consejo de 22 de octubre de 2014 (AFID) y el Reglamento delegado (UE) 2019/1745
Código de construcción de estado " Bauordnung für das land " seguido por el nombre del estado específico (Bundesland) al que se refiere. Cada estado federal (Bundesland) tiene su propia Bauordnung (código de construcción).	Para el repostaje de vehículos ligeros; EN 17127, SAE J2601 e ISO 198801.
	ISO 198853 Hidrógeno gaseoso – Protocolos de abastecimiento de combustible para vehículos propulsados por hidrógeno – Parte 3: Protocolos de abastecimiento de hidrógeno de alto flujo para vehículos pesados, vehículos de carretera.
	Reglamento de materiales peligrosos (GefStoffV).
	DIN EN 17124:2019-Especificaciones de calidad del hidrógeno.
	DIN EN ISO 19880-1:2020 Especificaciones de seguridad de diseño, construcción y operación de ESH.

Fuente: Elaboración propia

Francia

En Francia el desarrollo de la industria del hidrógeno y las ESH depende de la regulación nacional, local y de estándares internacionales adoptados por el país como se ha indicado anteriormente en este análisis, apoyada por programas como el de Ecosistemas Territoriales de Hidrógeno a cargo de la Agencia de transición ecológica ADEME.

En Francia, el diseño, construcción y operación de ESH están sujetas a la normativa ambiental y urbanística, con procedimientos que varían sustancialmente según que se prevea o no producción in situ.

ESH sin producción in situ

- Procedimiento de Declaración y Controles periódicos según Rúbrica ICPE 1416 del Código Ambiental.
- Permiso de Construcción o Declaración de Trabajos (si es nueva construcción < 20m² o ampliación menor) según Código de Urbanismo.

ESH con producción in situ

- Procedimiento de Declaración según Rubrica ICPE 1416 del Código Ambiental.
- Procedimiento de Autorización (EIA y consulta pública) según Rubrica ICPE 3420 del Código Ambiental, Permiso de Construcción según Código de Urbanismo.

En el caso francés, en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) también fueron identificadas una serie de normas y regulaciones locales, a las cuales en este trabajo se han sumado otras que pueden revisarse en la Tabla 14.

Tabla 14 Normativa adicional identificada en Francia

Normativa identificada en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023)	Normativa adicional detectada
Código Ambiental - Rúbrica ICPE 1416, específico para ESH de hidrógeno gaseoso, sin producción in situ (Procedimiento de declaración y controles periódicos)	NF EN 13480: Instalaciones de almacenamiento de hidrógeno comprimido - Requisitos de diseño, construcción y explotación
Código Ambiental- Rúbrica ICPE 4715, aplicable a almacenamiento de hidrógeno.	NF EN 19169: Vehículos para transporte de pasajeros y mercancías impulsados por hidrógeno - Requisitos de diseño y construcción.
Código Ambiental - Orden Ejecutiva Número N-19-19 (2019)	NF EN 15239: Hidrógeno - Métodos de muestreo
Código Ambiental - Orden Ejecutiva B-48-18 (2018)	ISO 15848: Vehículos para el transporte de pasajeros y mercancías impulsados por hidrógeno - Requisitos de diseño y construcción.
Código de Urbanismo (Permiso de construcción <20m ² o ampliación menor)	ISO 19886: Instalaciones de almacenamiento de hidrógeno - Requisitos de diseño, construcción y explotación.
NF EN 1712723 - Repostaje de hidrógeno al aire libre que distribuyen gas hidrógeno e integran protocolos de llenado	NF EN1727:2018 Recarga de vehículos - protocolo de llenado, diseño y construcción.
NF EN 1712424 - Calidad en Estaciones de Hidrógeno	EN 180 19880-1:2020 Especificaciones de seguridad en diseño, construcción y operación de ESH
NF EN ISO 1726826 - Dispositivos de Conexión Para Hidrógeno	
AFNOR SPEC M58-00726 - Especificación sobre ecosistema simbiótico basado en hidrógeno renovable y bajo en carbono para territorios e industria, propone un método para co-construir un ecosistema basado en hidrógeno.	

Fuente: Elaboración propia

Australia

Australia define Estrategias y Regulaciones en función de su ordenamiento político administrativo, para el desarrollo de la industria, dentro de las que se destacan las siguientes:

- Estrategia Nacional de Hidrógeno
- Estrategias de hidrógeno de los Estados y Territorios
- Legislaciones de los estados y territorios en materias específicas como medio ambiente y seguridad laboral
- Normas de zonificación y planificación territorial de la jurisdicción correspondiente a la ciudad o municipio

Para el caso de Australia, si bien en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) se identificaron una serie de normas, también se han encontrado otras complementarias según se muestra en la Tabla 15:

Tabla 15 Normativa adicional identificada en Australia

Normativa identificada en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023)	Normativa adicional detectada
Ley de salud y Seguridad en el trabajo 2011 (Work health and safety act WHSA)	AS ISO 14687 Calidad de combustible hidrógeno, especificación del producto
Regulación de Salud en el trabajo 2011	AS/NZS IEC 679.10.1 Clasificación de áreas y atmósferas explosivas
Ley de Seguridad Eléctrica 2002 (Electrical Safety Act ESA) y la Regulación de Seguridad Eléctrica 2013	SA TR 5816/2021 Consideraciones básicas para sistemas de seguridad de hidrógeno
CSIRO Futures e Hydrogen Mobility Australia (HMA) Hoja Informativa - junio 2022	AS ISO 19880-5:2021 Mangueras para dispensadores y mangueras de ensamblaje
Código de Práctica de Seguridad de Hidrógeno de Australia	AS ISO 19880-8:2021: Control de calidad del combustible
AS 16110.1:2020 Generadores de hidrógeno que utilizan tecnologías de procesamiento de combustible, Parte 1: Seguridad (ISO 16110-1:2007, MOD)	AS/NZS 4024:2014: Seguridad de Maquinarias de estaciones de hidrógeno
AS ISO 16110.2:2020 Generadores de hidrógeno que utilizan tecnologías de procesamiento de combustible, Parte 2: Métodos de prueba para el rendimiento.	AS 1349-1986: Manómetros de presión en sistemas de hidrógeno
AS ISO 14687:2020 Calidad del combustible de hidrógeno – Especificación del producto.	
AS 22734:2020, Generadores de hidrógeno mediante electrólisis de agua: aplicaciones industriales, comerciales y residenciales (ISO 22734:2019, MOD).	
SA TS 19883:2020 Seguridad de los sistemas de adsorción por oscilación de presión para separación y purificación de hidrógeno (ISO/TS 19883:2017, MOD).	
AS ISO 16111:2020, Dispositivos de almacenamiento de gas transportables: hidrógeno absorbido en hidruro metálico reversible.	
AS ISO 19881:2020, Hidrógeno gaseoso Contenedores de combustible para vehículos terrestres.	
AS 19880.3:2020, Hidrógeno gaseoso – Estaciones de servicio, Parte 3: Válvulas (ISO 19880-3:2018, MOD).	

SA TR 15916, Consideraciones básicas para la seguridad del sistema de hidrógeno.	
AS 62282.3.100, Tecnologías de celdas de combustible, Parte 3.100: Sistemas de alimentación de celdas de combustible estacionarias – Seguridad.	
AS 62282.3.300, Tecnologías de celdas de combustible, Parte 3.300: Sistemas de alimentación de celdas de combustible estacionarias – Instalación.	
AS 26142, Aparatos de detección de hidrógeno – aplicaciones estacionarias.	

Fuente: Elaboración propia

Además de las regulaciones identificadas en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023), y como resultado del análisis de normativas vigentes, se han detectado normativas técnicas adicionales basadas en estándares ISO. Un ejemplo de ello es el documento SA TR 5816:2021 titulado “Consideraciones básicas para sistemas de seguridad de hidrógeno”, que adopta la ISO/TR 15916:2015, con modificaciones aplicadas para Australia.

En general, el marco regulatorio australiano para las ESH se basa en dos normativas nacionales específicas; la Ley de Seguridad Eléctrica y el Código Australiano de Prácticas en Seguridad del Hidrógeno, además de la hoja técnica emitida por CSIRO. El resto de la normativa adoptada en el país proviene de estándares internacionales ISO, que han sido adaptados a las condiciones y realidades específicas de Australia.

California, Estados Unidos

En (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) se indica que en el estado de California, el desarrollo del hidrógeno y las ESH depende de regulación estatal y local, así como también de estándares internacionales y estatales. El Estado se ha apoyado en diversos programas que impulsan el desarrollo de la industria, algunos de estos han sido:

- Programa de la red de carreteras de hidrógeno California (2004)
- Plan de Autopista del Hidrógeno (2005)
- Programa de Transporte Limpio (Antes programa de Tecnología de Vehículos y Combustibles Renovables Alternativos)
- Programa de reembolso de vehículos limpios (CVRP)
- Programa Estándar de Combustible Bajo en Carbono (Low Carbon Estándar LCFS)

A continuación se muestra el análisis de la normativa descrita en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) y normativa adicional aplicable a las ESH como resultado de la revisión.

Tabla 16 Normativa adicional identificada en California, Estados Unidos

Normativa identificada en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023)	Normativa adicional detectada
Código de Normas de Construcción de California (Título 24, Estándares Estatales de Construcción State Building Standards)	Código de Incendios de California
Ley de Calidad Ambiental de California (CEQA)	Código Eléctrico de California

Manual 44 " Especificaciones, tolerancias y otros requisitos técnicos para dispositivos de pesaje y medición"	Código de Construcción de California
Norma SAE J2719 Calidad del combustible	Código de Energía de California
	NFPA 2: Código Tecnologías de Hidrógeno
	NFPA 1: Código de Incendios
	"Código ASME para Calderas y Recipientes a Presión"
	ASME B.31.12: "Tuberías y Ductos de H2V"
	ASME B31.1: "Tuberías de Energía"
	ASME B31.8: "Sistemas de Tuberías para Transmisión y Distribución de Gas"
	ASME B31.8S: "Gestión de la Integridad de los Sistemas de Gaseoductos"
	ASME B31.3 Tuberías de proceso
	CGA SERIES 1.1.3 "Dispositivos de Alivio de Presión – Serie CGA 1.1.3"
	CGA-G-5.5. "Sistemas de ventilación de Hidrógeno"
	SAE J2600 "Dispositivos de Conexión para el Abastecimiento de Hidrógeno Comprimido en Vehículos de Superficie"
	Norma UL 2075 "UL 2075: Norma para Detectores y Sensores de Gases y Vapores"
	NFPA 77/API RP 2003: "Práctica Recomendada sobre Electricidad Estática, Puesta a Tierra y Unión"
	SAE J2601 Protocolo de abastecimiento de combustible para vehículos ligeros gaseosos
	SAE J2601-2 Protocolo para abastecimiento de combustible para vehículos pesados gaseosos
	SAE J2799 Vehículo de superficie de hidrógeno a estación hardware y software de comunicaciones
	SAE J2719 Calidad del combustible de hidrógeno
	OSHA (Occupational Safety and Health Administration), "29 CFR Part 1910 - Occupational Safety and Health Standards"
	"Title 49 of the Code of Federal Regulations (CFR)" Regulaciones DOT (Departamento de Transporte Estados Unidos)

Fuente: Elaboración propia

Japón

En Japón el desarrollo de la industria del hidrógeno y de las ESH depende de la regulación nacional y local, aportan a este desarrollo programas gubernamentales como el Proyecto de Desarrollo de Tecnologías para Estaciones de Hidrógeno de NEDO (NEDO, s.f.), además de las estrategias definidas por el Gobierno: Estrategia Básica del Hidrógeno 2017 y Hoja de Ruta Estratégica para el hidrógeno y celdas de combustible emitida en el 2018.

Aún se están trabajando normativas específicas para el desarrollo de las ESH, a continuación en la Tabla 17 se muestra la normativa descrita en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) y las normativas adicionales identificadas. Es importante destacar que Japón es el emisor de la normativa técnica JIS que abarca requisitos técnicos para diseño y seguridad de la infraestructura del hidrógeno y aplicables al almacenamiento y transporte del hidrógeno, estas normativas han sido utilizadas en el desarrollo de la industria de las ESH en el país y otras partes del mundo han sido utilizadas también como referencia.

Tabla 17 Normativa adicional identificada de Japón

Normativa identificada en (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023)	Normativa adicional detectada
Ley de Seguridad a Alta Presión	Ordenanza Seguridad de contenedores de gas: Proporciona requisitos para la seguridad de los recipientes de gas en las estaciones de hidrógeno.
Ley de Normas de Construcción	Ordenanza sobre inspección de equipos de almacenamiento: Regula la inspección del equipo designado en las estaciones de hidrógeno.
Normas sobre mercaderías y sustancias peligrosas.	Ordenanza sobre seguridad de complejos industriales: Proporciona directrices de seguridad para complejos industriales que manejen hidrógeno.
Ley de Servicios de Bomberos.	Ley de prevención de desastres: Regula las medidas necesarias para prevenir y mitigar desastres, incluyendo aquellos relacionados con el manejo de materiales peligrosos como el hidrógeno.
Ley de Control de la Contaminación del Aire	Ley de seguridad y Salud Industrial: Esta ley establece las normativas de seguridad en el trabajo dentro de las instalaciones industriales.
Ley de Estándares de Construcción	Ley de vehículos y transporte de carreteras: Esta ley afecta a las ESH en términos de regulaciones para los vehículos que se abastecen de hidrógeno.
	Estándar Industrial Japonés JIS: Estándares específicos que garantizan la calidad y seguridad del hidrógeno, como la medición y control de calidad.
	Norma internacional ISO/TC 197 Normas internacionales relacionadas con la producción, almacenamiento, transporte, medición y uso de hidrógeno.
	Normas de Energía Petrolera Japón (JPEC-S): Estas normas, emitidas por el Japan Petroleum Energy Center

	(JPEC), establecen regulaciones específicas sobre el manejo seguro y eficiente del hidrógeno en estaciones de servicio y repostaje.
	Gases industriales de Japón Asociación (JIMI-S): desarrolla normativas relacionadas con la seguridad y el manejo de gases industriales, incluyendo el hidrógeno.
	Estándar Industrial Japonés JIS: Estándares específicos que garantizan la calidad y seguridad del hidrógeno, como la medición y control de calidad.
	Norma internacional ISO/TC 197 Normas internacionales relacionadas con la producción, almacenamiento, transporte, medición y uso de hidrógeno.
	Gases industriales de Japón Asociación (JIMI-S): desarrolla normativas relacionadas con la seguridad y el manejo de gases industriales, incluyendo el hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.4 Experiencia internacional en requerimientos regulatorios

La implementación de ESH presenta diversos desafíos técnicos y regulatorios a lo largo de toda la cadena de valor, desde la producción hasta la distribución y el uso final del hidrógeno.

A continuación, se detallan las barreras técnicas, regulatorias y administrativas que cada uno de los países ha enfrentado en este ámbito, destacando tanto la naturaleza de los desafíos como ejemplos específicos y las fuentes correspondientes. En aquellos países donde existen requisitos específicos, estos suelen requerir una evaluación de riesgos exhaustiva, que aborde los peligros relacionados con fugas, incendios y explosiones, así como los riesgos para la salud y el medio ambiente. En los casos en que no existan regulaciones específicas para las ESH, las autoridades suelen basarse en los procesos de permisos aplicables a las estaciones surtidoras convencionales, asociadas a gas natural comprimido o gas licuado de petróleo. En cambio, los requisitos para el almacenamiento de hidrógeno en las ESH son bastante homogéneos en toda la UE. El análisis ha sido realizado para los siguientes países.

Dinamarca

En cuanto al desarrollo tecnológico de las ESH, el principal proveedor danés de infraestructura de hidrógeno decidió cerrar las ESH poco rentables destinadas a automóviles debido a su obsolescencia tecnológica, priorizando así el desarrollo de capacidad para la producción de hidrógeno verde.

Se considera que la producción de hidrógeno verde en Dinamarca no ha alcanzado su madurez. Ni la electrólisis, ni los camiones, ni las ESH han cumplido con los requisitos tecnológicos necesarios. Además, los fabricantes de vehículos no han contribuido significativamente a mejorar la situación, lo que ha complicado el establecimiento de un modelo de negocio viable para operar estas estaciones.

El desarrollo proyectado es continuar construyendo estaciones de hidrógeno para flotas de camiones pesados y vehículos de gran tamaño, en virtud del AFIR de la Unión Europea.

Respecto a las regulaciones, estas se establecen de manera centralizada a nivel nacional y son implementadas localmente por los municipios. Por tanto, una vez que las regulaciones están claras, el proceso asociado a las ESH se desarrolla de manera fluida.

Principales desafíos (Electrive, 2023):

- Falta de demanda: El número de vehículos de hidrógeno en Dinamarca todavía es muy bajo lo que hace inviable mantener operativas muchas ESH.
- Producción de hidrógeno verde: La tecnología para producir hidrógeno verde de manera eficiente y a gran escala aún no ha alcanzado el nivel de desarrollo necesario lo que incrementa los costos del hidrógeno dispensado.
- Infraestructura: La construcción y el mantenimiento de ESH requiere una inversión significativa y una infraestructura especializada.

Alemania

Si bien este país lidera Europa con aproximadamente 105 ESH, también se ve enfrentada a barreras para su implementación, que incluyen desafíos regulatorios, infraestructura insuficiente y los elevados costos de inversión y de operación (Bolz, Thiele, & Wendler, 2024).

- Desafíos regulatorios: Aunque la regulación del hidrógeno en Alemania está centralizada, su implementación depende de cada estado lo que genera diferencias regionales en los requisitos de permisos y en los tiempos de aprobación.
- Regulaciones ambientales estrictas (Bolz, Thiele, & Wendler, 2024): Las ESH en Alemania están sujetas a rigurosas regulaciones ambientales y de seguridad, lo que incrementa tanto los costos como la complejidad en la instalación de nuevas ESH.
- Altos costos de inversión: La construcción de una ESH requiere una inversión significativa, lo que representa un obstáculo para su expansión.
- Subsidios: El desarrollo de la infraestructura de hidrógeno en Alemania ha dependido en gran medida de los subsidios gubernamentales. Sin un apoyo financiero continuo a nivel europeo y nacional, el ritmo de expansión de las ESH podría verse ralentizado.
- Baja demanda de vehículos de hidrógeno: La penetración de vehículos eléctricos de pila de combustible a hidrógeno sigue siendo baja en comparación con los vehículos eléctricos a baterías. Esto genera una baja demanda para la construcción de nuevas ESH, reduciendo la viabilidad comercial de las estaciones existentes. Es por esto que Alemania está avanzando al igual que toda la región en el incentivo y desarrollo en el uso de vehículo pesados a hidrógeno.

España

En España el marco regulatorio de las ESH está alineado con las directrices de la Unión Europea, pero aún se encuentra en proceso de definición y consolidación a nivel nacional en donde la legislación aplicable regula la producción de hidrógeno como si fuera una actividad industrial. Es decir, no se ha adaptado para diferenciar la producción de hidrógeno renovable o verde de otros tipos de hidrógeno como el azul o el gris. Esto significa que hasta la fecha, no existe una regulación específica del procedimiento de autorización de las instalaciones de hidrógeno renovable, lo que genera complicaciones derivadas de la necesidad de tramitar los permisos, licencias y autorizaciones ("PLAs") requeridos para construir y operar. Algunos temas críticos son:

- Infraestructura: Una infraestructura adecuada para las ESH sigue siendo uno de los principales obstáculos para la adopción masiva de vehículos a hidrógeno. Actualmente en España solo existen 2 ESH de acceso público y 9 privadas, es por esto que los fabricantes han identificado la necesidad urgente de acelerar el desarrollo de esta infraestructura, con un plan escalable hacia el 2025, que permita crear una red mínima de suministro en todo el territorio nacional. Los altos costos de inversión inicial limitan la expansión de la infraestructura de las ESH, adicionalmente muchas son subutilizadas lo que afecta su rentabilidad, dificultando la implementación de estos proyectos.

Francia

El gobierno francés ha iniciado un movimiento para promocionar a través de licitaciones las ESH de última generación, no solo para vehículos a hidrógeno, sino también para apoyar otras aplicaciones de energías renovables.

- Barreras: Entre algunos temas, están los regulatorios, económicos, técnicos y relacionados con la demanda, especialmente en lo que respecta a los vehículos pesados. Muchas de las estaciones de repostaje de hidrógeno instaladas en los últimos años en Francia no están diseñadas para satisfacer las demandas de las flotas modernas, incluyendo la capacidad de repostar a 700 bar, el estándar para muchos vehículos nuevos. Estas limitaciones técnicas reducen la viabilidad operativa de los vehículos de hidrógeno y pueden afectar negativamente la confianza de los consumidores (Fuel Cells Works, 2024).
- Proyectos de hidrógeno: Hay que considerar que algunas ciudades francesas están reconsiderando sus proyectos de transporte público basados en hidrógeno. Pau, pionera en el uso de autobuses de pila de combustible, se ha convertido en la segunda ciudad francesa en abandonar su proyecto de hidrógeno, optando por autobuses eléctricos a batería debido a las frecuentes averías y al alto costo del combustible de hidrógeno. Esta decisión sigue una medida similar adoptada por Montpellier, que canceló un plan para adquirir más de 50 autobuses de hidrógeno al descubrir que los autobuses eléctricos eran significativamente más económicos (Asociación Española del Automóvil Ecológico, 2023).
- Tendencia: A pesar de estos contratiempos, el sector del transporte pesado está ganando impulso en Francia. Este avance se produce semanas después de que los primeros camiones de hidrógeno comenzarán a operar comercialmente para empresas como Point P y Toyota. Hylico, una compañía especializada en transporte pesado sin emisiones, ha presentado su centro de excelencia dedicado a vehículos pesados de hidrógeno, consolidando el papel de Francia en la promoción del transporte sostenible (Hidrógeno verde, 2024).

Bélgica

Este país se encuentra en un momento clave para la expansión de su infraestructura de hidrógeno, con iniciativas en marcha tanto para vehículos ligeros como para transporte pesado; no obstante, a pesar de los recientes avances, persisten diversas barreras que dificultan la implementación a gran escala de ESH.

En el ámbito de desarrollo de infraestructura, Bélgica junto con Alemania y Países Bajos firmaron un Memorando de Entendimiento (Hidrógeno verde, 2024), comprometiéndose a implementar iniciativas conjuntas que impulsen el avance de la economía del hidrógeno en la región noroeste de Europa. Esta alianza busca fomentar el uso del hidrógeno, especialmente en vehículos pesados, para acelerar la transición energética en toda la región, con el objetivo de convertir a Bélgica en un centro pionero de excelencia en hidrógeno limpio. Al igual que los otros países de la región, Bélgica enfrenta problemas regulatorios, normativos, demanda e incentivos para el desarrollo de las ESH y en particular, la infraestructura de transporte no está diseñada para soportar las demandas de una red de ESH en expansión.

California, Estados Unidos

- Marco regulatorio en evolución: California ha establecido un sólido marco regulatorio para impulsar el desarrollo del hidrógeno; sin embargo, la complejidad del proceso regulatorio ha ralentizado el avance en la creación de infraestructura. A pesar de los incentivos y fondos disponibles, la implementación de nuevas ESH ha enfrentado demoras debido a la necesidad de adaptar las regulaciones y coordinar los esfuerzos entre múltiples agencias gubernamentales (Arches H2, 2025).
- Nuevas tecnologías: California ha sido un líder en la adopción de tecnologías de hidrógeno como parte de su estrategia para alcanzar una economía neutra en carbono. No obstante, la expansión de la infraestructura de ESH enfrenta desafíos que están afectando su crecimiento y viabilidad a largo plazo.
- Infraestructura: Aunque California encabeza el despliegue de vehículos a hidrógeno, la adopción ha sido más lenta de lo esperado. Con un promedio de 236 vehículos por ESH, la infraestructura existente no está siendo utilizada a su máxima capacidad, lo que desalienta la inversión en nuevas estaciones.

- Mercado: Shell tomó la decisión de abandonar el mercado de abastecimiento de vehículos ligeros con hidrógeno, cerrando siete estaciones (Autoweek, 2024), y está explorando opciones para deshacerse de su estación en Torrance, California. Esto deja a California con solo 47 estaciones, pero muchas de ellas se encuentran con frecuencia fuera de servicio.
- Precios: El alza en los precios del hidrógeno, que casi se ha duplicado, junto con un mercado volátil, problemas de mantenimiento y el cierre de estaciones, ha generado molestias para muchos conductores de vehículos eléctricos de celda de combustible. Además, los esfuerzos del estado para construir nuevas estaciones y mantener las antiguas se han estancado.

Japón

Desarrollo de ESH. La Asociación para el Hidrógeno Limpio de Japón firmó un acuerdo con la UE con el objetivo de acelerar la adopción mundial de vehículos a celda de combustible a partir del cual se llevarán a cabo investigaciones y desarrollos para superar los desafíos asociados con la fase de expansión masiva. Estos esfuerzos se centrarán en las tecnologías de hidrógeno de alta presión necesarias para las ESH, incluyendo el desarrollo de tecnologías que permitan almacenar y transportar hidrógeno de manera segura y económica a presiones de 1.000 bar.

Estándares Internacionales y armonización regulatoria: La falta de estándares internacionales unificados y la (MRC Consultants & Transaction Advisers, 2023) complejidad del marco regulatorio en Japón son otros factores que ralentizan la expansión de la infraestructura de hidrógeno. NEDO (NEDO, s.f.) ha trabajado en el desarrollo de tecnologías y en la revisión regulatoria para armonizar con los estándares internacionales, estableciendo la necesidad de ajustar las regulaciones para permitir la expansión de las ESH, lo que requiere tiempo y recursos adicionales.

5.1.2 Distribución mundial y fabricantes de ESH

El mercado global de las ESH está en expansión, impulsado por la creciente adopción de nuevas tecnologías de hidrógeno en el transporte y aplicaciones industriales. Los principales fabricantes y países están invirtiendo fuertemente en infraestructura para respaldar la transición hacia fuentes de energía más limpias.

Entre las empresas que participan en la cadena de valor de las ESH, se encuentran:

- Linde (Alemania) (<https://www.linde.com/>)
- Hydrogen GmbH (Alemania) (<https://www.sera-web.com/es/h2>)
- SeraGroup (Alemania) (<https://www.sera-web.com/wasserstoff>)
- HRS (Francia) (<https://www.hydrogen-refueling-solutions.fr/en/>)
- Atawey (Francia) (<https://atawey.com/>)
- Air Liquide (Francia) (<https://www.airliquide.com/>)
- Angi (Estados Unidos) (<https://www.angienergy.com/>)
- Air Products (Estados Unidos) (<https://www.airproducts.com/>)
- Kaskel (Estados Unidos) (<https://www.haskel.com/en-br/products/hydrogen>)
- Chart Industries (Estados Unidos) (<https://www.chartindustries.com/>)
- Plug Power (Estados Unidos) (<https://www.plugpower.com/>)
- Iwatani Corporation (Japón) (<https://www.iwatani.co.jp/eng/>)
- Toyota Tsusho Corporation (Japón) (<https://www.toyotatsusho.com>)
- Iwatani (Japón) (<https://www.iwatani.co.jp/jpn/>)
- Nel Hydrogen (Noruega) (<https://twitter.com/nelhydrogen?lang=en>)
- SinoHytec (China) <http://en.sinohytec.com/>
- Air Liquide Houpu Hydrogen Equipment Co., Ltd. (China) (<https://airliquidehoupu.com>)
- Cimc Emric (China) (<https://www.cimc-enric.com/hydrogen-station-product/>)

Distribución de ESH en región Europa, Medio Oriente y África (EMEA)

En Europa, más de 20 países ya cuentan con ESH en funcionamiento. Alemania lidera con la red más extensa, representando el 35% del total de las ESH en la región EMEA, en segundo lugar se encuentra Francia. Países como Israel, Emiratos Árabes Unidos y Arabia Saudita también cuentan con ESH en operación. En 2024, la

región de EMEA representaba el 28% de las ESH en operación a nivel global, aumentando su participación cuando se incluyen las ESH en construcción y planificación, impulsado por el Reglamento TEN-T (Red Transeuropea de Transporte) de la UE, que fomentó la expansión de estaciones de hidrógeno en Europa.

Distribución de ESH en región de América

En Estados Unidos, de las 79 estaciones de hidrógeno que están en operación más del 75% de ellas se encuentran en California. En particular, Estrategias Nacionales han motivado a estados como Texas a planificar la construcción de ESH, enfocándose principalmente en estaciones para vehículos medianos y pesados. Por otro lado, Canadá continuó ampliando su red, con 9 estaciones operativas destinadas a fomentar el uso del hidrógeno en aplicaciones energéticas.

5.1.3 Estudio de accidentes e incidentes de ESH

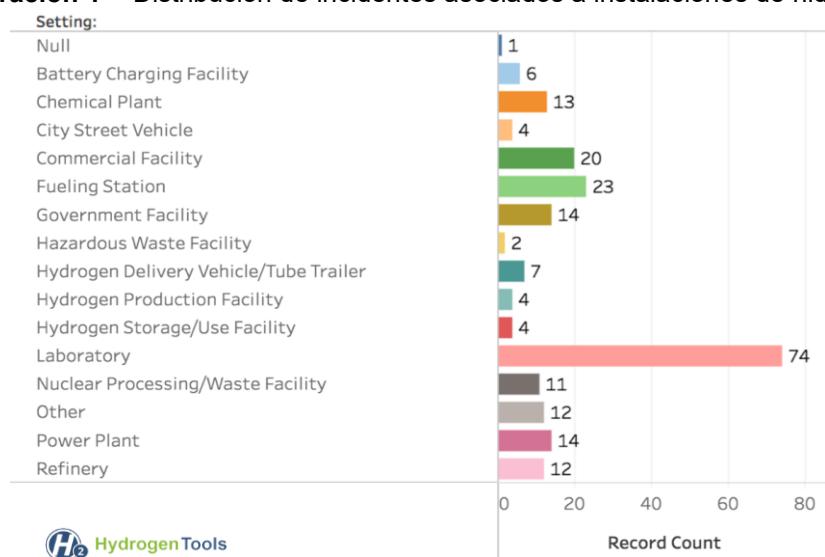
El desarrollo de una red extensa de ESH para abastecer a la demanda de vehículos requiere considerar las características y propiedades del hidrógeno para garantizar la operación segura de estas instalaciones que presentan riesgos significativos y que requieren medidas de seguridad estrictas y una gestión proactiva de los riesgos. La implementación de normativas como NFPA2 e ISO 19880-1 y el uso de tecnologías avanzadas de detección y monitoreo son esenciales para garantizar la seguridad de estas instalaciones. La capacitación continua del personal y la preparación para emergencias son también componentes críticos para minimizar los riesgos asociados con el hidrógeno.

Un análisis de 372 eventos que involucraron hidrógeno (producido) de la base de datos ARIA recuerda que el hidrógeno sigue siendo un peligro incluso para procesos industriales ya desarrollados. Por ejemplo, el 73% de los incidentes con hidrógeno involucraron incendios y/o explosiones, el 27% involucraron fugas de hidrógeno sin combustión o tensiones inducidas por hidrógeno en materiales sin consecuencias humanas, el 15% de los incendios y/o explosiones que involucraron hidrógeno resultaron en la muerte de al menos una persona y el 43% resultaron en lesiones. Entre las particularidades del hidrógeno que pueden dar lugar a accidentes e incidentes se encuentran:

- Alta probabilidad de fuga.
- Genera daños en metales y aleaciones.
- Es extremadamente inflamable.
- Es altamente explosivo.

Sumado a lo anterior, la operación a altas presiones - entre 200 a 1.000 barg – es otra variable a considerar que genera e incrementa las condiciones de riesgos, tal como se aprecia Ilustración 1 en donde las estadísticas de incidentes asociados a la operación de las ESH concentran gran cantidad de eventos.

Ilustración 1 Distribución de incidentes asociados a instalaciones de hidrógeno



Fuente: (H2 Tools, s.f.)

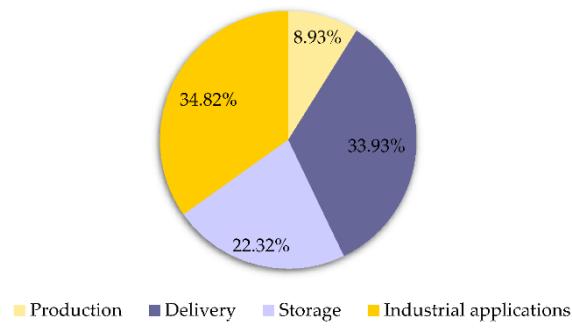
Estudios recientes (Badia, Navajas, Sala, Paltrinieri, & Sato, 2024) revelan que los incidentes y accidentes relacionados con el hidrógeno son más frecuentes en el contexto tanto de usos industriales (34,82%) como en procesos de distribución (33,93%), según se muestra en la Tabla 18 y Ilustración 2.

Tabla 18 Descripción de eventos y daños asociados al uso de hidrógeno

Cadena de Valor	Cantidad	Lesiones	Fatalidades	% de Incidentes y Accidentes con Fatalidad
Procesos de Producción	20	16	6	Procesos de Producción
Distribución	76	129	20	Distribución
Almacenamiento	50	65	45	Almacenamiento
Aplicaciones Industriales	78	53	29	Aplicaciones Industriales
Total	224	263	100	Total

Fuente: (Badia, Navajas, Sala, Paltrinieri, & Sato, 2024)

Ilustración 2 Tasa de fatalidad distribuida por su cadena de valor



Fuente: (Badia, Navajas, Sala, Paltrinieri, & Sato, 2024)

Para la seguridad de las instalaciones es importante considerar la revisión y validación por personal certificado de todas las etapas de la cadena de valor, considerando la tríada de seguridad: evitar mezclas indeseadas (apuntando a la mezcla hidrógeno – oxígeno), anticipar los potenciales mecanismos de ignición y adoptar buenas prácticas y lecciones aprendidas al momento de diseñar, construir, operar y mantener instalaciones de hidrógeno.

5.1.3.1 Análisis de riesgos en ESH

El escenario de los análisis de riesgos está abordado por las diferentes directivas y actos legislativos de la UE que imponen requisitos establecidos para las estaciones ESH. Una norma transversal utilizada por los Estados Miembros de la UE bajo la Directiva 2014/94/UE es la ISO 19980-1:2020 sobre Hidrógeno Gaseoso – Estaciones de Repostaje. Aunque esta norma debe ser cumplida por todos los Estados Miembros, en las metodologías europeas de evaluación de riesgos no existe actualmente una unificación de criterio al respecto, razón por la cual los diferentes países adoptan enfoques diferentes.

En este contexto la ISO19980-1:2020 aplica la siguiente definición de evaluación de riesgos: “La evaluación de riesgos es el proceso general de identificación de riesgos, análisis de riesgos, evaluación de riesgos y mitigación de riesgos. El uso de la evaluación de riesgos puede permitir a los propietarios y diseñadores de estaciones definir de manera flexible mitigaciones específicas de la estación que logren un nivel de riesgo igual o mejor que el de las recomendaciones prescriptivas o relajar las medidas de mitigación prescriptivas

existentes siempre que el riesgo total del sistema permanezca por debajo de la tolerabilidad seleccionada. umbral (criterios de aceptación del riesgo). La evaluación de riesgos debe demostrar que las medidas de mitigación empleadas son apropiadas para alcanzar el nivel de riesgo deseado de la estación”.

En el Anexo A3.1, A3.2, la misma norma añade: “Puede ser posible utilizar una evaluación de riesgos cuantitativa (QRA) y/o un análisis semicuantitativo (por ejemplo, solo de consecuencias) en lugar de prescriptivo”. El uso de QRA puede permitir, por ejemplo, el uso de medidas de mitigación, distancias de seguridad más cortas y/o un diseño simplificado de la estación. Una evaluación de riesgos semicuantitativa proporciona un nivel intermedio entre las evaluaciones de la evaluación de riesgos cualitativa y la evaluación numérica de la evaluación de riesgos cuantitativa, al evaluar los riesgos con una puntuación.

El estudio “Benchmarking de metodologías de evaluación de riesgos” (Quesnel, Nouvelot, & Qhuadghiri, 2021) aplicado a ESH, entrega información detallada de cómo se ha aplicado las metodologías QRA, HAZOP, FMEA and FMECA, HAZID y What if en ESH.

Evaluación de riesgos HyRAM

A partir del año 2022, Hydrogen Europe en conjunto con Hydrogen Safety Panel (HSP), elaboraron una nueva herramienta para el análisis de riesgos llamado HyRAM (Hydrogen Risk Assessment Model), desarrollado bajo un programa del Departamento de Energía (DOE por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, en colaboración con otras organizaciones internacionales.

El modelo HyRAM+ (Sandia National Laboratories, s.f.) se aplica a instalaciones que manejan, almacenan o distribuyen hidrógeno, como ESH, plantas de producción de hidrógeno y otras infraestructuras relacionadas. Actualmente es utilizado en muchas partes del mundo, pero tiene un enfoque particular en el contexto europeo debido a la colaboración de Hydrogen Europe y las normas de seguridad europeas. La herramienta es relevante tanto para la industria como para los reguladores y entidades de seguridad que necesitan evaluar y gestionar los riesgos asociados con el hidrógeno.

5.1.4 Fabricantes de vehículos a hidrógeno

5.1.4.1 Principales marcas de vehículos a hidrógeno

A continuación se mencionan las principales marcas que han fabricado vehículos a celda de combustible, ordenadas según peso:

Vehículos livianos (Light-Duty Vehicles, LDV)

- **Toyota Mirai:** Sedán de pasajeros, autonomía 500 km. (<https://www.toyota.com/mirai/>)
- **Hyundai Nexo:** SUV, autonomía 800 km. (<https://www.hyundai.com/worldwide/en/eco/nexo>)
- **Honda Clarity:** Fuel Cell:Sedán, autonomía 579 km. (<https://www.honda.com>)

Vehículos medianos (Medium-Duty Vehicles, MDV)

- **Peugeot Expert:** Furgoneta para transporte urbano de última milla, autonomía 400 km(www.peugeot.com.mt/our-models/e-expert.html).
- **Nikola Tre FCEV:** Camión mediano para transporte urbano, autonomía 500 km. (<https://nikolamotor.com>).
- **Citroen New è-Jumpy:** Furgoneta para transporte urbano de última milla, autonomía más de 400 km (www.citroen.es/vehiculos-citroen/utility/nuevo-jumpy-hydrogen.html)
- **Hyvia - Renault Master Van H2 Tech:** Furgoneta para transporte urbano de última milla, autonomía más de 400 km, (www.hyvia.eu/en/vehicle/master-van-h2-tech/)

Vehículos pesados (Heavy-Duty Vehicles, HDV)

- **Hyundai Xcient Fuel Cell Truck:** Camión pesado, autonomía 400 km. (<https://trucknbus.hyundai.com>)

- **Nikola Two:** Camión de largo recorrido, autonomía más de 800 km. (<https://nikolamotor.com>)
- **Daimler GenH2 Truck:** Camión pesado de larga distancia, autonomía 1,000 km. (<https://www.daimler-truck.com>)

Vehículos medianos (Medium-Duty): buses

- **Rampini Hydron:** Autobús de 8 metros, autonomía 450 km. (<https://rampini.it>)
- **Caetano Bus H2.City Gold:** Autobús urbano de 10.7 metros, autonomía 400 km. (<https://caetanobus.pt>)

Vehículos pesados (Heavy-Duty): Buses

- **Toyota Sora:** Autobús urbano, autonomía 400 km. (<https://global.toyota/en/newsroom/corporate/25328066.html>)
- **New Flyer Xcelsior CHARGE FC:** Autobús de 12 metros, autonomía hasta 595 km. (<https://www.newflyer.com>)
- **CaetanoBus H2.City Gold :** Autobús urbano 12 metros, autonomía 400 km. (<https://caetanobus.pt>)
- **Wrightbus Hydroliner:** Autobús de dos pisos, autonomía 482 km. (<https://wrightbus.com>).
- **Van Hool A330 Fuel Cell:** Autobús de 12 metros, autonomía 300-350 km. (<https://www.vanhool.be>)
- **Solaris Urbino Hydrogen:** Autobús urbano, autonomía 350 km. (<https://www.solarisbus.com>)
- **Foton:** Autobús de 12 metros, autonomía 400 km. (<https://www.foton-global.com>)

5.2 Metodología y programación de trabajo del CT, MT y MPP

5.2.1 Diseño metodológico de trabajo

A partir de la experiencia y aprendizaje generado al momento de elaborar el reglamento de Seguridad de Instalaciones del Hidrógeno en donde la metodología utilizada para el desarrollo normativo para hidrógeno en Chile consistió en constituir tres grupos de trabajo, a saber: Comité Técnico (CT), Mesa Técnica (MT) y Mesa Público Privada (MPP) cuyo fin fue estudiar la normativa técnica y proponer la estructura y contenido de la regulación, en este nuevo proceso de creación regulatoria se replicó la metodología usada anteriormente y las instancias de trabajo se compusieron según se detalla a continuación:

Comité Técnico

Sector público. Representado por los ministerios y organismos gubernamentales competentes en materia de energía y transporte:

- Ministerio de Energía (MEN)
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)
- Comisión Nacional de Energía (CNE)

Consultor. En este caso corresponde a la empresa Consultora WES Company.

Organizaciones internacionales y de cooperación. Fue representada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Mesa Técnica

Comuesta por los integrantes del CT más representantes de los ministerios y organismos gubernamentales competentes en materia de energía, industria, minería, transporte, medio ambiente y seguridad, entre ellos se encuentran:

- CT
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
- Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin)
- Ministerio de Salud (MINSAL)

- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT)

Mesa Público – Privada

Compuesta por los integrantes del CT y MT más representantes de distintos sectores de interés, como:

Sector Privado: Representantes de empresas productoras, importadoras, distribuidoras, comercializadoras y usuarias de hidrógeno, especialmente aquellas que tengan relación a las ESH.

Academia y organismos de investigación: Representantes de universidades, centros de investigación y laboratorios con experiencia en la tecnología del hidrógeno.

Para estos grupos de trabajo se generó una calendarización de sesiones entre los meses de julio de 2024 y enero de 2025, para las cuales la consultora contratada fue elaborando y preparando el material técnico a discutir, respondiendo a las consultas y sistematizando las conclusiones de las sesiones de manera iterativa. Así, en total se realizaron 8 sesiones del CT, 2 sesiones de la MT y 2 sesiones de la MPP.

5.2.2 Definición de objetivos y alcances del CT, MT y MPP

5.2.2.1 Definiciones del CT

El CT tuvo como objetivo general liderar el proceso de elaboración de la propuesta técnica de reglamento de ESH, asegurando que cumpla con los estándares técnicos, legales y regulatorios, y responda a las necesidades y expectativas de los diferentes sectores involucrados.

Alcance específico

- Definir la estructura y contenidos de la propuesta técnica de reglamento de ESH
- Gestionar y dirimir puntos complejos
- Revisar normativa técnica internacional y nacional
- Recoger observaciones de la Mesa Técnica (MT) y Mesa Público-Privada (MPP)

5.2.2.2 Definiciones de la MT

La MT tuvo como objetivo general analizar y validar las propuestas elaboradas por el CT en el marco de la elaboración de la propuesta técnica de reglamento ESH, asegurando que estas se fundamenten en principios técnicos, legales y regulatorios, y respondan a las necesidades del sector energético.

Alcance específico

Para lograr el objetivo general, la MT se enfocó en las siguientes tareas específicas:

- Revisión de las propuestas elaboradas por el CT, incluyendo la estructura, contenido, requisitos técnicos y procedimientos establecidos en la propuesta técnica de reglamento.
- Validación de coherencia y solidez técnica de las propuestas.
- Evaluación legal y regulatoria de las propuestas con la normativa legal y regulatoria vigente en el país.
- Generación de recomendaciones sobre ajustes a las propuestas.
- Aporte de experiencia y conocimiento técnico.
- Colaboración con el CT.

5.2.2.3 Definiciones de la MPP

La MPP tuvo como objetivo general incorporar las perspectivas y aportes de actores de la sociedad con involucramiento en las materias de ESH en la elaboración de la propuesta técnica de reglamento de ESH, asegurando que esta respondiera a las necesidades, expectativas y desafíos del sector energético nacional.

Alcance específico

Para lograr el objetivo general, la MPP se enfocó en las siguientes tareas:

- Participación activa y representación sectorial
- Análisis y discusión desde distintas perspectivas de los diferentes sectores participantes, identificando oportunidades de mejora y posibles brechas.
- Aporte de sugerencias y recomendaciones de los participantes.

- Validación social y aceptación del reglamento, promoviendo la comprensión y el apoyo de los diversos sectores involucrados.
- Fortalecimiento del diálogo público-privado

5.2.3 Trazabilidad de acuerdos y planificación metodológica

La metodología propone distintas etapas para estructurar la propuesta técnica del reglamento de seguridad para ESH, considerando la coordinación y conducción del CT, la MT y la MPP. Este proceso estuvo orientado a fomentar acuerdos y definiciones en función de los requerimientos mínimos de seguridad para las ESH y la realización de aportes técnicos.

5.2.3.1 Pasos metodológicos

a. Programa de Trabajo

Acción: El equipo técnico de MEN y GIZ generó un cronograma y Programa de Trabajo de reuniones para las distintas mesas de trabajo tentativamente que se puede observar en la Ilustración 3. Cabe mencionar que si bien se logró completar todo el trabajo, no necesariamente se ejecutaron todas las reuniones en fecha y contenido, debido a ajustes durante el proceso mismo.

Ilustración 3 Cronograma y programa de trabajo de CT, MT y MPP

	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE																						
Programación	11	24	30	1	6	8	13	21	27	29	3	5	10	12	24	26	1	3	8	10	22	28	5	7	12	14	19	21	26	28	3	5	9	27									
CT	P1	PCT1	CT1		PCT2	CT2	PCT3	CT3		PCT4	CT4	PCT5	CT5					PCT6	CT6	PCT7	CT7	PCT8	CT8						PCT9	CT9	PCT10	P3	CT10	P4									
MT																																											
MPP																																											
Revisión Títulos Reglamento																																											
Titulo I Disposiciones Generales	PCT1	CT1									PMT1	MT1						PMP1	MPP1																								
Titulo II Terminologías y Referencias Normativas	PCT1	CT1									PMT1	MT1						PMP1	MPP1																								
Titulo III Responsabilidades											PCT2	CT2			PMT1	MT1			PMP1	MPP1																							
Titulo IV Seguridad ESH											PCT2	CT2	PCT3	CT3	PMT1	MT1			PMP1	MPP1																							
Titulo V Diseño y Construcción ESH																		PCT4	CT4			PMT2	MT2	PMP1	MPP1																		
Titulo VI O&M ESH																		PCT5	CT5	PMT2	MT2	PMP1	MPP1																				
Titulo VII Condiciones Especiales																					PCT6	CT6																					
Titulo VIII Carga y Desarga Hidrógeno																					PCT6	CT6																					
Titulo IX Exclusiones																					PCT7	CT7																					
Titulo X Notificaciones																					PCT7	CT7																					
Titulo XI Fiscalizaciones y Sanciones																					PCT8	CT8	PMT3	MT3	PMP2	MPP2																	
Revisões Finales																																											

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- **P:** Presentación de Informes
- **PCT:** Reunión Preparatoria Comité Técnico
- **CT:** Comité Técnico
- **PMT:** Reunión Preparatoria Mesa Técnico
- **MT:** Mesa Técnica
- **PMPP:** Reunión Preparatoria Mesa Público Privada
- **MPP:** Mesa Público Privada

b. Preparación de propuestas

Acción: Para cada reunión del CT, el equipo consultor presentó a MEN y GIZ los temas técnicos a trabajar sobre el reglamento de seguridad. Las propuestas se basaron en cada título del reglamento definidos como primera parte del trabajo.

Responsable: Equipo consultor.

Objetivo: Tomar y mejorar las observaciones realizadas en las reuniones preparatorias.

c. Revisión y mejora de propuestas en el CT

Acción: En cada reunión del CT, se presentó la propuesta de reglamento de ESH basada en los títulos definidos. El CT revisó la propuesta, generando observaciones, comentarios y/o mejoras.

Responsable. Equipo consultor.

Proceso: Una vez aclaradas las dudas y alcanzados los consensos, se generó una nueva versión de los capítulos desarrollados.

d. Presentación y revisión en la MT

Acción: Para la primera reunión de la MT1, previamente se realizaron cinco reuniones del CT y una reunión preparatoria de la MT1 (PMT1), en donde se revisaron y presentaron las distintas etapas de avance de los títulos desarrollados como parte de la propuesta técnica de reglamento. En cada reunión del CT se presentaron las nuevas versiones de los títulos del reglamento, y frente a la MT, la versión ajustada de estos. Para la reunión de la MT2 se procedió de la misma forma, en donde se realizaron 3 reuniones previas del CT y una reunión preparatoria.

Responsable: CT.

Proceso: El CT analizó la incorporación de las sugerencias y aclaraciones recibidas de la MT, avanzando en un proceso de mejoramiento continuo, hasta completar la revisión del contenido del reglamento.

e. Presentación versión final de propuesta técnica de reglamento

Acción: Una vez realizadas todas las reuniones de la MT y la MPP, se llevaron a cabo reuniones adicionales con el CT para validar y aprobar la versión final de propuesta técnica de reglamento.

Responsable: CT.

Proceso: Durante estas reuniones, el CT revisó el documento final del reglamento, asegurándose de que todas las sugerencias y mejoras propuestas por la MT y la MPP hayan sido adecuadamente integradas. Se buscará un consenso final entre todos los miembros del CT antes de proceder con la aprobación definitiva del reglamento.

5.2.3.2 Planificación metodológica y programa de trabajo

Frecuencia: según Ilustración 3.

Duración estimada: 1,5 horas.

Lugar: Virtual.

Asistencia: Personas designadas y eventualmente invitados especiales.

Responsable y coordinación con integrantes de CT: MEN.

Responsable de la coordinación de las MT y MPP: MEN.

Consideraciones para las sesiones

Cada sesión tuvo un objetivo declarado y un resultado esperado y fue previamente preparada por los asistentes según indicaciones del MEN o compromisos adquiridos en las sesiones.

Al cabo de la quinta reunión con el CT se realizó una presentación a la MT y MPP, recogiendo las observaciones ahí generadas para posteriormente incorporarlas en la propuesta de reglamento.

Al llegar a la octava reunión con el CT se realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito, cerrando así la revisión completa de la propuesta técnica de reglamento con el CT, MT y MPP.

5.3 Descripción general de la propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH

La elaboración de la propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH fue desarrollada tomando las consideraciones aportadas por la experiencia internacional, las normativas extranjeras y el aporte de las distintas instancias técnicas de trabajo, considerando el ecosistema nacional, como el Decreto Supremo N°13:2022, la NFPA2 :2023 y las ISO 19880:2020.

El objetivo principal del reglamento de seguridad de ESH fue el definir en forma clara los conceptos a atender en materias de:

- Diseño y construcción
- Operación
- Inspección y mantención
- Seguridad
- Modificación
- Reparación
- Responsabilidades

5.3.1 Análisis de límites de batería para la propuesta técnica de reglamento

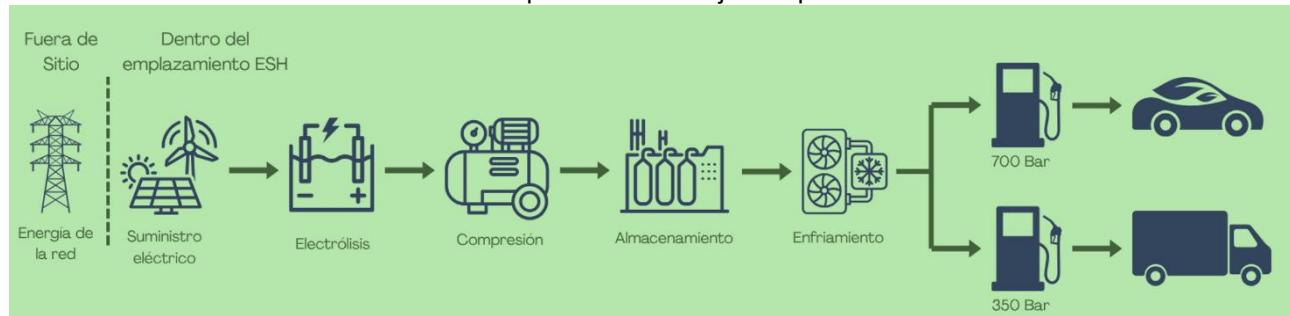
Dentro de la revisión de las alternativas de aplicabilidad del reglamento, se analizaron los aspectos claves necesarios para definir de forma clara el objetivo y alcance de este, definiendo un límite de batería para aplicar las medidas de seguridad necesarias para la instalación de una ESH dentro del territorio nacional. Como resultado del análisis se consensuó lo siguiente:

1. Definir la estructura y contenidos de la propuesta técnica de reglamento para ESH
2. Gestionar y dirimir puntos complejos
3. Revisar normativa técnica internacional y nacional
4. Analizar y proponer estructura y contenido del reglamento
5. Recoger observaciones de la MT y MPP
6. Elaborar la propuesta técnica de reglamento

Con estos alcances se definieron las siguientes configuraciones para el desarrollo de la presente propuesta técnica de reglamento de seguridad:

a. ESH fija con producción de hidrógeno *in situ*

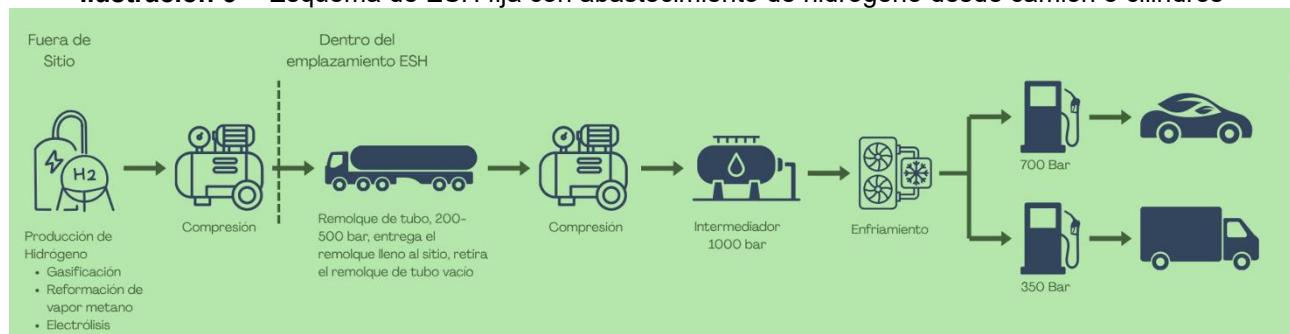
Ilustración 4 Esquema de ESH fija con producción *in situ*



Fuente: (CSIRO, GHD, 2023)

b. ESH fija con abastecimiento de hidrógeno desde camión o cilindros

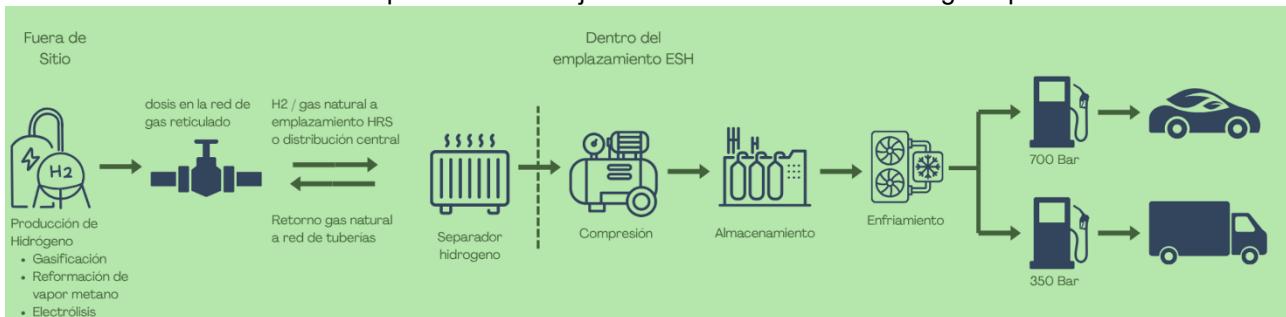
Ilustración 5 Esquema de ESH fija con abastecimiento de hidrógeno desde camión o cilindros



Fuente: (CSIRO, GHD, 2023)

c. ESH fija con abastecimiento de hidrógeno por tubería

Ilustración 6 Esquema de ESH fija con abastecimiento de hidrógeno por tubería



Fuente: (CSIRO, GHD, 2023)

5.3.2 Condiciones mínimas de seguridad

El desarrollo de la propuesta técnica de reglamento establece los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las ESH en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de las operaciones, y en las cuales se realizarán las actividades de producción, acondicionamiento, almacenamiento y distribución de hidrógeno.

Se establecieron, además, las obligaciones y responsabilidades de las personas naturales y/o jurídicas que intervienen en dichas actividades a objeto de desarrollarlas en forma segura y controlando el riesgo de manera tal que no constituyan peligro para las personas o las cosas.

5.3.3 Límites de batería de la propuesta técnica de reglamento

Dentro de los acuerdos establecidos, se definió que el reglamento se preocupará de regular lo relativo a ESH para vehículos livianos y pesados, y que los límites de batería para la aplicación de este reglamento serán las siguientes instalaciones:

- Redes de transporte y distribución de hidrógeno ubicadas dentro de las instalaciones ESH.
- Las plantas de producción de hidrógeno que se ubiquen dentro de las instalaciones en donde se ubicarán las ESH.

5.3.4 Índice de contenidos de propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH

El resultado final del trabajo fue la elaboración de la propuesta técnica de reglamento de seguridad la cual se dividió en 12 títulos que se presentan a continuación cuyo detalle está en el Mapa de procesos (ver Anexo 1) y en el Anexo 2:

Título I	Disposiciones generales
Título II	Terminologías y referencias normativas
Título III	Responsabilidades
Título IV	Requerimiento de gestión de seguridad en estaciones surtidoras de hidrógeno
Título V	Diseño y construcción de estaciones surtidoras de hidrógeno
Título VI	Operación y mantenimiento de estaciones surtidoras de hidrógeno
Título VII	Suministro de hidrógeno
Título VIII	Notificación de inicio de obras e inscripción

Título IX	Estaciones surtidoras de hidrógeno temporalmente fuera de servicio
Título X	Término definitivo de operaciones
Título XI	Comunicación e informes de accidentes e incidentes
Título XII	Fiscalizaciones y sanciones

6 Conclusiones y recomendaciones

Respecto de experiencia internacional

Existen factores transversales que afectan a los distintos países estudiados de manera similar, donde se destacan los siguientes puntos:

- a. El marco regulatorio para las ESH está en constante evolución, con normativas que se revisan y actualizan continuamente en distintos países. Esto hace indispensable el desarrollo de regulaciones habilitantes con la suficiente flexibilidad que acompañen el crecimiento y los desafíos de esta industria emergente.
- b. El análisis de las experiencias internacionales en los marcos regulatorios para las ESH revela una tendencia común: aunque cada país adapta las normativas a su propia realidad, la mayoría basa su regulación en estándares internacionales. En este sentido, las normas NFPA 2 y la ISO 19880-1 destacan como las referencias más utilizadas en materias de seguridad, diseño y construcción, operación y mantención.
- c. La NFPA 2, creada en 2011 para regular las tecnologías de hidrógeno, ha sido adoptada en California y otros estados de EE.UU. Si bien no está diseñada específicamente para las ESH, se alinea con normativas técnicas ampliamente reconocidas en materia de diseño, construcción y seguridad, como las de ASME, ATEX, CGA, ANSI, ISO y DOT, además de otras normas de la propia NFPA. Esto la convierte en una referencia técnica sólida para la elaboración de marcos regulatorios aplicables a las ESH.
- d. El estándar ISO 19880-1 es el único estándar técnico desarrollado específicamente para la regulación de ESH. Ha sido adoptado en la UE, Francia, Alemania y Australia, con ajustes para adaptarse a las condiciones de cada país, en coordinación con organismos técnicos y de normalización. Esto garantiza coherencia entre la regulación y las particularidades locales.
- e. Dado que las ESH forman parte de una industria en rápido desarrollo, los países han complementado sus normativas con guías técnicas que facilitan su implementación. Estos documentos incluyen la normativa aplicable, los permisos requeridos para la construcción y operación, y estrategias de gestión de riesgos para prevenir incidentes, considerando las propiedades del hidrógeno y las condiciones de su almacenamiento.
- f. Japón, en cambio, sigue un enfoque distinto. En lugar de basarse en la ISO 19880-1, ha desarrollado un marco regulatorio más amplio, incorporando algunos estándares ISO pero aplicando principalmente sus propias regulaciones.
- g. A pesar de estas diferencias, todos los países analizados coinciden en un punto clave: la seguridad de las ESH es una prioridad en todas las etapas, desde el diseño hasta la operación y cierre. Esto refleja una clara conciencia de los riesgos asociados a estas instalaciones.
- h. La infraestructura de distribución disponible mundialmente para vehículos pesados (camiones y autobuses) y la implementación de proyectos sigue siendo limitada.
- i. Con tiempos de repostaje cortos y gran autonomía, los vehículos pesados se han convertido en un nicho donde el hidrógeno resulta ser más competitivo. El peso de las baterías de litio dificulta la aplicación de esta tecnología a vehículos de carga pesada.
- j. El avance de los vehículos livianos se está viendo mermado por la falta de infraestructura, altos precios del hidrógeno, fallas de las ESH y la competencia respecto a los vehículos eléctricos a batería.
- k. Las ESH deberían coexistir junto con las otras estaciones de servicio de combustibles para vehículos y así permitir el uso continuo y la adaptación de la infraestructura existente; sin embargo, aunque existen estaciones de repostaje multicombustible, las distancias de seguridad y otras restricciones pueden limitar la posibilidad de ubicar hidrógeno en estaciones existentes.

Respecto del contenido de la propuesta técnica de reglamento de seguridad para ESH

- I. Se basa principalmente en las normativas internacionales NFPA 2:2023 y el estándar ISO 19880-1:2020, usando como referencia complementaria el Decreto Supremo N°13:2022 que excluye a las ESH.
- m. Las sesiones de trabajo de CT, MT y MPP fueron claves para la generar una estructura y contenido técnico que recogiera las condiciones mínimas necesarias para el desarrollo de las ESH en Chile.

- n. La propuesta técnica de reglamento de seguridad se dividió en doce títulos que recogen las condiciones necesarias asociadas al diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de operaciones de la instalación de una ESH.

A partir del levantamiento de brechas y el análisis comparativo de normativas, se proponen las siguientes recomendaciones para la actualización del marco regulatorio en Chile

- a. **Alineación con normas y estándares internacionales:** Adoptar estándares internacionales reconocidos para garantizar la seguridad de las ESH.
- b. **Capacitación y desarrollo:** Invertir en la capacitación y acreditación de profesionales y técnicos en el manejo y operación segura de ESH.
- c. **Tendencias de mercado:** Se recomienda revisar y analizar las nuevas tendencias de mercado y tecnológicas con cierta frecuencia para identificar las mejoras, cambios normativos y la infraestructura requerida para el desarrollo de las ESH en el país.

7 Referencias

- ADEME. (2015). Guide d'information sur la sécurité des véhicules à hydrogène et des stations-service de distribution d'hydrogène. Francia.
- AFHYPAC. (2016). Insertion de l'hydrogène dans les territoires.
- Arches H2. (28 de Marzo de 2025). *ARCHES officially launches California's renewable hydrogen hub*. Obtenido de <https://archesh2.org/arches-officially-launches>
- Arias, J. (2019). Hydrogen and fuel cells in Japan. Japón.
- Asociación Española del Automóvil Ecológico. (15 de Noviembre de 2023). *Otra ciudad francesa abandona los autobuses de hidrógeno por ser mucho más caros que los eléctricos*. Obtenido de <https://asociacionaeae.es/otra-ciudad-francesa-abandona-los-autobuses-de-hidrogeno-por-ser-mucho-mas-caros-que-los-electricos/>
- Autoweek. (15 de Febrero de 2024). *Shell closes hydrogen stations in California*. Obtenido de <https://www.autoweek.com/news/a46791348/shell-closes-hydrogen-stations-california/>
- Badia, E., Navajas, J., Sala, R., Paltrinieri, N., & Sato, H. (2024). Analysis of Hydrogen Value Chain Events: Implications for Hydrogen Refueling Stations' Safety. *Safety*.
- BOC. (2023). Hydrogen Refuelling Installation Guide.
- Bolz, S., Thiele, J., & Wendler, T. (2024). Regional capabilities and hydrogen adoption barriers. (V. 1. Energy Policy, Ed.) doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113934>
- Brazil Vacin, G., & Eckerle, T. (2020). Hydrogen Station Permitting Guidebook. California, Estados Unidos.
- CGA. (2022). CGA PS-69 Liquid Hydrogen Supply Systems Separation Distances.
- Coordinador Eléctrico Nacional. (6 de noviembre de 2023). *Reportes, estadísticas y plataformas de uso frecuente. Histórico de capacidad instalada*. Recuperado el 2023, de <https://www.coordinador.cl/reportes-y-estadisticas/>
- CSIRO, GHD. (2023). *Hydrogen Vehicle Refuelling Infrastructure: Priorities and Opportunities for Australia*. Canberra: CSIRO.
- Electrive. (16 de Septiembre de 2023). *Everfuel modernizará la red de hidrógeno en Dinamarca*. Obtenido de <https://www.electrive.com/es/2023/09/16/everfuel-modernizara-la-red-de-hidrogeno-en-dinamarca/>
- European Parliament. (2023). Regulation (EU) 2023/1804 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. Estrasburgo, Francia.
- France Hydrogène, & FNCCR. (2024). Déployer des stations hydrogène sans votre territoire. Paris.
- Fuel Cells Works. (12 de Junio de 2024). *France launches tender for development of hydrogen vehicle refueling station along A47 motorway*. Obtenido de <https://fuelcellsworks.com/news/france-launches-tender-for-development-of-hydrogen-vehicle-refueling-station-along-a47-motorway>
- Government of Western Australia, Department of Mines, Industry Regulation and Safety. (2022). Dangerous Goods Safety Guide: Storage, handling and production of hydrogen. Australia.
- H2 Tools. (s.f.). *Tableau-dashboard*. Obtenido de <https://h2tools.org/tableau-dashboard>
- Hidrógeno verde. (14 de Mayo de 2024). *Consejos belga, alemán y holandés de H2 firman MOU*. Obtenido de <https://hidrogeno-verde.es/consejos-belga-aleman-holandes-de-h2-firman-mou/>
- Hidrógeno verde. (11 de Julio de 2024). *Francia inaugura el primer centro de excelencia para camiones de hidrógeno*. Obtenido de <https://hidrogeno-verde.es/francia-centro-excelencia-camiones-hidrogeno/>
- Interact Analysis. (Agosto de 2024). *Where are the world's 1,100 hydrogen refueling stations?* Obtenido de <https://interactanalysis.com/insight/where-are-the-worlds-1100-hydrogen-refueling-stations-located/>
- MRC Consultants & Transaction Advisers. (2023). *Support Development of a Regulatory Framework for Hydrogen and Multi-fuel Refueling Stations for Vehicles*.
- NEDO. (s.f.). *Development of Technologies for Hydrogen Refueling Stations*. Obtenido de https://www.nedo.go.jp/english/activities/activities_ZZJP_100144.html
- NOW GmbH. (2022). Approval guide for hydrogen refuelling stations. Berlin.
- Quesnel, S., Nouvelot, Q., & Qhuadghiri, B. I. (2021). *Benchmarking of Risk Assessment Methodology Applied to Refuelling Stations*. MultHyFuel.
- Resources Safety & Health Queensland. (2022). Hydrogen safety code of practice, final draft. Queensland, Australia.
- Sandia National Laboratories. (s.f.). *HyRAM+: Hydrogen Risk Assessment Models*. Obtenido de <https://energy.sandia.gov/programs/sustainable-transportation/hydrogen/hydrogen-safety-codes-and-standards/hyram/>
- SNE research. (2024). *Global FCEV Monthly Tracker*.
- Standards Australia. (s.f.). Obtenido de www.standards.org.au

Standards Australia. (2021). Hydrogen standards release summary. Australia.

Standards Australia. (2022). Hydrogen Refuelling Stations, Information sheet. Australia.

TÜV SÜD. (Febrero de 2023). *Europa logra nuevo record en estaciones de hidrógeno en 2022*. Obtenido de

https://www.tuvsud.com/es-es/noticias/2023/febrero/europa-logra-nuevo-record-estaciones-hidrogeno-2022?utm_source=chatgpt.com

Anexo 1 Mapas de proceso contenido técnico de propuesta de reglamento.

Diagrama N°1: Mapa de procesos propuesta de normativa técnica desglose títulos I al V.

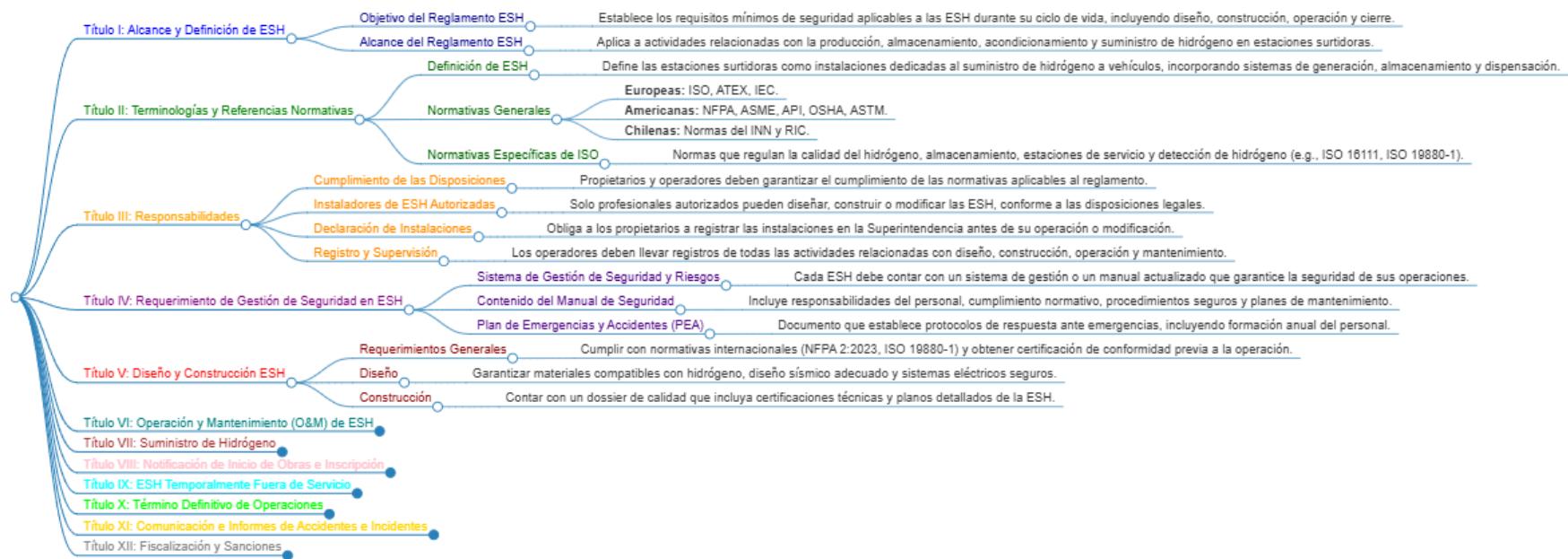


Diagrama N°2: Mapa de procesos propuesta de normativa técnica desglose títulos VI al XII.



Anexo 2: Propuesta técnica de reglamento de estaciones surtidoras para hidrógeno

TÍTULO I: ALCANCE Y DEFINICIONES DE ESTACIONES SURTIDORAS DE HIDRÓGENO

1. Objetivo y alcance

Este reglamento establece los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las Estaciones Surtidoras de Hidrógeno, en adelante "ESH", en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de operaciones, y en las cuales se realizarán las actividades de producción, acondicionamiento, almacenamiento y distribución de hidrógeno.

Se establecen, además, las obligaciones y responsabilidades de las personas naturales y/o jurídicas que intervienen en dichas actividades, a objeto de desarrollarlas en forma segura y controlando el riesgo de manera tal que no constituyan peligro para las personas o las cosas.

2. Buenas prácticas

Las disposiciones contenidas en esta propuesta técnica de reglamento no limitan a los propietarios y operadores de las ESH de implementar medidas preventivas adicionales que consideren necesarias en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de operaciones. Estas medidas deben asegurar la seguridad e integridad de las personas y las instalaciones de hidrógeno, conforme a las buenas prácticas de ingeniería reconocidas a nivel internacional en la industria del hidrógeno.

3. Otras tecnologías

En materias de diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de operaciones de las instalaciones de una ESH, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, en adelante "la Superintendencia", podrá permitir el uso de tecnologías diferentes a las establecidas en el presente reglamento. Esto será posible siempre y cuando se acredite que dichas tecnologías mantienen el nivel de seguridad requerido y cumplen, al menos, con las condiciones establecidas en el presente reglamento.

Para esto, el interesado deberá presentar previamente la documentación del proyecto correspondiente, justificándolo técnicamente mediante normas, códigos o especificaciones nacionales o internacionales, así como prácticas recomendadas de ingeniería reconocidas a nivel internacional en la industria del hidrógeno.

El proyecto debe incluir una ejemplar completo y actualizado de la norma, código o especificaciones extranjeras utilizadas como soporte técnico, en su versión en idioma original y además traducida al español, si corresponde, junto con cualquier otro antecedente que solicite la Superintendencia destinado a verificar los niveles de seguridad y las condiciones mencionadas anteriormente, y el respaldo técnico o normativo de las tecnologías que se desean implementar.

Una vez presentados estos antecedentes, y en ausencia de observaciones por parte de la Superintendencia, ésta emitirá una resolución fundada, permitiendo el uso de las tecnologías propuestas, ya sea con un alcance específico o de aplicación general, según corresponda.

TÍTULO II: TERMINOLOGÍA Y REFERENCIAS NORMATIVAS

1. Definiciones

Para los efectos del presente reglamento, los siguientes términos, relativos a las instalaciones de las ESH y operaciones asociadas a éstas, tendrán el significado y alcance que se indica a continuación:

Accidente: Evento repentino e inesperado que interrumpe el funcionamiento normal de las actividades en una ESH y sus operaciones asociadas, causando daños a personas o propiedades.

Acondicionamiento: Proceso mediante el cual el hidrógeno experimenta un cambio o acondicionamiento físico, necesario para su producción, almacenamiento y distribución.

Almacenamiento: Proceso de acumulación de hidrógeno en uno o más recipientes especialmente acondicionados para este propósito.

Capacidad agregada de almacenamiento: Se refiere a la cantidad total de hidrógeno que puede estar almacenada en una ESH en cualquier momento.

Certificado de conformidad de instalación de una ESH: Documento emitido por un organismo de certificación en el que establece que el diseño y construcción de una instalación de ESH se encuentra conforme con las disposiciones del presente reglamento y las normas técnicas referidas a él.

Cilindro: Recipiente a presión, que tiene una sección circular, diseñado para presiones absolutas mayores de 276 kPa (40 psi), destinado a contener hidrógeno.

Estación Surtidora de Hidrógeno (ESH): Bien mueble o inmueble dedicado a suministrar hidrógeno directamente a estanques de vehículos motorizados, destinadas al expendio al público o al consumo propio, que podría incluir sistemas de generación de H2 (exclusivo para carga de vehículos), así como: almacenamiento, compresión, intercambiador de calor, dispensación de hidrógeno y tuberías de interconexión.

Hidrógeno: Molécula de hidrógeno en su estado de agregación gaseoso (H2G).

Incidente: Suceso o acontecimiento que pudo haber resultado en daño físico a las personas y/o a la propiedad.

Inspección: Conjunto de procedimientos de medición, verificación y ensayos que tiene por objeto corroborar que una ESH cumple con las disposiciones legales, reglamentarias y técnicas.

Instalaciones de gas tipo 5: Corresponden a las instalaciones donde se desarrollan, indistintamente, las actividades de producción, acondicionamiento, almacenamiento, transferencia, suministro, abastecimiento y consumo de hidrógeno.

Instalador de gas: Persona facultada para proyectar, diseñar, ejecutar y supervisar la construcción de una instalación de gas o su mantenimiento.

Licencia Clase 5: Quienes posean estas licencias podrán diseñar, proyectar, ejecutar y/o mantener las instalaciones de gas tipo 5.

Propietario (s): Persona natural o jurídica que tiene derecho de dominio sobre una instalación de ESH.

Planos As Built: Planos en que se muestra lo efectivamente construido y sus modificaciones posteriores, si corresponde.

Plan de emergencia: Programa que deberá contemplar procedimientos operativos normalizados, que permitan actuar en forma sistemática, minimizando las improvisaciones y, por ende, las posibilidades de error, en el manejo de eventuales emergencias.

Riesgo: Probabilidad de ocurrencia de un suceso que puede causar un daño, asociado al grado de severidad del mismo.

Reparación: Trabajo necesario para mantener o restablecer una ESH o un componente de ella, a una condición adecuada para una operación segura.

Mantenimiento: Conjunto de actividades y cuidados necesarios para que las Instalaciones de ESH se conserven y operen de manera segura.

Manual de seguridad: Documento que contiene las obligaciones, instrucciones y procedimientos de seguridad que deben emplearse en una ESH.

Surtidor de hidrógeno: Unidad destinada a suministrar H2 gaseoso, a distintas presiones nominales, constituido, en general, por medidor, totalizador, interfaz de comunicación de carga a vehículo, manguera con sistema de acople y desacople rápido, y sistemas de seguridad.

Para otras definiciones relativas a materias contenidas en este reglamento, se deberá consultar la terminología específica contenida en las normas técnicas nacionales y extranjeras aplicables por disposición del presente texto normativo y las disposiciones complementarias de la Superintendencia. En caso de definiciones contradictorias, prevalecerá lo indicado por la Superintendencia.

2. Normas técnicas nacionales aplicables

Para los efectos del presente reglamento, las normas nacionales citadas a través de referencias del texto del presente reglamento corresponden a las siguientes:

Norma Chilena Oficial NCh2369. Of 2003: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales, declarada Norma Oficial de la República mediante decreto supremo N° 178, de 2003, del Ministerio de Vivienda, o el que la reemplace, en adelante “NCh2369. Of 2003”.

Norma Chilena Oficial NCh2745. Of.2013: Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica, declarada Norma Oficial de la República mediante decreto exento N° 257, de 2015, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, o el que la reemplace, en adelante “NCh2745. Of.2013”.

Norma Chilena NCh1914/1:1984: Prevención de incendios en edificios - Ensayo de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción, o el que la reemplace, en adelante “NCh1914/1:1984”.

Norma Chilena NCh1914/2:1985: Prevención de incendio en edificios - Ensayo de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general, o el que la reemplace, en adelante “NCh1914/2:1985”.

Norma Chilena NCh2190:2019: Transporte terrestre de mercancías peligrosas - Distintivos para identificación de peligros, o el que la reemplace, en adelante “NCh2190:2019”.

Norma Chilena NCh1411/4:2000: Prevención de riesgos - Parte 4: Señales de seguridad para la identificación de riesgos de materiales, o el que la reemplace, en adelante “NCh1411/4:2000”.

Norma Chilena NCh19:1979: Prevención de riesgos - Identificación de sistemas de tuberías o el que la reemplace, en adelante “NCh19:1979”.

Norma Chilena Oficial NCh1377. Of.1990: Gases comprimidos - Cilindros de gas para uso industrial - Marcas para identificación del contenido y de los riesgos inherentes, declarada Norma Oficial de la República mediante decreto supremo N° 383, de 1991, del Ministerio de Salud, o el que la reemplace, en adelante “NCh1377. Of.1990”.

Norma Chilena Oficial NCh935/1. Of.1997: Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego – Parte 1: Elementos de construcción en general, declarada Norma Oficial de la República mediante decreto supremo N° 30, de 1997, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo , o el que la reemplace, en adelante “NCh935/1. Of.1997”.

Norma Chilena NCh-ISO IEC 17000:2020: Evaluación de la conformidad-Vocabulario y principios generales”, o el que la reemplace, en adelante “NCh-ISO IEC 17000:2020”.

3. Normas técnicas internacionales aplicables

Las normas técnicas internacionales que resulta aplicables por disposición del presente reglamento son las siguientes:

NFPA 2: Hydrogen Technologies Code “NFPA2/2023”, edición 2023 o ediciones posteriores.

ISO 19880-1/2020: Gaseous hydrogen – fuelling station

UNE-EN ISO 1182: Reaction to fire tests for products. Non-combustibility test (UNE-EN ISO 1182), edición 2021 en adelante “UNE-EN ISO 1182”.

International Building Code (IBC): edición 2021, en adelante “IBC”.

OSHA 29 CFR 1910.165: Fire Protection- Occupational Safety and Health Standards- Employee alarm systems, en adelante “OSHA 29 CFR 1910.165”.

ISO 834 -1: Fire-resistance tests - Elements of building construction, en adelante “ISO 834-1”.

IEC 62282-3-100:2019: Fuel cell technologies – Part 3 –100: Stationary fuel cell power systems – Safety, en adelante “IEC 62282 -3-100:2019”.

La Superintendencia dispondrá, para su consulta, de la versión en idioma español o inglés de las normas

referidas en este artículo.

En caso de existir alguna contradicción entre lo prescrito en este reglamento y estas normas, prevalecerá el presente reglamento.

TÍTULO III: RESPONSABILIDADES

1. Cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento

Los propietarios y operadores de las instalaciones de ESH, según corresponda, serán responsables de dar cumplimiento a las disposiciones generales y específicas establecidas en el presente reglamento.

2. Instaladores de hidrógeno autorizados

Los propietarios u operadores, según corresponda, sólo podrán encomendar el diseño de proyectos, la construcción, modificación y reparaciones de instalaciones de ESH a instaladores de **GAS TIPO 5** autorizados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 191, de 1995, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que aprueba reglamento de instaladores de gas, y sus modificaciones o disposiciones que reemplace.

Declaración de instalaciones: de acuerdo a lo establecido en el DFL N° 1, de 1978, del Ministerio de Minería, y su modificación mediante la Ley N° 21.305 de Eficiencia Energética, se establece la obligación de inscripción ante el registro que lleva esta Superintendencia, de las ESH, en función del procedimiento que la Superintendencia defina.

Licencia Clase 5: Los poseedores de estas licencias podrán diseñar, proyectar, ejecutar y/o mantener las instalaciones de **GAS TIPO 5**.

Instalaciones de Gas tipo 5: Corresponden a las instalaciones donde se desarrollan, indistintamente, las actividades de producción, acondicionamiento, almacenamiento, transferencia, suministro, abastecimiento y consumo de hidrógeno.

3. Obligaciones del propietario

Los propietarios deberán velar para que el diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de operaciones de las instalaciones de una ESH, y resguardo de dichas instalaciones que estén fuera de servicio, y asimismo, aspectos administrativos, tales como, notificación de inicio de obras, inscripción de instalación de hidrógeno, certificado de conformidad que se ajusten a las disposiciones legales, reglamentarias y técnicas sobre la materia. Asimismo, en caso de instalación de ESH afectadas por un accidente o incidente deberá evaluar o inspeccionar dichas instalaciones, antes de ser puestas nuevamente en servicio.

4. Obligaciones del operador

Los operadores deberán velar por la correcta operación, mantenimiento e inspección de las instalaciones de hidrógeno, con el objeto de desarrollar las actividades en forma segura, controlando eventuales riesgos que la operación presente para las personas o las cosas, de acuerdo a la normativa vigente. Serán responsables además de implementar y actualizar el Manual de Seguridad y Plan de Emergencia y Accidentes (PEA).

Los operadores deberán llevar un registro que deberá mantenerse a disposición permanente de la Superintendencia, de acuerdo a los formatos y medios que ésta defina.

5. Inspección periódica

Las inspecciones periódicas a realizar a las ESH deben ser recomendadas por los fabricantes, en caso de no obtenerlas, los propietarios u operadores deben generarlas y aplicarlas considerando alguna normativa vigente.

6. Transferencia de dominio de instalaciones de ESH

Cuando ocurra una transferencia o cambio en el dominio de las instalaciones objeto de inscripción, será obligación del nuevo propietario registrar dicho evento en el registro mencionado en el artículo segundo del Decreto con Fuerza de ley N° 1, de 1978, del Ministerio de Minería, que “deroga el decreto N° 20, de 1964, y lo reemplaza por las disposiciones que indica”, e informar de esta circunstancia a la Superintendencia dentro

de los 30 días siguientes a la respectiva transferencia.

7. Cambio de operador de instalaciones de ESH

En caso de cambio de operador, el propietario deberá comunicar a la Superintendencia esta circunstancia, individualizando al nuevo operador dentro de los 20 días siguientes a la verificación del cambio.

8. Registro de inscripción, mantenimiento, reparación, inspección, modificación y término definitivo de las operaciones.

Los operadores deberán llevar un registro en que conste la inscripción, el mantenimiento, reparación, inspección y término definitivo de operaciones de las instalaciones de ESH.

Los registros deberán mantenerse a disposición permanente de la Superintendencia de acuerdo a los formatos y medios que ésta defina. Para dar cumplimiento a lo anterior, la Superintendencia deberá contar con los siguientes antecedentes: estudios técnicos, documentos y registros relacionados con el diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección, puesta en servicio y término definitivo de operaciones de las instalaciones de una ESH, así como los planos As Built, manuales de procedimiento y seguridad y formulario de declaración de la instalación de ESH respectiva.

9. Medidas adicionales para la seguridad

Si una construcción, edificación u obra civil afectare la seguridad de una ESH, el operador deberá adoptar las medidas adicionales que sean necesarias para mantener el estándar de seguridad establecido en el presente reglamento, las cuales deberán ser informadas a la Superintendencia.

TÍTULO IV: REQUERIMIENTO DE GESTIÓN DE SEGURIDAD DE INSTALACIONES DE ESH

1. Normas en materia de seguridad, riesgos y emergencias

Las instalaciones de ESH deberán contar con un Manual de Seguridad (MS) y Plan de Emergencia y Accidentes (PEA) y cumplir con la normativa vigente.

2. Requerimientos para el control de fuentes de ignición

Las posibles fuentes de ignición se deberán controlar según lo prescrito en la norma NFPA 2/2023. Adicionalmente, las instalaciones de ESH deberán considerar también protección contra rayos en aquellas localidades donde pueda existir ese peligro.

3. Alcance del Manual de Seguridad (MS)

Todas las ESH deben contar con un MS el que deberá estar a disposición de la Superintendencia, debiendo incorporar los contenidos establecidos en el presente reglamento.

4. Efectividad del MS

La efectividad del MS debe ser revisada por el operador cada doce meses, o cuando se produzca un incremento en los indicadores de desempeño de seguridad o según lo instruido por la Superintendencia.

5. Responsabilidad del operador

El operador de una instalación de ESH debe dar cumplimiento del MS y verificar que el personal a su cargo o terceros autorizados por él estén debidamente capacitados en los contenidos del MS que correspondan para su aplicación.

El personal deberá ser capacitado en forma periódica, en intervalos que no excedan de un año. El operador de la ESH deberá mantener un registro en el que se deje constancia de la capacitación efectuada al personal a su cargo.

El MS será aplicable al personal del operador.

6. Revisión y modificación del MS

El MS deberá ser revisado y validado por un profesional competente en períodos no superiores a treinta y seis meses, y cada vez que se realice una modificación en la ESH que tenga incidencia en alguna de las

materias contenidas en este reglamento.

7. Contenido del MS

El MS deberá contener, según corresponda, al menos, las siguientes materias:

- a. Definición de las obligaciones y responsabilidades básicas en materia de seguridad y riesgos del personal en general, del propietario, de la gerencia y del operador.
- b. Declaración explícita del cumplimiento de la normativa vigente, la que debe ser señalada en el MS.
- c. Organigrama de la empresa.
- d. Procedimiento de supervisión de las operaciones tales como producción, almacenamiento, acondicionamiento y distribución.
- e. Condiciones para la entrada en operación de una instalación de ESH considerando operación normal, operaciones provisorias, operaciones de emergencia y detención programada.
- f. Procedimientos de trabajo seguro en instalaciones de ESH.
- g. Hoja de datos de seguridad de productos químicos (HDS) de acuerdo con el formato y contenido establecido en el Decreto Supremo N°57, de 2019, del Ministerio de Salud, que aprueba reglamento de clasificación, etiquetado y notificación de sustancias químicas y mezclas peligrosas, o aquella norma que lo reemplace.
- h. Instrucciones de prevención de riesgos en la manipulación de hidrógeno y sustancias peligrosas.
- i. Manuales y plan de mantenimiento e inspección de cada una de las instalaciones de ESH que opera, siguiendo recomendaciones de numeral 10.6 de NFPA 2:2023 y/o indicación del fabricante.
- j. Indicadores de cumplimiento de los planes de mantenimiento e inspección, siguiendo las recomendaciones de NFPA 2:2023 o ISO 19980-1:2020.
- k. Plan de emergencia según recomendaciones de NFPA 2:2023 o ISO 19980-1:2020.
- l. Procedimiento de investigación de accidentes e incidentes.
- m. Relaciones con contratistas en aspectos de seguridad y durante emergencias.
- n. Programas de capacitación y entrenamiento del personal según requisitos establecidos en el presente reglamento.
- o. Evaluaciones de las capacitaciones y registro de entrenamiento del personal.
- p. Procedimientos, planes de mantenimiento e inspección e indicadores de cumplimientos firmados y aprobados por el responsable de la instalación y el experto en seguridad.
- q. Procedimientos o métodos de reparación de tanques de almacenamiento y ESH.
- r. PEA según las especificaciones del presente reglamento.
- s. Procedimiento de investigación de accidentes e incidentes.
- t. Relaciones con contratistas en aspectos de seguridad y durante emergencias.
- u. Procedimientos específicos para transferencia de hidrógeno, carga y descarga de hidrógeno, traslado, operación y mantenimiento de ESH móviles.
- v. Prohibiciones a todo el personal.
- w. Señaléticas con instrucciones de seguridad en la zona de operación.
- x. Procedimiento de término definitivo de operaciones de la instalación de ESH.
- y. Otras materias para aplicar en Manual de Seguridad.
- z. Procedimientos para otorgar permisos para realizar trabajos de construcción, mantenimiento e inspección.
- aa. Procedimientos de vaciado y retiro de tanques y cilindros de almacenamiento.
- bb. Programas de capacitación y entrenamiento del personal según requisitos establecidos en el presente reglamento.
- cc. Prohibiciones a todo el personal.
- dd. Señalética e instrucciones en la zona de operación.
- ee. Procedimiento de término definitivo de operaciones de la instalación de ESH de acuerdo a lo indicado en el presente reglamento.
- ff. Otras materias para aplicar en el MS.

8. Alcance Plan de Emergencia y Accidentes (PEA)

Todas las ESH deberán contar con un PEA el cual deberá mantenerse siempre a disposición de la Superintendencia y del personal que trabaje en la instalación de ESH.

9. Requisitos del PEA

El PEA deberá establecer los métodos de manejo de hidrógeno en caso de emergencia de acuerdo a las especificaciones contenidas en la NFPA 2:2023 o ISO 19880-1:2020.

El PEA deberá ser elaborado por un profesional competente o por una empresa del área de la ingeniería con experiencia en riesgos y emergencias que asesore en estas materias al operador de la ESH.

Alcance y frecuencia de capacitación del personal. Todo el personal que trabaje en una ESH deberá recibir anualmente una capacitación de los contenidos del MS y PEA. La referida capacitación deberá ser realizada por un profesional competente con atributos en la materia, incluyendo información e instrucciones específicas, en forma oral y escrita y que cuente con un registro de los contenidos incorporados.

Requisitos de la capacitación del personal y registro. La capacitación deberá cumplir con los requisitos de la NFPA 2:2023, o ISO 19880-1:2020 o la norma que la reemplace. Cada capacitación deberá quedar documentada y estar disponible para la revisión por parte de la Superintendencia. Esta documentación deberá conservarse, por, al menos, treinta y seis meses.

Se debe considerar el desarrollo y la educación/capacitación en procedimientos de emergencia: considerando la NFPA 2:2023 e ISO 19880-1:2020, que incluya como mínimo los siguientes puntos:

- Fuga de hidrógeno.
- Incendio de hidrógeno, deflagración, detonación.
- Sobre presión.
- Ruptura de línea.
- Derrame de hidrógeno líquido.
- Migración de una nube combustible premezclada.
- Incendio eléctrico.
- Falla de equipo crítico.
- Incapacidad para ventilar un sistema de hidrógeno gaseoso frío o líquido.

Para la confección de estos planes es necesario realizarlo consultando la información proporcionada por el Estudio de Riesgos.

Considerar actualización cada 12 meses o cuando exista algún evento en que sus acciones de mejora sean necesarios incluirlas en el PEA.

TÍTULO V: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESH

1. Requerimientos generales de diseño y construcción

En todas aquellas materias relativas al diseño y construcción de una ESH que no se encuentren específicamente reguladas en este reglamento, se deberán utilizar en forma supletoria y disyuntivamente las normas y especificaciones de la Unión Europea o las de los Estados Unidos de América contenidas en las normas técnicas que a continuación se indican, en las materias que corresponda, según lo señalado en NFPA 2:2023 o ISO 19880-1: 2020.

Las ESH nuevas, previo a su entrada en operación, deberán contar con un certificado de conformidad de la ESH para las etapas de diseño y construcción. Para dar cumplimiento con esta exigencia, la Superintendencia establecerá el protocolo o norma de certificación y los organismos.

2. Diseño

Los edificios y otras estructuras destinadas a las ESH deberán cumplir con las disposiciones establecidas en el decreto con fuerza de ley No 458, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que aprueba la nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones y en la OGUC, así como sus modificaciones posteriores.

Asimismo, las ESH deberán dar cumplimiento a lo establecido en el decreto supremo N° 594, de 1999, del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, además de la normativa vigente que resulte aplicable.

Materiales de construcción. Para los efectos de este reglamento, los materiales de construcción (estructuras) se clasifican en materiales incombustibles y materiales de combustibilidad limitada. La clasificación de materiales antes enunciada se deberá realizar de acuerdo a lo indicado por la NFPA 2:2023 o ISO 19880-1 o en la que la reemplace.

Compatibilidad de materiales con el hidrógeno. Los materiales (aceros, aluminio y polímeros, etc.) utilizados deben ser compatibles con el hidrógeno a las temperaturas y presiones utilizadas. Se debe prestar especial atención al seleccionar materiales ferrosos para el servicio con hidrógeno. Para obtener más información sobre la selección de materiales, especialmente la elección de aceros resistentes a la fragilización por hidrógeno se puede consultar NFPA 2 y/o ISO/TR 15916, ISO 11114-1 y ISO 16573.

Diseño sísmico. En el diseño de las ESH se deberán considerar los requerimientos establecidos en la norma NCh 2369.Of 2003 o aquella que la reemplace. Complementariamente, se podrá utilizar la NCh 2745:2013 o aquella que la reemplace.

Canalización y equipos de respaldo y emergencia. Las instalaciones eléctricas, incluyendo el equipamiento, sistema de respaldo de energía y el de emergencia, así como los sistemas de iluminación eléctrica en las áreas operativas de las ESH, deberán cumplir con los requerimientos establecidos en el Pliego RIC No 12.

Etiquetado de cilindros y tanques de almacenamiento móviles. Los cilindros y tanques de almacenamiento móviles deberán ser etiquetados de acuerdo a lo establecido en el decreto supremo Nº 57, de 2019, del Ministerio de Salud, que aprueba reglamento de clasificación, etiquetado y notificación de sustancias químicas y mezclas peligrosas.

Rotulado de tanques de almacenamiento estacionarios. Los tanques de almacenamiento, deberán estar rotulados con el peligro primario y secundario, de acuerdo con la NCh 2190:2019 y la NCh 1411-4:2000. Estos rótulos deberán ser visibles a una distancia de 10 metros y no podrá tener una dimensión menor de 50 cm por lado. En el caso de los tanques de almacenamiento enterrados, esta señalética deberá estar sobre una superficie en forma vertical y a no más de 3 metros de la tapa de la cámara y a una altura no menor a 1.5 metros.

3. Construcción

Dossier de calidad. Las ESH deben tener un dossier de calidad que incluya a lo menos, según corresponda:

- a. Certificación de procedimiento de soldadura (WPS).
- b. Calificación del soldador (PQR).
- c. Ensayos no destructivos (END).
- d. Pruebas de hermeticidad de las ESH.
- e. Certificado de conformidad de producto de hidrógeno.
- f. Certificación de fabricación de todos los componentes y equipos.
- g. Planos as - built.
- h. Plano de zona clasificación eléctrica.

Certificado de conformidad de productos (equipos o componente) de hidrógeno. Los productos de hidrógeno empleados en las ESH deberán ser aptos para su uso con hidrógeno y para distinta presión según corresponda, usando como referencia el Anexo E de la ISO 19880-1, y deberán contar con su correspondiente certificado de conformidad.

Obligatoriedad de la certificación de conformidad de las ESH. Mientras no existan protocolos ni organismos de certificación autorizados en la materia, esta obligación se entenderá cumplida mediante un documento emitido por un tercero independiente con experiencia comprobable en trabajos realizados en instalaciones que almacenen y/o procesen gases inflamables a presión.

TÍTULO VI: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESH

Registro de inscripción, mantenimiento, reparación, inspección, modificación y término definitivo de operaciones

1. Mantenimiento, inspección y reparación

Se deberán seguir las instrucciones realizadas por los fabricantes de los equipos y/o recomendaciones del capítulo 10 de la NFPA 2:2023 o sección 15 de la ISO 19880-1:2020, lo cual deberá ser realizado por un servicio técnico y/o personal calificado con experiencia comprobable en trabajos realizados en instalaciones que almacenen y/o procesen gases inflamables a presión y/o líquidos criogénicos inflamables.

2. Capacitación

Capacitar a los operadores en los procedimientos de operación y mantenimiento de las ESH.

TÍTULO VII: SUMINISTRO DE HIDRÓGENO

1. Obligaciones en el suministro

Solo se podrá suministrar hidrógeno a una ESH que cuente con su inscripción ante la Superintendencia y su informe de inspección periódica en el caso que corresponda, de acuerdo a la normativa vigente.

2. Generación in situ

Se define como aquella ESH que cuente con sistemas de producción de hidrógeno, fijos o estacionarios, en el interior o en el exterior de las edificaciones, en base a tecnologías de electrolizadores, cuya capacidad total de producción de hidrógeno sea mayor a 0,036 kg/h y menor a 100 kg/h, de acuerdo a lo señalado en el Capítulo 13 de la NFPA 2:2023, específicamente en su sección 13.1.

Los generadores de hidrógeno que utilizan electrólisis de agua se instalarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante y deberán cumplir con la norma reconocida en el reglamento.

3. Suministro exterior de hidrógeno

Suministro de hidrógeno gaseoso mediante *tube trailers* o contenedores de gas de elementos múltiples (MEGC), tuberías y/o cilindros acondicionados para ello, de acuerdo a lo señalado en la sección 7 de la NFPA 2:2023.

TÍTULO VIII: NOTIFICACIÓN DE INICIO DE OBRAS E INSCRIPCIÓN

1. Comunicación de inicio de obras a la Superintendencia

Previo al inicio de la construcción de toda ESH o de cualquier modificación de ésta, el propietario deberá comunicar a la Superintendencia este hecho de acuerdo a los procedimientos que ésta establezca.

2. Inscripción de la ESH

Toda ESH nueva, previo a su entrada en operación y aquellas existentes que hayan experimentado alguna modificación, deberá ser inscritas ante la Superintendencia.

3. Alcance de la inscripción

La inscripción ante la Superintendencia no constituye aprobación por parte de ésta de la ESH, ni del proyecto como tampoco de su ejecución. Sin perjuicio de lo anterior, toda ESH deberá cumplir y obtener todas las demás autorizaciones y permisos requeridos por la normativa vigente. El procedimiento tiene que estar en conocimiento tanto del operador que suministra el hidrógeno como del operador de la ESH, incluyendo las correspondientes capacitaciones de las partes involucradas.

La ESH no podrá operar hasta que cuente con la inscripción ante la Superintendencia, pero si podrá realizar actividades previas como pruebas puesta en servicio y capacitación de personal.

TÍTULO IX: ESH TEMPORALMENTE FUERA DE SERVICIO

Las ESH temporalmente fuera de servicio deben cumplir con las recomendaciones del numeral 4.7 de la NFPA 2:2023 y con las siguientes condiciones:

- Las ESH deben quedar sin presión e inertizadas, de acuerdo con lo especificado en la sección 6.22 de la NFPA 2:2023.
- Los componentes de la ESH deberán quedar bloqueados de suministro eléctrico, gases de hidrógeno, o cualquier otra sustancia o fuente de ignición que pueda cambiar su condición de seguridad.
- Los sistemas de detección de fugas de las ESH deberán mantenerse operativos.

- Las ESH deberán estar protegidas contra el daño de terceros.
- Todas las otras líneas o tuberías deberán estar selladas o con tapón.
- Se deberá notificar por escrito a la Superintendencia de esta condición temporal de la ESH antes de su ejecución.

TÍTULO X: TÉRMINO DEFINITIVO DE OPERACIONES DE UNA ESH

1. Informe de término definitivo de operaciones

El propietario de la ESH deberá entregar a la Superintendencia un informe dentro de los cinco días previos al inicio de las obras del término definitivo de operaciones, acompañando el procedimiento correspondiente, en conformidad con el MS.

2. Contenido del informe de término definitivo de operaciones

El informe contendrá lo siguiente:

- Identificación de la ESH.
- Fecha de término de operaciones.
- Situación técnica final de la ESH.
- Plano actualizado de la ESH.
- Procedimiento de término definitivo de operaciones.

3. Medidas generales de seguridad

El término definitivo de operaciones de una ESH deberá efectuarse según el procedimiento desarrollado para dicha actividad e informado a la Superintendencia.

4. Actividades previas al término definitivo de operaciones

Se deberán realizar a lo menos las siguientes actividades:

- El sistema de la ESH debe quedar sin presión e inertizado de acuerdo con lo especificado en la sección 6.22 de la NFPA 2:2023.
- Los componentes de la ESH y del sistema de generación (si aplica) deberán quedar bloqueados de suministro eléctrico, de gases de hidrógeno, o de cualquier otra sustancia o fuente de ignición que pueda cambiar su condición de seguridad.
- Se deberá verificar que la concentración de hidrógeno al interior de las ESH desconectadas no supere un décimo de su límite inferior de inflamación.
- Deben existir mediciones permanentes de ausencia de hidrógeno tanto en los componentes de la respectiva instalación como en el medio ambiente en que se encuentra, de forma tal que se permita verificar la ausencia de mezcla hidrógeno-aire comprendida en su rango de inflamabilidad entre el 4% al 75% (límites de inflamabilidad), verificando que no supere un décimo de su límite inferior de inflamación.

5. Registro de actividades de término definitivo de operaciones

Las actividades y operaciones que se realicen para el término definitivo de operaciones de las ESH se deberán registrar en un documento en el que se acredite el cumplimiento de los procedimientos establecidos en el MS. Este documento deberá estar disponible para la revisión por parte de la Superintendencia por un plazo de, al menos, sesenta meses a contar de la fecha del término definitivo de operaciones de la ESH.

TÍTULO XI: COMUNICACIÓN E INFORMES DE ACCIDENTES O INCIDENTES

1. Accidentes o incidentes

El operador deberá comunicar y enviar un informe a la Superintendencia respecto de los siguientes accidentes o incidentes, según corresponda, que ocurran en sus instalaciones:

- Explosión.

- b) Inflamación.
- c) Daño a otras propiedades públicas o privadas.
- d) Fuga de hidrógeno que afecte el normal desarrollo de la actividad o que sea peligrosa.
- e) Atentado o vandalismo que afecte o pueda afectar directamente la operación de la ESH.
- f) Incendio en la ESH o en los alrededores que pudiesen presentar un peligro.
- g) Incidentes de vehículos suministrados con H2 ocurridos en la ESH.
- h) Hecho derivado del manejo de hidrógeno que origine la muerte de una o más personas, o les ocasione un daño de tal magnitud que impida a las personas afectadas desarrollar las actividades que normalmente realizan, más allá del día del accidente.
- i) Movimiento inesperado de equipos o instalaciones o solicitud anormal de las mismas por causas naturales tales como un sismo, derrumbe, inundación o tornado.
- j) Hecho que cause una detención de emergencia de las operaciones regulares de la ESH que, una vez sucedido, no pueda ser subsanado inmediatamente y que implique un riesgo adicional a las personas, al medio ambiente o a la instalación.
- k) Cualquier otro evento que, por sus características y naturaleza, sea de similar gravedad a los ya mencionados, perjudique la capacidad de servicio o la integridad estructural o confiabilidad de una instalación de hidrógeno o pueda ocasionar daño a las personas o a las cosas.

Lo dispuesto anteriormente no obsta a otras acciones y comunicaciones que se deban realizar a otros organismos del Estado ante la ocurrencia de un Accidente grave o fatal, de acuerdo a la normativa vigente.

2. Comunicación a la Superintendencia

La comunicación mencionada en el artículo anterior deberá ser remitida a la Superintendencia de forma inmediata o dentro de las 24 horas siguientes a la ocurrencia del hecho, o de su detección. Dicha comunicación, y sin perjuicio de alguna precisión que requiera la Superintendencia deberá contener:

- Identificación de la ESH, antecedentes del propietario y del operador.
- Tipificación del accidente o incidente de acuerdo con la descripción entregada en el artículo anterior.
- Información del accidente o incidente, describiendo los hechos con fecha, hora, lugar, personas afectadas y volumen de hidrógeno involucrado, efectos del siniestro, duración, estimación de la detención de la operación de la instalación de hidrógeno, si corresponde, participación de terceros ajenos a la instalación, y cualquier otra información que se estime relevante.
- Identificación de organismos relacionados en el control del accidente o incidente como por ejemplo, Carabineros de Chile, Compañía del Cuerpo de Bomberos de Chile, Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, centro asistencial u hospitalario y cualquier otro organismo relacionado.
- Medidas adoptadas.

El operador de la ESH deberá entregar a la Superintendencia, dentro de treinta (30) días hábiles de acaecido el accidente o incidente, un informe que contenga:

- Causas del accidente o incidente, tanto directas como indirectas.
- Accidentes o incidentes ocurridos con antelación en la instalación de hidrógeno.
- Registros de inspección, modificación o mantenimiento de la unidad afectada de la ESH.
- Informes técnicos que avalen las causas identificadas del accidente o incidente.
- Consecuencias finales del accidente o incidente según corresponda, avaladas por informes técnicos.
- Acciones correctivas implementadas para evitar la ocurrencia de hechos de igual naturaleza en el futuro.
- Acciones correctivas definitivas, incluyendo el plan o actividades previstas para su implementación y seguimiento.

3. Evaluación post accidente o incidente

El propietario u operador de la ESH afectada (según corresponda) por un accidente o incidente, deberá evaluar y/o verificar los elementos que la conforman, antes de ser puesta nuevamente en operación, generando un informe y registro de ello por un personal competente.

TÍTULO XII: FISCALIZACIONES Y SANCIONES

1. Organismo fiscalizador

La Superintendencia será el organismo encargado de fiscalizar y supervisar el cumplimiento del presente reglamento. El propietario u operador estarán obligados a facilitar el acceso a sus instalaciones y prestar la asistencia necesaria para que el ente fiscalizador pueda cumplir su labor.

2. Fiscalización y sanciones por incumplimiento

Toda infracción a las disposiciones del presente reglamento será sancionada por la Superintendencia de conformidad a lo dispuesto en la Ley No 18.410, que crea la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Artículo Primero Transitorio: Exigencia de requisitos de Diseño y Construcción. Los requisitos de diseño y construcción dispuestos en el presente reglamento no serán exigibles a las ESH que se encuentren inscritas en la Superintendencia con anterioridad a la fecha de la entrada en vigencia del presente Reglamento, y que hayan obtenido el correspondiente Permiso de Edificación. Toda modificación y reparación de una ESH que se realice con posterioridad a la entrada en vigencia del Reglamento, se regirá por las disposiciones contenidas en él.

Artículo Segundo Transitorio: Las ESH que se encuentren inscritas en la Superintendencia con anterioridad a la entrada en vigencia del presente Reglamento deberán cumplir con los requisitos de operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección y término definitivo de las operaciones contenidas en el presente Reglamento en un plazo no superior a doce meses desde su publicación en el Diario Oficial.

Artículo Tercero Transitorio: Exigibilidad del Manual de Seguridad. Las obligaciones referidas al Manual de Seguridad, en los términos establecidos en el presente reglamento, sólo serán exigibles seis meses después de su publicación en el Diario Oficial.

Artículo Cuarto Transitorio: Certificación de conformidad de instalaciones de hidrógeno. Mientras no existan protocolos de certificación y organismos de certificación autorizados por la Superintendencia, se podrá verificar la conformidad del diseño y construcción de una ESH mediante un documento emitido por un tercero independiente con experiencia comprobable en trabajos realizados en instalaciones que almacenen y/o procesen gases inflamables a presión y/o líquidos criogénicos inflamables, dando cuenta que la instalación de hidrógeno cumple con las normas y especificaciones de diseño declaradas. Las obligaciones contenidas en el presente Reglamento relativas a la certificación de conformidad de las instalaciones de hidrógeno serán exigibles sesenta días después de que la Superintendencia autorice al primer organismo de certificación.



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices
Bonn and Eschborn, Germany

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

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

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

El proyecto Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile (RH2), es cofinanciado por la Unión Europea y el Ministerio Federal de Desarrollo Económico y Energía de Alemania (BMWE), siendo implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID).