

**AUTORIZA A EMPRESA NACIONAL DEL PETRÓLEO
PROYECTO ESPECIAL “PLANTA HIDRÓGENO
VERDE CABO NEGRO” UBICADO EN LA COMUNA DE
PUNTA ARENAS, REGIÓN DE MAGALLANES Y LA
ANTÁRTICA CHILENA, SEGÚN SE INDICA**

VISTOS:

Lo dispuesto en la Ley N° 18.410; Orgánica de esta Superintendencia; el DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería; Decreto Supremo N°13, de 2022, del Ministerio de Energía; la Resolución N°36, de 2024, de la Contraloría General de la República, y;

CONSIDERANDO:

1° Que, mediante ingreso SEC N°344404, de fecha 13.10.2025, Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), RUT 92.604.000-6, representada legalmente por don Julio Alexis Friedmann Encina, presentó ante esta Superintendencia, a través del instalador don Marcel Carpo Parra, solicitud de autorización de proyecto especial de hidrógeno de tipo industrial, denominado “PLANTA HIDRÓGENO VERDE CABO NEGRO”, la que contempla la construcción de una planta de producción de H₂V, instalaciones de blending, almacenamiento de hidrógeno, además de considerar un sistema de dispensado para vehículos y tube trailers, la cual se ubicará próxima a las instalaciones de la Planta de Procesamiento de Gas Natural Cabo Negro, en Parque Industrial Cabo Negro - ENAP, localidad de Cabo Negro, comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y la Antártica Chilena, específicamente en las coordenadas GPS: Lat.: 52°56'1.60"S, Long.: 70°48'32.45"O a una altitud de 18 metros sobre el nivel del mar.

2° Que, en el artículo 2° del DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería, se establece la obligación de los propietarios, de inscribir las instalaciones que sirvan para producción, importación, exportación, refinación, transporte, distribución, almacenamiento, abastecimiento, regasificación o comercialicen hidrógeno y/o combustibles a partir de hidrógeno, cuyo registro es establecido y llevado por esta Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Para ello, el proyecto especial denominado “PLANTA HIDRÓGENO VERDE CABO NEGRO”, deberá contar previamente con la autorización de este Organismo Fiscalizador.

3° Que, el proyecto especial contempla la construcción de una planta de producción de hidrógeno junto con instalaciones de blending con gas



natural, descarga y almacenamiento en modalidad EPC, las cuales se emplazarán próximas a la Planta de Procesamiento de Gas Natural Cabo Negro. La planta tendrá una capacidad de 1 MW, capaz de producir aproximadamente 200 Nm³/h de hidrógeno mediante electrólisis, operando el electrolizador en un rango de entre 30% y 100% de su capacidad (producción mínima de 60 m³N/h), y será alimentada con energía eléctrica mediante un contrato PPA proveniente del Parque Eólico Vientos Patagónicos, propiedad de ENAP y PECKET ENERGY. El hidrógeno producido se destinará a tres aplicaciones: (i) blending con gas natural para la alimentación del horno de proceso H4N de la Planta de Procesamiento de Gas Natural Cabo Negro, con una tasa máxima de inyección de 200 Nm³/h y un contenido máximo de 20% de H₂ en volumen. Para estos efectos, el sistema de mezcla GN-H₂ operará mediante control automático, asegurando que la fracción de hidrógeno en la mezcla no supere dicho porcentaje, debiendo ajustarse la producción de hidrógeno para respetar dicho límite; (ii) dispensado a 350 bar para abastecimiento de vehículos y buses; y (iii) carga de hidrógeno en tube trailer a 200 bar, con una capacidad aproximada de 220 kg de H₂, para suministro a terceros. Para la alimentación del dispensador y carga del tube trailer se considera un compresor de doble etapa con una capacidad máxima de 170 Nm³/h, cuya operación priorizará un funcionamiento continuo cercano al 100% de su capacidad para resguardar su vida útil. Además, el proyecto presenta un sistema de almacenamiento de hidrógeno compuesto por un conjunto modular de 32 cilindros horizontales de 57 litros cada uno. El conjunto está diseñado para contener hidrógeno gaseoso a una presión máxima de 500 barg y temperatura de operación entre -20 °C y +65 °C, con una capacidad total equivalente a 55 kg de H₂ a 470 barg y 15 °C.

4° Que, mediante Oficios Ordinarios SEC N°302384 y N°317742 de fechas 30.10.2025 y 10.02.2026, y mediante correo electrónico de fecha 31.03.2026 (ACC N°4220645) esta Superintendencia remitió observaciones a ENAP, solicitando antecedentes para subsanar y/o complementar la solicitud de autorización señalada en el primer Considerando.

5° Que, mediante las presentaciones de ingreso SEC N°358442 y N°359735, de fechas 12.12.2025 y 17.12.2025, el instalador, en representación de ENAP, dio respuesta a lo requerido en el Oficio Ordinario SEC N°302384 de fecha 30.10.2025; mediante la presentación de ingreso SEC N°384212 de fecha 08.03.2026, dio respuesta a lo solicitado en el Oficio Ordinario SEC N°317742 de fecha 10.02.2026, y mediante la presentación de ingreso SEC N°389404 de fecha 06.04.2026, dio respuesta a las observaciones remitidas vía correo electrónico de fecha 31.03.2026 (ACC N°4220645), aportando la información requerida por este Servicio.

6° Que, en el marco del proyecto especial, ENAP ha elaborado una matriz normativa de seguridad con el propósito de identificar los requisitos mínimos de seguridad y su aplicación en el diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección y término definitivo de operaciones de la instalación, conforme a la siguiente normativa seleccionada:



1. D.S 13/2022 DEL MINISTERIO DE ENERGÍA. REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE INSTALACIONES DE HIDRÓGENO E INTRODUCE MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE INSTALADORES DE GAS.
2. NFPA 2 - "Hydrogen Technologies Code" (2020).
3. NFPA 55 Código de gases comprimidos y gases criogénicos (2023).
4. NFPA 5000 - Código de Construcción y Seguridad de Edificios (2024).
5. ASTM A312 Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes (2015).
6. ASTM A106 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service (2010).
7. ASME B31.12-2023: Hydrogen Piping and Pipelines.
8. Pliego Técnico RIC N°6.
9. IEC 60079 Atmósferas Explosivas sección 0 (2018).
10. IEC 60079 Atmósferas Explosivas sección 10 (2020).
11. IEC 60079 Atmósferas Explosivas sección 32 (2017).
12. IEC 60079 Atmósferas Explosivas sección 14 (2024).
13. Directiva 2014/34/EU Atmósferas Explosivas (ATEX) (2014).
14. DIN EN ISO 13857 Seguridad de Maquinaria (2019).
15. DIN EN ISO 13850 Seguridad de Maquinaria (2015).
16. DIN EN ISO 4126 Dispositivos de seguridad para la protección contra la sobrepresión (Safety valves (ISO 4126-1:2013 + Amd 1:2016)).
17. AD2000 Merkblatt (2014).
18. NCh 1377.Of.1990 Gases Comprimidos.
19. NCh 2369 Of. 2003 Diseño Sísmico de Estructura e Instalaciones Industriales.
20. NCh 431 Of. 2010 – Cargas de Nieve.
21. NCh 432 Of. 2010 Establece los Criterios para el Diseño Estructural Frente a Cargas de Viento en Chile.
22. Decreto 57/2019 del Ministerio de Salud, que Aprueba Reglamento De Clasificación, Etiquetado Y Notificación De Sustancias Químicas Y Mezclas Peligrosas.
23. NCh2190:2019 Transporte terrestre de mercancías peligrosas - Distintivos para identificación de peligros.
24. NCh1411/4:2000 Prevención de riesgos - Parte 4: Señales de seguridad para la identificación de riesgos de materiales.
25. SAE J2719:2020 "Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles".
26. SAE J2601 Protocolos de abastecimiento para vehículos livianos de hidrógeno gaseoso en superficie (2020).
27. SAE J2601 Protocolos de abastecimiento para vehículos livianos de hidrógeno gaseoso en superficie (2014).
28. ISO 19880 Hidrógeno gaseoso — Estaciones de abastecimiento (2020).
29. ISO 14687:2019 Especificación de Producto - Calidad de Combustible de Hidrógeno (2019).



Caso:2366924 Acción:4220837 Documento:5006431
V°B° FNH/DRD/GGT/MLZ/KBV/NMM

30. SIST EN 17124:2022 Hidrógeno como combustible – Especificación del producto y aseguramiento de la calidad – Aplicaciones con pilas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEM) para vehículos de carretera (2022).
31. SIST EN 54-10:2002: Fire detection and fire alarm systems - Part 10: Flame detectors - Point detectors (2002).
32. 2006/42/EU Directiva de Maquinaria (2006).
33. IGEM/TD/13 pressure regulating instalations for hydrogen at pressures exceeding 7 bar (2013).

Los elementos comparados y los criterios identificados se detallan en la siguiente matriz normativa:

1. D.S 13/2022 DEL MINISTERIO DE ENERGÍA. REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE INSTALACIONES DE HIDRÓGENO E INTRODUCE MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE INSTALADORES DE GAS.

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	TÍTULO IV: REQUERIMIENTOS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD DE INSTALACIONES DE HIDRÓGENO	Artículo 19: Normas en materia de Seguridad, Riesgos y emergencias: Las Instalaciones de Hidrógeno, según corresponda, deberán contar con un Sistema de Gestión de Seguridad y Riesgos, Manual de Seguridad y Plan de Emergencia y Accidentes, de acuerdo a lo establecido en los Artículo 21, 24 y 28 del presente reglamento.	La planta implementará un Manual de Seguridad (MS) y un Plan de Emergencia y Accidentes (PEA). Estos documentos se elaborarán conforme a los requisitos de la NFPA 2:2020 (capítulos 4 y 6) y estarán disponibles para la autoridad fiscalizadora. El sistema se integra en la estructura operativa de la planta mediante procedimientos escritos, registros de mantenimiento, controles de operación y planes de contingencia documentados, asegurando una gestión preventiva de riesgos coherente con los principios del reglamento.	Operaciones
		Artículo 20: Requerimientos para Control de fuentes de ignición: Las posibles fuentes de ignición se deberán controlar según lo prescrito en la sección 4.12 de la NFPA2/2020. Adicionalmente, las Instalaciones de Hidrógeno deberán considerar también protección contra rayos en aquellas localidades donde pueda existir ese peligro.	El diseño de la planta considera zonas clasificadas y control de ignición conforme a la NFPA 2 Sección 4.12 y NFPA 70 (NEC). Todos los equipos eléctricos estarán certificados para atmósferas de hidrógeno (Grupo B, Clase I, División 1/2), y se implementarán sistemas de puesta a tierra, equipotencialidad y control de cargas electrostáticas en tanques, tuberías y manifolds. La instalación contará con sistema de protección contra descargas atmosféricas, incluyendo pararrayos con puesta a tierra y estudio de riesgo según IEC 62305. Los procedimientos operativos restringen fuentes móviles de ignición y establecen control de acceso a las áreas clasificadas.	Manual de seguridad
		Artículo 24: Alcance del Manual de Seguridad: Las Instalaciones de Hidrógeno con capacidad agregada de almacenamiento superior a 2,35 kg de Hidrógeno, deberán contar con un MS, el que deberá cumplir en su contenido con los requisitos del Artículo 27 y mantenerse siempre a disposición de la Superintendencia.	Se elaborará un Manual de Seguridad que documente los procedimientos operativos, responsabilidades, organigrama, normas de trabajo seguro, y gestión de materiales peligrosos, de acuerdo con los artículos 24 al 27 y la NFPA 2:2020. Este documento estará disponible en formato físico y digital en la planta, validado por un profesional competente en seguridad de	Manual de seguridad



Caso:2366924 Acción:4220837 Documento:5006431
V°B° FNH/DRD/GGT/MLZ/KBV/NMM

4/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=4220837&pd=5006431&pc=2366924>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - www.sec.cl

			procesos. Además, incluirá los flujogramas de proceso, plan de mantenimiento, control de contratistas, matrices de bloqueo-etiquetado (LOTO), señalética normalizada y anexos de hojas de datos de seguridad (HDS). El manual será revisado periódicamente y actualizado ante cualquier modificación en los equipos o procedimientos.	
		Artículo 25: Responsabilidad del Operador: El Operador de una Instalación de Hidrógeno deberá dar cumplimiento del MS y verificar que el personal a su cargo esté debidamente capacitado en los contenidos del MS que correspondan para su aplicación. El MS será aplicable al personal del Operador y a toda persona que, por cualquier causa, concurra a la Instalación de Hidrógeno, debiendo el Operador exigir el cumplimiento del mismo.	El Operador de la planta designará un Encargado de Seguridad y Cumplimiento Operacional, responsable de verificar la correcta aplicación del MS y la capacitación del personal. Se establecerán registros de inducción, verificación de competencias y listas de chequeo de tareas críticas. El personal deberá firmar la recepción de los procedimientos aplicables, y los contratistas externos estarán obligados a cumplir las mismas normas de seguridad. La dirección de la planta mantendrá auditorías internas y revisiones de desempeño en seguridad conforme al NFPA 2 Sección 4.11.5.	Manual de seguridad
		Artículo 26: 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 que tenga incidencia en alguna de las materias contenidas en el artículo siguiente de este reglamento.	El Manual de Seguridad será revisado cada 36 meses o antes si ocurre un cambio relevante (en equipos, layout, capacidad o entorno). La revisión será efectuada por un profesional competente en seguridad industrial y procesos de hidrógeno. Cada versión del manual quedará registrada con fecha, responsable y número de revisión. Además, los cambios se comunicarán al personal mediante sesiones de actualización y registro de capacitación. Este proceso asegura la trazabilidad documental exigida por la NFPA 2 Sección 4.11 y refuerza la mejora continua del sistema.	Manual de seguridad
		Artículo 27: Contenido del MS: Establece que el Manual de Seguridad de una Instalación de Hidrógeno debe contener las responsabilidades de los actores involucrados, la organización y cumplimiento normativo, junto con los procedimientos de operación normal, emergencia, mantenimiento, reparación e investigación de incidentes. Además, debe incluir medidas de prevención de riesgos, capacitación del personal, señalización y demás documentos necesarios para garantizar una gestión segura y conforme a la normativa vigente.	El MS de la planta incorporará todas las materias descritas en el reglamento: responsabilidades jerárquicas, cumplimiento normativo, organigrama funcional, procedimientos operativos normales y de emergencia, manejo de materiales peligrosos, mantenimiento e inspección, gestión de contratistas y prohibiciones generales. También contendrá un Plan de Gestión de Materiales Peligrosos, fichas HDS conforme al DS 57/2019 MINSAL, y procedimientos de transferencia de hidrógeno, carga/descarga y vaciado de tanques. Cada procedimiento se respaldará con diagramas de flujo y matrices de riesgo, garantizando alineación total con los requisitos de la NFPA 2 Capítulo 4.	Manual de seguridad



		<p>Artículo 28: Alcance Plan de Emergencia y Accidentes: Las Instalaciones de Hidrógeno con capacidad agregada de almacenamiento superior a 2,35 kg de Hidrógeno, deberán contar con un Plan de Emergencia y Accidentes. El PEA deberá mantenerse siempre a disposición de la Superintendencia y del personal que trabaje en la Instalación de Hidrógeno.</p>	<p>El PEA de la planta se desarrollará conforme a la NFPA 2 Sección 4.6 e incluirá la identificación de escenarios de fuga, incendio, sobrepresión y explosión. Se establecerán niveles de respuesta (alerta, control y recuperación) con asignación clara de roles, cadena de mando, medios de comunicación y procedimientos de evacuación. El plan incorporará mapas de zonas de riesgo, rutas de escape, puntos de reunión y protocolos de comunicación externa con bomberos y autoridades. Se realizarán simulacros semestrales para validar su efectividad y los resultados se documentaron para revisión continua.</p>	<p>Plan de Emergencia y Accidentes</p>
		<p>Artículo 29: Requisitos del Plan de Emergencia y Accidentes: Establece que el Plan de Emergencia debe definir los métodos para manejar el hidrógeno en situaciones de emergencia, conforme a la normativa aplicable. Este plan debe formalizarse por escrito, contar con identificación clara de su versión y fecha, y ser elaborado por una empresa especializada en riesgos y emergencias. Además, debe incluir procedimientos normalizados, medidas de mitigación y recuperación, y asegurar que el personal a cargo tenga la capacitación y competencias necesarias para actuar adecuadamente ante eventuales emergencias.</p>	<p>El PEA será elaborado por una empresa especializada en ingeniería de riesgos, con experiencia en instalaciones de hidrógeno, y contendrá procedimientos operativos normalizados (SOPs) para control y mitigación de emergencias. Se definirán funciones específicas para el Jefe de Emergencia, Coordinador de Comunicaciones, Brigada de Evacuación y Brigada de Control de Incendios. El documento indicará versión, fecha de emisión y mecanismos de actualización. Se incluirán matrices de respuesta rápida, protocolos de aislamiento del sistema, control de válvulas, corte de energía y ventilación de emergencia, conforme a NFPA 2 Cap. 6 y la sección 4.6.3.</p>	<p>Plan de Emergencia y Accidentes</p>
		<p>Artículo 30: Alcance y frecuencia de capacitación del personal: Establece que todo el personal que trabaje en una Instalación de Hidrógeno debe recibir capacitación anual sobre los contenidos del Manual de Seguridad, impartida por un profesional competente y con registro de los temas abordados. Además, se exige formación específica en el uso de sistemas de protección contra incendios y, cuando corresponda, en sistemas de control y extinción para brigadas de emergencia.</p>	<p>Todos los trabajadores recibirán capacitación anual obligatoria acorde a los contenidos del Manual de Seguridad, incluyendo prácticas de respuesta ante fugas, uso de equipos de respiración autónoma, manejo de sistemas de ventilación y extinción, y control de incendios con hidrógeno. Las capacitaciones se impartirán por un profesional competente, combinando instrucción teórica y práctica (NFPA 2 Sección 4.11.3). Se realizará además un programa específico para la brigada de emergencia, que abarque los sistemas de control y extinción de incendios, con simulacros periódicos documentados.</p>	<p>Capacitaciones</p>
		<p>Artículo 31: Requisitos de la capacitación del personal y Registro: La capacitación deberá cumplir con los requisitos de la sección 4.11 de la NFPA2/2020. En especial, deberá considerar el nivel de capacitación según las responsabilidades de las personas que se capacitan. 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.</p>	<p>Cada capacitación quedará documentada en registros internos que incluirán lista de participantes, contenidos, fecha, responsable y firma. Estos registros se conservarán por un mínimo de 36 meses, de acuerdo con el reglamento y la NFPA 2 Sección 4.11.5. Además, se establecerá una matriz de competencias donde se defina el nivel de conocimiento requerido según el cargo: operador, técnico de mantenimiento, supervisor o personal administrativo. Esto permitirá asegurar la trazabilidad y demostrar ante la autoridad el cumplimiento efectivo del programa de formación.</p>	<p>Capacitaciones</p>



2	TÍTULO V: REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE INSTALACIONES DE HIDRÓGENO	Artículo 34: Diseño sísmico: En el diseño y construcción de Instalaciones de Hidrógeno se deberán considerar los requerimientos establecidos en la norma NCh2369.Of2003 o aquella que la reemplace. Complementariamente, se podrá utilizar la NCh2745:2013 o aquella que la reemplace.	En el diseño estructural y montaje de la planta de producción de hidrógeno se incorporan los requerimientos de la norma NCh2369.Of2003, que establece los criterios de diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales en Chile, asegurando que todos los equipos incluidos los módulos de electrólisis, sistemas de purificación, compresión y almacenamiento mantengan su integridad y estabilidad ante eventos sísmicos.	Diseño Sísmico
		Artículo 35: Materiales de construcción: Para los efectos de este reglamento los materiales de construcción se clasificarán en materiales incombustibles y materiales de combustibilidad limitada. La clasificación de materiales antes enunciada se deberá realizar de acuerdo a lo indicado por la NFPA2/2020 en su sección 4.15 o en la que la reemplace. Los ensayos especificados por dicha norma podrán realizarse de acuerdo a las normas American Society for Testing and Materials ("ASTM") requeridas por ella, o por las normas NCh1914/1:1984 y NCh1914/2:1985 o por la UNE-EN ISO 1182.	El diseño de los materiales cumplió con las especificaciones indicadas de la NFPA 2/2020 en su sección 4.15.	Seguridad
		Artículo 39: 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 N° 57, de 2019, del Ministerio de Salud, que aprueba reglamento de clasificación, etiquetado y notificación de sustancias químicas y mezclas peligrosas.	Aplicable al proyecto para la señalización de seguridad. Los cilindros y tanques móviles utilizados en el proyecto serán clasificados y etiquetados conforme al D.S. N°57/2019 (GHS), incorporando pictogramas, palabra de advertencia, indicaciones de peligro, consejos de prudencia e identificación del proveedor, manteniéndose Ficha de Datos de Seguridad vigente. La señalización conforme a NCh 1411 y NCh 2190 tendrá carácter complementario.	Seguridad
		Artículo 40: Rotulado de Tanques de Almacenamiento Estacionarios: Los Tanques de Almacenamiento estacionarios en superficie, deberán estar rotulados con el peligro primario y secundario, de acuerdo con la NCh2190:2019 y la NCh1411/4:2000. 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. Además, la zona sobre la cual están los Tanques de Almacenamiento debe estar señalizada con un letrero que indique "Zona de tanques enterrados", el cual deberá ser visible a 10 metros.	Los tanques de almacenamiento estacionarios en superficie estarán rotulados acordes según peligro primario y secundario, de acuerdo con la NCh2190:2019 y la NCh1411/4:2000.	Seguridad
3	TÍTULO VI: SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO	Artículo 48: Objetivo: El presente Título tiene por objetivo establecer las especificaciones técnicas aplicables a las Instalaciones de Hidrógeno que cuenten con sistemas de producción de Hidrógeno, estos últimos conforme a la sección 3.3.232.12 del NFPA2/2020, fijos o estacionarios, en el interior o en el exterior de las edificaciones, en base a Tecnologías de electrolizadores, reformadores	La planta produce hidrógeno mediante electrólisis del agua tipo PEM (Proton Exchange Membrane), con una capacidad nominal de ≈ 200 Nm³/h (≈ 18 kg/h por módulo), integrada en un sistema modular que se encuentra dentro del rango regulado (0,036 – 100 kg/h). El diseño y operación se ajustan al Capítulo 13 de la NFPA 2:2020, que establece los requisitos de seguridad	Electrolizador



		<p>catalíticos y gasificadores, 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, específicamente en la sección 13.1 de la NFPA2/2020.</p>	<p>para sistemas de producción estacionarios, tanto en interior como exterior. El sistema cumple con los márgenes de presión de salida (30 bar g), temperatura (20 – 30 °C) y pureza (> 99,999 % H₂) definidos en la norma, garantizando condiciones controladas y seguras para la producción continua. El cumplimiento se respalda mediante la certificación del fabricante bajo ASME VIII Div. 1, ASME B31.12, y directivas CE, equivalentes a los estándares internacionales exigidos por NFPA 2.</p>	
		<p>Artículo 49: Alcance: Para efectos de este reglamento, los sistemas de producción de Hidrógeno serán los siguientes:</p> <p>a) Electrolizador que utiliza reacciones electroquímicas para electrolizar el agua y producir Hidrógeno y oxígeno;</p> <p>b) Reformador que convierte un hidrocarburo combustible en una corriente rica en Hidrógeno; o</p> <p>c) Gasificador que convierte carbón en una corriente rica en Hidrógeno de composición y condiciones adecuadas para un tipo de dispositivo que utiliza Hidrógeno.</p> <p>No se entenderá como sistema de producción de hidrógeno aquellos que generen Hidrógeno como subproducto de un proceso de tratamiento de residuos.</p>	<p>El sistema se clasifica en la categoría (a) Electrolizador, que "utiliza reacciones electroquímicas para electrolizar el agua y producir hidrógeno y oxígeno". El equipo NEA Hytron PEM cumple exactamente con esta descripción: emplea una membrana polimérica (PEM), sin soluciones alcalinas ni electrolitos líquidos adicionales, y dispone de un módulo integrado de purificación (DEOXO + PSA) que entrega gas de alta pureza. Por tanto, la planta cumple el alcance normativo sin corresponder a reformador ni gasificador, quedando bajo las disposiciones del Título VI y el Capítulo 13 de NFPA 2 para sistemas PEM</p>	Electrolizador
		<p>Artículo 51: Requerimientos generales de diseño y construcción: Establece que las instalaciones de hidrógeno con sistemas de producción deben cumplir con los requisitos generales y adicionales de diseño establecidos en el reglamento y en la normativa técnica aplicable. Además, cuando se mencionen estándares internacionales, deberán respetarse los límites de exposición definidos en la normativa sanitaria vigente.</p>	<p>El diseño del sistema y su instalación cumplen con las especificaciones técnicas del Capítulo 13 de NFPA 2:2020, particularmente en cuanto a ventilación, clasificación de áreas, contención de gases, control de temperatura y monitoreo de fugas. El equipo incluye sistemas integrados de seguridad y ventilación, controlados por PLC redundante con interfaz HMI y supervisión remota (Modbus TCP/IP). Los componentes eléctricos y de instrumentación están certificados bajo ABNT NBR IEC 60079 (Ex e, Ex d, Ex i) para el Grupo IIC (hidrógeno), cumpliendo así con la clasificación de riesgo eléctrico exigida por NFPA 2. La construcción de recipientes y tuberías están acordes a la ASME VIII Div. 1, ASME B31.3 y ASME B31.12. La planta aplica los límites de exposición ocupacional acordes al DS 594/1999 del MINSAL, cumpliendo el requisito nacional equivalente. En conjunto, el sistema de electrólisis y su integración en contenedores (1 x 40' BoP + 1 x 30' Rectificador) aseguran una instalación modular, segura y plenamente conforme a los estándares de diseño, construcción y operación exigidos por la normativa chilena y NFPA 2.</p>	Electrolizador
4	TÍTULO VII: INSTALACIONES DE HIDRÓGENO DESTINADAS AL CONSUMO DE HIDRÓGENO	<p>Artículo 55: Exigencias para sistemas de combustión para el calentamiento con llama directa en procesos industriales y de sistema de combustión para generación de energía. Además de las especificaciones establecidas en el presente reglamento, las Instalaciones de Hidrógeno que consumen</p>	<p>Con respecto a la unidad Blending, el cumplimiento de los sistemas asociados se diseñaron y operarán conforme a las especificaciones del Capítulo 14 de la NFPA 2:2020, que regulan la instalación, ventilación, control de presión, dispositivos de cierre automático y detección de llama en equipos de combustión con</p>	Blending



		Hidrógeno a través de sistemas de combustión para el calentamiento con llama directa en procesos industriales y de sistema de combustión para generación de energía deberán cumplir con las especificaciones particulares contenidas en el Capítulo 14 de la NFPA2/2020.	hidrógeno. El diseño contempla válvulas de seguridad. Con ello, se asegura que cualquier aplicación térmica o energética del hidrógeno cumpla integralmente con los requisitos de seguridad y desempeño establecidos en la normativa internacional vigente.	
--	--	--	---	--

2. NFPA 2 (2020) - "Hydrogen Technologies Code".

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	4: Requerimientos Generales de Seguridad contra Incendios	4.14.1.1 (La norma no indica nombre): Establece que deben instalarse postes de protección u otros medios aprobados para proteger lo siguiente de posibles daños vehiculares: - Tanques de almacenamiento y sus tuberías, válvulas y accesorios conectados. - Áreas de almacenamiento que contienen tanques o contenedores portátiles, a excepción de las áreas donde los vehículos expositores son camiones industriales que transportan [H ₂] o [LH ₂]. - Áreas de uso.	Aplicable al proyecto para el cálculo y diseño de la protección contra daño vehicular que debe aplicarse a elementos sujetos a impactos de vehículos incluyendo tanques de almacenamiento, tuberías conectadas, válvulas y conexiones.	Distancias de Seguridad
2	6: Requerimientos Generales de Hidrogeno	6.13: Sistemas de Detección GH2: El equipo de detección de gas debe estar listado o aprobado. - Los sistemas de detección de [H ₂] deben ser diseñados, instalados, probados, inspeccionados, calibrados y mantenidos según los requisitos del fabricante y las normativas de listado del equipo. - Mantenimiento, inspección, calibración y pruebas deben ser realizadas por personal capacitado. - Las pruebas deben realizarse anualmente. - Los registros de mantenimiento, inspección, calibración y pruebas deben conservarse por al menos 3 años.	Los EQUIPOS DE DETECCIÓN DE GAS estarán listados y aprobados acorde a las designaciones en 6.13.2 y 6.13.2.1 del presente código. Los sistemas de detección de H ₂ gaseoso estarán diseñados, instalados, probados, inspeccionados, calibrados y mantenidos de acuerdo al requisito del fabricante y los requisitos de listado de cada uno de los equipos. Además, estarán en conformidad con las designaciones del Anexo M, específicamente M.4 y M.5.	Sistema contra incendios
		6.18: Ventilación: Se debe proporcionar ventilación mecánica adecuada en edificios o áreas de almacenamiento para gases como [H ₂], para asegurar una circulación adecuada y evitar acumulaciones peligrosas.	Aplicable al proyecto para el diseño del SISTEMA DE VENTILACION las áreas interiores de almacenamiento y utilización, así como los edificios de almacenamiento de GH ₂ , deben estar equipados con ventilación mecánica por extracción o ventilación natural fija. La ventilación natural se considera aceptable para el GH ₂ cuando se almacena, siempre que cumpla requisitos de seguridad específicos.	Sistema de seguridad
		6.18.2.1.4: Sistemas de Escape: El diseño del sistema de ventilación debe considerar la densidad de los gases potencialmente liberados, garantizando la correcta evacuación y dilución de los mismos. 6.18.2.1.5 (La norma no indica nombre): Los sistemas de ventilación deben estar diseñados para operar sin obstrucciones, sin permitir que el gas se acumule en las áreas de trabajo o almacenamiento.	Aplicable al proyecto para la definición y diseño del sistema de VENTILACION DE COMPRESORES DE HIDRÓGENO el diseño incorpora dos persianas bajas de 0,65 × 0,65 m con un coeficiente de descarga (Cd) de 0,65, y se recomienda instalar una segunda persiana superior para equilibrar el flujo de aire y evitar acumulaciones de hidrógeno en la parte superior de la sala. Este ajuste permite cumplir con los principios de	Compresor



			ventilación cruzada necesarios para mantener la seguridad en el recinto.	
		6.12: Sistemas de Alarma contra fuego: Establece que se debe proporcionar un sistema de alarma contra incendios manual, el cual debe ser diseñado, instalado y mantenido conforme a la norma NFPA 72.	Aplicable al proyecto para especificar la instalación y mantención de un SISTEMA MANUAL DE ALARMA CONTRA INCENDIOS . Se dispone de sistema manual de alarma contra incendios mediante activadores manuales conectados a central direccionable con señalización audible y visible, diseñado, instalado y mantenido conforme a NFPA 72, en cumplimiento de los numerales 6.12.1 y 6.12.2 de NFPA 2 (2020)	Sistema contra incendios
		6.17: Terminación del sistema de venteo de tubería: - Los sistemas de ventilación que sirven a dispositivos de alivio de presión que descargan hidrógeno a la atmósfera deben cumplir con la norma CGA G-5.5, Sistemas de Ventilación de Hidrógeno. - La elevación de la salida de ventilación debe ser al menos de 10 pies (3 m) sobre el nivel del suelo, o 2 pies (0.61 m) por encima del equipo adyacente, o 5 pies (1.5 m) por encima de techos. - Las salidas de los conductos de ventilación deben estar ubicadas al aire libre y alejadas de áreas de personal, fuentes de ignición, tomas de aire, aberturas de edificios y aleros.	Aplicable al proyecto para VENTEOS EN CONTENEDOR DE ELECTRÓLISIS la terminación de las tuberías de ventilación de hidrógeno las que incluyen alturas mínimas respecto del suelo, equipos y techos, así como también se han definido las salidas exteriores alejadas de personas y fuentes de ignición.	Electrolizador
3	7: Hidrógeno gaseoso	7.1.22.14.3: Detección de Fuego: establece que se debe proporcionar detección de incendios, y el tipo de detección debe ser determinado mediante una evaluación de riesgos. Además, la detección de incendios debe cumplir con los siguientes requisitos: - Estar de acuerdo con la norma NFPA 72. - Activar el Sistema de Apagado de Emergencia (ESS).	El proyecto contempla la implementación de un SISTEMA DE DETECCIÓN DE LLAMA acorde a las disposiciones del presente código en 7.1.22.14.3.1 y 7.1.22.14.3.2. Se determinó a través de un estudio de riesgo los criterios necesarios para la definición del tipo de detección en los sistemas contra incendio. El sistema de detección de llama estará en conformidad con las referencias según el anexo M.5, NFPA72 y ESS según corresponda.	Sistema contra incendios
		7.2.2.3: Almacenamiento Externo: establece que el almacenamiento exterior de [H ₂] debe cumplir con normativas de distancias mínimas de otras áreas y estructuras, asegurando que se utilicen barreras para evitar riesgos de acumulación de concentraciones peligrosas. Además, debe evitarse la exposición a áreas no controladas, cumpliendo con los requisitos de seguridad aplicables.	Aplicable al proyecto en la DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN entre los sistemas de almacenamiento y conducción de hidrógeno comprimido respecto de otros edificios y estructuras.	Distancias de Seguridad
4	10: Instalaciones de Abastecimiento de combustible para vehículos con Hidrogeno Gaseoso	10.3.14.4 (La norma no indica nombre): - Las tuberías de gas que van desde un compresor o sistema de almacenamiento exterior hacia un edificio deben contar con una válvula de cierre automático de emergencia ubicada fuera del edificio. - Cuando se suministra a un dispensador interior, debe instalarse una válvula de cierre automático redundante donde la tubería de hidrógeno ingresa al edificio. Esta válvula debe cerrarse cuando se	Aplicable al proyecto para el diseño del SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS. NFPA 2 (2020) , numeral 10.3.14.4 aplicable al equipamiento de parada de emergencia mediante válvulas automáticas de corte en líneas provenientes de sistemas exteriores.	Sistema contra incendios



		active el sistema de detección de gas en la zona de dispensado.		
		10.4.7: Protección contra Fuego: establece que debe proporcionarse un extintor portátil con una clasificación mínima de 4-A: 80-B:C en un área aprobada, a no más de 50 pies (15.2 m) del área de dispensado. Los extintores deben ser inspeccionados y mantenidos conforme a las normativas NFPA 10.	Aplicable al proyecto para especificar la instalación de EXTINTORES PORTÁTILES DE INCENDIOS de polvo químico seco 12 Kg, tipo ABC, con una capacidad mínima de 4,54 kg (10 lb) y una tasa de descarga de agente igual o superior a 0,45 kg/s (1 lb/s), según lo establecido en los puntos 10.4.7 para área de abastecimiento.	Sistema contra incendios
		10.4.8.1 Señales de Advertencia: Los letreros de advertencia deben incluir mensajes sobre el peligro de dispensar hidrógeno en contenedores no aprobados, la ausencia de olor en el hidrógeno, y qué hacer en caso de incendio o fuga.	Aplicable al proyecto para determinar ubicaciones y especificaciones de leyendas para las SEÑALES DE ADVERTENCIA , para seguridad ambiental y de instalaciones, criterios y símbolos de seguridad, señales y etiquetas de seguridad de los productos.	Señalización de Advertencia
		10.4.8.2 (La norma no indica nombre): Los letreros deben cumplir con los estándares definidos por la norma, que regulan señales de seguridad ambiental y de instalaciones, símbolos de seguridad y etiquetas de seguridad de productos.		
		10.5.2.2: Abastecimiento de Combustible Externo: Establece que el equipo de dispensado de hidrógeno debe estar instalado al aire libre, con las distancias de separación adecuadas de acuerdo con la normativa. Además, las instalaciones deben ser construidas con materiales no combustibles como concreto, y se deben considerar medidas de ventilación para garantizar la dispersión segura de los gases escapados.	Aplicable al proyecto para definir el diseño del ÁREA DE ABASTECIMIENTO DE HIDRÓGENO para la disipación de cargas electrostáticas generadas por vehículos durante la marcha, evitando los riesgos de ignición, por lo anterior se ha especificado pavimento en el del área de dispensación con una resistencia eléctrica máxima de 1 megaohmio, criterio que también se encuentra respaldado por la norma API RP 2003, y cuya verificación puede realizarse según BS EN 1081. Con una superficie de concreto para una disipación eficaz, agregando un sistema de puesta a tierra adecuado.	Dispensador
		10.5.2.2.1.3 (La norma no indica nombre): El área de combustible para vehículos debe ser de concreto o material con resistividad no mayor a 1 megaohmio, a menos que el vehículo esté aterrizado por otros medios, como un cable de aterrizaje.		
		10.5.2.2.1.5 (La norma no indica nombre): El equipo de dispensado y los puntos de transferencia pueden estar ubicados más cerca de edificios o paredes de concreto o materiales con resistencia al fuego de al menos 2 horas, siempre y cuando se mantenga una distancia mínima de 10 pies (3 m) de cualquier apertura del edificio.		
5	Anexo M: Sistemas de Detección de Hidrogeno	M.3: Localización de Detectores de Gas para Detectar Efectivamente Hidrógeno: Establece que los detectores de gas deben ubicarse por encima de los puntos de liberación de hidrógeno, evitando el techo debido a altas temperaturas. Deben estar orientados hacia el punto de liberación y considerar el flujo de aire. No deben colocarse en espacios cerrados y pueden instalarse en una pared cerca del dispensador de hidrógeno.	Aplicable a especificaciones de técnicas de sistemas de detección de hidrogeno.	Sistema contra incendios
		M.4: Número de Detectores de Gas para Detectar Efectivamente Hidrogeno: -Se debe instalar al menos un detector de gas por dispensador. -Si se usa un toldo para proteger la operación de dispensado, el detector debe colocarse directamente encima del dispensador.	Aplicable a especificaciones de técnicas de sistemas de detección de hidrogeno.	Sistema contra incendios



		-Se pueden añadir detectores a lo largo del todo para aumentar la probabilidad de detectar una fuga.		
6	Anexo L: Control de Explosión de Hidrogeno	L.2.1 (La norma no indica nombre): El control de explosiones de hidrógeno considera aspectos como la cantidad de gas involucrado, la configuración del almacenamiento y las medidas de mitigación del riesgo. Se deben aplicar análisis y pruebas para determinar el mínimo volumen de hidrógeno necesario para causar daño y las medidas para evitar la propagación de explosiones. L.2.2: Métodos de Control de Explosión: Se establecen métodos de prevención de explosiones, como el control de la concentración de hidrógeno y el diseño de sistemas de ventilación para diluir los gases. Además, se deben considerar las configuraciones del equipo y las distancias de seguridad para reducir el riesgo de explosión.	Aplicable al proyecto para el diseño del sistema CONTROL DE EXPLOSIONES el que contempló ventilación cruzada, disposición estratégica de extractores y venteos, y control de fuentes de ignición, conforme a los métodos normativamente aceptados para evitar deflagraciones en instalaciones con riesgo de atmósferas explosivas por hidrógeno.	Sistema contra incendios
		L.2.2.2: Prevención de deflagración mediante la reducción de la concentración de gas hidrógeno: Establece que, para prevenir explosiones, se debe evitar la acumulación de hidrógeno en áreas cerradas. Se deben usar medidas de ventilación efectivas y sistemas de control de presión que garanticen la dilución de hidrógeno, además de garantizar que el sistema de ventilación sea capaz de mantener concentraciones seguras de hidrógeno.	Aplicable para el diseño y especificación del proyecto en el CONTROL DE LA DEFLAGRACIÓN manteniendo la concentración de hidrógeno por debajo del Límite Inferior de Inflamabilidad (LII), equivalente al 4,0 % en volumen bajo condiciones estándar de temperatura y presión. El diseño además se alinea con el capítulo 8 de la NFPA69 que regula los métodos de deflagración (ítem 8.3.1 NFPA 69), se han incorporado las medidas constructivas, de monitoreo y operación que garanticen la no formación de mezclas explosivas dentro de las áreas confinadas o semicerradas de la planta.	Sistema contra incendios

3. NFPA 55 Código de gases comprimidos y gases criogénicos (2023).

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	10: Sistemas de Hidrógeno Gaseoso	10.2.3: Sistema de Ventilación de Hidrógeno: Establece que los sistemas de venteo de hidrógeno deben diseñarse conforme a norma, mantener concentraciones seguras en caso de descarga y permitir el aislamiento de la fuente ante fallas. También exige que la limpieza y purga de tuberías cumplan los requisitos aplicables.	Aplicable al proyecto para el diseño de altura y disposición de venteos del sistema de ventilación del CONTENEDOR DE ELECTRÓLISIS . Los sistemas de ventilación de hidrógeno que sirven a los dispositivos de alivio de presión que descargan hidrógeno a la atmósfera deben estar de acuerdo con CGA G-5.5, Sistemas de ventilación de hidrógeno.	Electrolizador



4. NFPA 5000 - Código de Construcción y Seguridad de Edificios (2024).

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	8: Características de Protección Contra Incendios	8.3.3.2: Construcción: Establece que las paredes cortafuegos deben ser de construcción no combustible o limitada. Si ambos edificios a separar son de tipo V, se permite usar paredes de construcción combustible. La clasificación de resistencia al fuego de estas paredes debe ser de al menos 2 horas, dependiendo del tipo de ocupación y el contenido peligroso de los edificios, y puede variar de acuerdo con el tipo de riesgo o la clasificación de protección.	Aplicable al proyecto para el cálculo y diseño de los muros cortafuegos y su correspondiente resistencia al fuego dentro de la instalación de hidrógeno, conforme a lo establecido en el plano N° SAF-940001.	Sistemas de seguridad

5. ASTM A312 Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes (2015).

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Apéndice X1: Dimensiones de Tuberías de Acero Inoxidable Soldadas y Sin Costura	Tabla X1.1: Dimensiones de Tuberías de Acero Inoxidable Soldadas y Sin Costura: Muestra las dimensiones de las tuberías de acero inoxidable soldadas y sin costura, detallando el diámetro exterior y el grosor de las paredes para diferentes tamaños y tipos de programación, en pulgadas y milímetros.	Aplicable a la especificación estándar de materiales estándar para tuberías de acero inoxidable austenítico sin costura, soldadas y fuertemente trabajadas en frío. Se considera la presente norma dentro del Balance de Planta (BOP) (Para todos los fluidos del proyecto, con excepción de la mezcla de hidrógeno y gas natural).	Piping & Fitting

6. ASTM A106 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service (2010).

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	7: Composición Química	Tabla 1: Requisitos Químicos: Detalla los requisitos químicos para los grados A, B y C de un material, especificando los límites máximos y mínimos de elementos como carbono, manganeso, fósforo y otros, con ajustes permitidos según el contenido de carbono.	Aplicable a la especificación estándar de materiales para tubería de acero al carbono sin costura para servicio a alta temperatura. Se considera la presente norma dentro del Balance de Planta (BOP) (Para la mezcla de hidrógeno y gas natural)	Piping & Fitting

7. ASME B31.12-2023: Hydrogen Piping and Pipelines

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Sección 12: Tuberías y gasoductos de hidrógeno	IP-3: Diseño por Presión de Componentes de Tubería: Diseño de presión de componentes de tuberías. Incluye secciones sobre el diseño general de las tuberías, el diseño de tuberías rectas, y el diseño de segmentos de tuberías curvadas y mitradas. Cada sección cubre los aspectos específicos para garantizar que las tuberías y sus componentes puedan manejar la presión de manera segura durante su operación.	Aplica a diseño de tuberías y conductos que contienen hidrógeno incluido sistema electrolizador.	Piping
			Aplica a diseño de tuberías y conductos que contienen hidrógeno en proceso de mezclado (blending).	Blending



8. Pliego Técnico RIC N°6

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	5: Exigencias generales	5.1 (La norma no indica nombre): Establece que el sistema de puesta a tierra debe diseñarse y ejecutarse para evitar diferencias de potencial peligrosas y permitir la adecuada disipación de corrientes de falla o descargas atmosféricas. Asimismo, define las responsabilidades del profesional proyectista y del instalador autorizado en el diseño, ejecución y verificación del sistema.	Aplicable al proyecto para el diseño de PUESTA A TIERRA. El diseño y la implementación del sistema de puesta a tierra (SPT) para este proyecto están regidos por las disposiciones de la normativa referenciada en su sección 5, subsección 5.1 en materia de exigencias generales, el cual establece los requisitos mínimos de seguridad y eficiencia que debe cumplir el sistema. Estas normas garantizan que el SPT sea capaz de proteger tanto a las personas como a los equipos frente a fallas eléctricas.	Sistema Eléctrico
	13: Protección contra rayos	13.2 (La norma no indica nombre): Establece que, para efectos técnicos, el comportamiento del sistema de captación debe considerarse equivalente al de un pararrayos tipo Franklin o terminales similares, aplicando las metodologías y criterios definidos en las normas técnicas correspondientes.	Aplicable al proyecto para el diseño protección contra PARARRAYOS. El proyecto implementa un terminal de captación tipo Franklin.	

9. IEC 60079 Atmosferas Explosivas sección 0 (2018)

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Sección 0: Equipos	0: Requisitos Generales: Establece los requisitos generales para la construcción, prueba e implementación de equipos en atmósferas explosivas. Define las condiciones de operación estándar y destaca la necesidad de pruebas adicionales para equipos fuera de esos rangos, especialmente en cuanto a protección contra explosiones y seguridad intrínseca.	Aplicable al proyecto para la ejecución del estudio de Áreas Clasificadas , para la selección, diseño y certificación de todos los dispositivos eléctricos utilizados en zonas clasificadas como peligrosas. Dado que el hidrógeno pertenece al grupo de gases IIC y presenta una clase de temperatura T1, todos los equipos instalados dentro de las zonas 0, 1 o 2 deben contar con certificación específica bajo esta norma, asegurando que posean un nivel de protección adecuado (como Ex d, Ex e, Ex n, Ex ia, entre otros). Esta aplicación permite garantizar que ningún componente eléctrico instalado en el área pueda actuar como fuente de ignición, contribuyendo así a la seguridad operativa del sistema en entornos con riesgo de explosión por presencia de hidrógeno.	Áreas Clasificadas



10. IEC 60079 Atmósferas Explosivas sección 10 (2020)

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Sección 10-1: Clasificación de áreas - Atmósferas Explosivas de Gas	5: Metodología de Clasificación de Áreas Peligrosas: Establece la metodología para clasificar áreas peligrosas, evaluando las fuentes de liberación de gases, la ventilación y la dilución. Se recomienda usar métodos simplificados o combinados según sea necesario, siguiendo normas industriales y códigos nacionales.	Aplicable al proyecto para la aplicación de la metodología necesaria para clasificar las áreas donde pueden generarse atmósferas explosivas producto del hidrógeno, en función de parámetros como la frecuencia y velocidad de liberación, y las condiciones de ventilación. Con el objetivo de delimitar las zonas clasificadas en torno a los principales equipos que manejan hidrógeno, tales como electrolizadores, compresores, estanques pulmón y sistemas de dispensado. A través de esta clasificación se definieron radios de seguridad específicos y se asignaron zonas tipo 0, 1 o 2, según el grado de exposición al gas. Este análisis permitió establecer criterios técnicos que orientan el diseño de instalaciones eléctricas, estructuras, señalización, y selección de equipos, asegurando que la planta opere bajo condiciones de seguridad compatibles con la naturaleza del hidrógeno como gas inflamable de alta dispersión. La aplicación de esta norma también implica que cualquier modificación relevante en el diseño o proceso deberá ser evaluada y reflejada en una actualización de la clasificación de áreas.	Áreas Clasificadas
		Anexo H.9: El gas hidrógeno presenta diversas implicancias en materia de seguridad y salud del personal que deben considerarse durante la instalación de la instalación: Destaca los peligros de seguridad y salud asociados al hidrógeno, como la deficiencia de oxígeno y el riesgo de incendio, ya que el hidrógeno es fácilmente inflamable y difícil de detectar a simple vista. Se recomienda tomar medidas adicionales, como la protección de las fuentes de fuga, el uso de sistemas de dispersión de vapor y la limitación de la velocidad del chorro.	Aplicable al proyecto especificando tecnología de DETECCIÓN DE LLAMA UV/IR con sensibilidad centrada en 2,95 µm. Lo cual responde directamente a las propiedades particulares de la combustión del hidrógeno.	Sistema contra incendios

11. IEC 60079 Atmósferas Explosivas sección 32 (2017)

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Sección 32-1: Riesgos Electroestáticos - Guía	6.2.3: Puesta a Tierra de Elementos Conductivos y Disipativos: Establece que los materiales conductivos y disipativos deben estar conectados a tierra según las normativas, con límites específicos de capacitancia aislada para evitar descargas peligrosas en zonas peligrosas.	Aplicable al proyecto para la especificación de sistema de detección de gases, enclavamientos automáticos y medidas para controlar la elasticidad estática, tales como conexión a tierra de todas las partes conductoras y empleo de materiales disipativos en lugares aislantes.	Sistema contra incendios



		1.6.5: Colocación de dispositivos de alarma que formen parte del aparato: Establece que, cuando un aparato o sistema de protección tenga dispositivos de detección o alarma para controlar la formación de atmósferas explosivas, debe proporcionar las indicaciones necesarias para colocarlos en los lugares adecuados.	Aplicable al proyecto para especificar el dispositivo CENTRAL DE ALARMA FIREBEE modelo Modelos: 21026	Sistema contra incendios
		1.2.9: Sistemas de envoltura antideflagrante: Establece que, si las piezas que pueden generar una atmósfera explosiva están encerradas en una envoltura, esta debe ser capaz de resistir la presión de una explosión interna y evitar que la explosión se transmita al entorno.	Aplicable al proyecto para especificación luminaria ÓRION Ex cumple estas normativas para ser instalada de forma segura en áreas donde existe presencia de gases inflamables como el hidrógeno, clasificado como grupo de gases IIC. En el contexto del proyecto de planta de hidrógeno Cabo Negro, estas luminarias se utilizan para garantizar iluminación en zonas clasificadas como Zona 1 o 2, sin constituir fuente de ignición. Su uso conforme a ATEX e IEC/EN 60079 permite cumplir los requisitos de seguridad eléctrica en atmósferas explosivas, protegiendo tanto a los equipos como al personal durante la operación continua del sistema.	Sistema contra incendios

14. DIN EN ISO 13857 Seguridad de Maquinaria (2019)

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	4: Distancias de seguridad para evitar alcance de las extremidades superiores e inferiores en zonas de peligro.	<p>4.2.1: Alcance hacia arriba: Establece distancias de seguridad para evitar el acceso con las extremidades superiores, con una altura mínima de 2,500 mm para la zona de peligro.</p> <p>4.2.2: Alcance por encima de estructuras de protección: Establece las distancias de seguridad necesarias al alcanzar sobre una estructura protectora. Utiliza las dimensiones de la zona de peligro, la altura de la estructura protectora y la distancia de seguridad horizontal para calcular las medidas adecuadas. Si las medidas conocidas caen entre dos valores, se debe usar la distancia de seguridad mayor o la altura más alta de la estructura protectora.</p> <p>4.2.3: Alcanzar: Establece las distancias de seguridad necesarias para los movimientos limitados de las extremidades superiores, como alcanzar con el brazo hasta el hombro, codo, muñeca o rodilla. Proporciona las distancias de seguridad a la zona de peligro para cada tipo de movimiento, con base en la restricción de movimiento y las ilustraciones correspondientes.</p> <p>4.2.4: Alcance a través de aberturas: Establece las distancias de seguridad necesarias al alcanzar a través de aberturas regulares e irregulares, según la edad y parte del cuerpo, con base en</p>	Aplicable a procedimientos de uso, mantenimiento y disposición del sistema COMPRESOR. Norma implementada para la determinación de distancias mínimas de seguridad, riesgos de acceso, datos antropométricos, altura de resguardo para barreras, dimensiones máximas permitidas para aperturas, entre otras.	Compresor



		<p>el tipo de abertura (cuadrada, redonda, ranura) y su tamaño.</p> <p>4.2.5: Efecto de estructuras de protección adicionales sobre las distancias de seguridad: Explica cómo las estructuras protectoras adicionales pueden afectar las distancias de seguridad. Estas estructuras pueden reducir el movimiento del brazo y aumentar la zona de seguridad, permitiendo que los puntos peligrosos sean menos accesibles. La tabla 6 proporciona ejemplos de cómo estas estructuras impactan las distancias de seguridad para el alcance con limitación de movimiento.</p>		
--	--	---	--	--

15. DIN EN ISO 13850 Seguridad de Maquinaria (2015)

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Sección 4: Requisitos de Seguridad	4.1: Requisitos Generales: Establece que la parada de emergencia debe permitir detener la máquina ante situaciones peligrosas mediante una acción humana única, estando siempre disponible y prioritaria sobre otras funciones. Define que debe mantenerse activa hasta su rearme manual y no sustituye otras medidas de protección. Regula su alcance de control, categorías de parada y requisitos técnicos para su implementación en sistemas eléctricos, hidráulicos y neumáticos conforme a normas aplicables.	Aplicable a los requisitos funcionales y de diseño para sistemas de parada de emergencia (E-STOP) en el sistema del COMPRESOR del proyecto. Se certifica que el equipo compresor dispone de funciones de detención rápida, retención mecánica, parada prioritaria, no provoca arranque y su diseño no es redundante (fallo no impide parada de emergencia). Se certifica que el sistema de parada de emergencia tiene fácil acceso, detención inmediata, posee bloqueo mecánico, marcaje adecuado, requiere reseteo manual, color rojo, diseño forma de seta con rearme.	Compresor

16. DIN EN ISO 4126 Dispositivos de seguridad para la protección contra la sobrepresión (Safety valves (ISO 4126-1:2013 + Amd 1:2016))

ÍTEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Sección 7: Ensayos de tipo	7.1: Generalidades: Establece que las características de funcionamiento y caudal de las válvulas de seguridad deben determinarse mediante ensayos de tipo conforme a procedimientos normalizados. Define las condiciones de prueba, parámetros a evaluar y requisitos de instalación durante los ensayos. Los resultados permiten verificar el desempeño operativo, la capacidad de descarga y la conformidad del diseño, debiendo repetirse las pruebas ante modificaciones relevantes.	Se certifica el cumplimiento de los requerimientos de diseño, funcionamiento y verificación de las válvulas de seguridad utilizadas para evitar la sobrecarga por presión en equipo COMPRESOR presente en el proyecto especial. Fabricante certifica que los sistemas de válvulas de seguridad poseen	Compresor



	<p>7.2: Ensayos para determinar las características de operación: Define los requisitos y tolerancias para verificar presiones de apertura, sobrepresión, cierre y rendimiento de válvulas de seguridad. Establece criterios de aceptación, límites permitidos y condiciones de prueba, incluyendo estabilidad ante distintas presiones. También regula el uso de equipos de ensayo y modelos representativos cuando se evalúan distintos tamaños o configuraciones de válvulas.</p> <p>7.3: Ensayos para determinar las características de flujo: Establece los requisitos para verificar la capacidad de descarga de las válvulas de seguridad bajo condiciones controladas y previamente definidas. Define el procedimiento de ensayo, número de válvulas a probar y criterios de aceptación, incluyendo tolerancias permitidas en los resultados. También regula el registro de datos y la precisión de los equipos utilizados para asegurar la validez de las mediciones.</p> <p>7.4: Determinación del coeficiente de descarga: Establece el método para calcular el coeficiente de descarga de la válvula a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de caudal. Define la fórmula y los parámetros necesarios para su determinación.</p> <p>7.5: Certificación del coeficiente de descarga: Establece que el coeficiente certificado se determina aplicando un factor de reducción al coeficiente calculado experimentalmente. Este valor certificado es el que puede utilizarse para el dimensionamiento y cálculo de capacidad a la presión de alivio establecida. No se permite emplear directamente el coeficiente experimental sin certificar para dichos cálculos.</p>	<p>cube válvulas para apertura automática por la presión del fluido y clausura cuando la presión desciende bajo los niveles de funcionamiento. Se define presión de tarado, sobrepresión permisible, blowdown, capacidad de descarga, ensayos y certificación.</p>	
--	--	--	--

17. AD2000 Merkblatt (2014)

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Sección B: Diseño de Recipientes a Presión	B0: Diseño de recipientes a presión. Cálculo en parte cilíndrica y hemisférica del recipiente considerando Factor de seguridad a la presión de diseño.	La aplicación al proyecto es el diseño del sistema de ALMACENAMIENTO DE CILINDROS de H2 que consiste en rack horizontal con 32 cilindros Tipo I de 57 L cada uno, totalizando aproximadamente 1.824 L, capaces de almacenar 55 kg de hidrógeno a 470 bar. Los cilindros están contruidos de acuerdo a la normativa citada en acero aleado de cromo molibdeno de alta resistencia, y el sistema utiliza tuberías y accesorios en acero inoxidable.	Almacenamiento de GH2



18. NCh 1377. Of.1990 Gases Comprimidos

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	4.6: Colores de identificación del contenido	Tabla 1: Nómima de principales gases para uso industrial, fórmulas e identificación del contenido: Presenta los principales gases de uso industrial, indicando su número ONU, fórmula química, color de identificación y designación de rótulo de riesgo.	Se aplica al proyecto para el código de colores de los cilindros de hidrógeno (rojo) llevar impresa la inscripción Hidrógeno Gaseoso en superficies visibles, con caracteres legibles a una distancia mínima de 10 metros.	Almacenamiento de GH2
2		Establece un sistema estandarizado de colores para facilitar el reconocimiento visual del contenido. Esta clasificación permite una identificación rápida y segura en transporte, almacenamiento y operación.	Se aplica al proyecto para especificar la correcta identificación de los cilindros que contienen nitrógeno.	Almacenamiento de GN2

19. NCh 2369 Of.2003 Diseño Sísmico de Estructura e Instalaciones Industriales

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	Capítulo 9: Disposiciones especiales para estructuras de hormigón	9.1: Estructuras de hormigón armado: Establece criterios de diseño sísmico para estructuras de hormigón armado, remitiendo a disposiciones del ACI 318-99 mientras no se oficialicen actualizaciones normativas nacionales. Define requisitos diferenciados según el nivel de sollicitación sísmica, tipo de sistema estructural y participación de muros y marcos resistentes. También contempla excepciones y condiciones específicas para el diseño en estructuras de varios pisos y distintos niveles de demanda sísmica.	Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales: se aplicable al proyecto en el diseño de fundaciones y elementos estructurales para garantizar su resistencia frente a sollicitaciones sísmicas. La norma establece el procedimiento de diseño considerando que el proyecto se encuentra en Zona Sísmica 1 y sobre suelo tipo D, con parámetros básicos de aceleración horizontal efectiva 0,2g, factor de sitio S = 1,2, período de control T0 = 0,75 s y factor de importancia I = 1,0. El cálculo se realizó mediante el método estático, con factor de modificación de respuesta R = 3 y clasificación estructural C2, generando el espectro de diseño horizontal usado para las combinaciones de carga. La aplicación de esta norma permitió dimensionar fundaciones seguras, verificando estabilidad, capacidad de soporte y resistencia del hormigón armado según lo establecido en la memoria de cálculo.	Obras Civiles y Fundaciones
		9.2: Estructuras prefabricadas de hormigón: Establece los criterios de diseño sísmico para sistemas prefabricados, diferenciando entre sistemas gravitacionales y aquellos con conexiones húmedas, dúctiles o secas. Define requisitos específicos para el dimensionamiento de elementos y uniones, incluyendo resistencia, ductilidad y validación mediante ensayos. Además, regula condiciones constructivas, tolerancias, montaje y limitaciones de altura y configuración estructural según el tipo de sistema adoptado.		
2	Capítulo 11: Estructuras específicas	11.11: Equipos Eléctricos: Establece criterios estructurales y de diseño sísmico para equipos eléctricos ubicados en plantas industriales, excluyendo instalaciones de generación y transmisión. Exige verificar su operatividad tras un sismo y dimensionar componentes como aisladores con coeficientes de seguridad específicos. También indica que estructuras menores y de madera deben cumplir requisitos de resistencia sísmica conforme a normas aplicables.	Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales: aplicable al proyecto para certificar que los dos contenedores aislados de 40 pies HC cumplen con los requerimientos mínimos de resistencia sísmica exigidos para estructuras industriales en Chile. Esta normativa establece los criterios para evaluar la acción sísmica sobre instalaciones industriales, considerando la ubicación en la zona sísmica correspondiente y la clasificación de suelo aplicable, así como la verificación de la estabilidad estructural frente a eventos sísmicos. La aplicación de la NCh 2369 en este contexto permitió confirmar que los	Electrolizador



			contenedores cumplen con las cargas sísmicas mínimas requeridas para su operación segura dentro de la planta de hidrógeno, asegurando que soporten las solicitaciones definidas por la normativa vigente.	
--	--	--	---	--

20. NCh 431 Of. 2010 – Cargas de Nieve

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	5: Carga de nieve en techos planos	5.1: Cálculo de carga de nieve en techos planos: Establece el método para determinar la carga de nieve en techos con baja pendiente mediante una fórmula que considera factores de exposición, forma e importancia. Define valores mínimos exigibles según la carga básica de nieve del sitio. El objetivo es asegurar un diseño estructural adecuado frente a acumulaciones de nieve.	Aplicabilidad al proyecto específicamente en el cálculo y diseño de las fundaciones y elementos estructurales asociados a los contenedores aislados de 40 pies HC, asegurando que resistan las solicitaciones provenientes de la acumulación de nieve conforme a la zonificación y condiciones climáticas locales definidas por la norma	Electrolizador

21. NCh 432 Of. 2010 Establece los Criterios para el Diseño Estructural Frente a Cargas de Viento en Chile

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	7.4: Velocidad básica de viento	7.4.4: Regiones especiales de viento: Establece que la velocidad básica del viento debe incrementarse en zonas donde existan antecedentes de mayores intensidades, como áreas montañosas o desfiladeros. Requiere justificar los valores locales mediante estudios técnicos y datos meteorológicos. El objetivo es ajustar el diseño estructural a condiciones particulares de exposición al viento.	Aplicación al diseño y cálculo de las fundaciones proyectadas asegurando que la planta presente un comportamiento estructural seguro frente a las acciones de viento determinadas por la norma, considerando tanto las solicitaciones permanentes como las condiciones extremas definidas por la presión dinámica básica y los coeficientes de exposición al viento. De este modo, se asegura que los elementos de cimentación y anclaje mantengan su estabilidad y eviten desplazamientos o fallas por vuelco durante la operatividad de la instalación en el emplazamiento costero de Cabo Negro, caracterizado por ráfagas de alta intensidad y elevada recurrencia de vientos predominantes.”	Obras Civiles y Fundaciones



22. Decreto 57/2019 del Ministerio de Salud, que Aprueba Reglamento de Clasificación, Etiquetado Y Notificación De Sustancias Químicas y Mezclas Peligrosas

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	Título IV: Etiquetado de Seguridad de Sustancias y Mezclas	<p>Párrafo I (Art.244-254): Condiciones generales del etiquetado</p> <p>Párrafo II (Art.255-257): Pictogramas de peligro</p> <p>Párrafo III (Art.258-262): Frases de advertencia e indicaciones de peligro</p> <p>Párrafo IV (Art.264-268): Consejos de prudencia</p>	<p>Aplicable al proyecto para definir el etiquetado de seguridad para sustancias como el hidrógeno debe incluir, de forma clara y visible, el nombre del producto, el proveedor, la cantidad contenida y su identificación química, incluyendo el número CAS. Deben incorporarse pictogramas normalizados del sistema GHS, como el símbolo de la llama que indica inflamabilidad, así como la palabra de advertencia "Peligro" y las indicaciones correspondientes a los riesgos asociados, tales como "Gas extremadamente inflamable" y "Gas a presión". Estos elementos deben ser legibles, estar firmemente adheridos al envase y cumplir con requisitos de visibilidad, tamaño y contraste para garantizar su correcta interpretación en entornos industriales.</p>	Sistemas de seguridad

23. NCh2190:2019 Transporte terrestre de mercancías peligrosas – Distintivos para identificación de peligros

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	5: Marcas y Etiquetas	<p>5.1: Marcas: Establece los requisitos generales de marcado para bultos que contengan mercancías peligrosas, incluyendo la identificación mediante número ONU y designación oficial de transporte. Define criterios de visibilidad, durabilidad, dimensiones y ubicación de las marcas, así como disposiciones especiales para materiales radiactivos, sustancias peligrosas para el medio ambiente, orientación de bultos y baterías de litio. Su objetivo es asegurar una identificación clara y normalizada durante el transporte y manipulación.</p> <p>5.2: Etiquetas: Establece los requisitos para el etiquetado de bultos que contengan mercancías peligrosas, definiendo modelos, dimensiones, colores y criterios de colocación según el tipo de riesgo. Regula la identificación de peligros principales y secundarios, así como disposiciones especiales para sustancias reactivas, peróxidos orgánicos, materiales infecciosos y radiactivos. Además, exige que las etiquetas sean visibles, duraderas y mantengan la información durante el transporte.</p>	<p>Aplicable al proyecto para la señalización de seguridad acorde a lo descrito en Artículo 40 del D.S 13/2022 correspondiente a rotulado de tanques de almacenamiento estacionarios, para el caso de este proyecto Tanque Buffer"</p>	Sistemas de seguridad



2	6: Rotulación y marcado para unidades de transporte y contenedores para graneles	<p>6.1: Rotulación: Establece los requisitos para la colocación y diseño de rótulos en unidades de transporte y contenedores para granel que transporten mercancías peligrosas. Define ubicación, visibilidad, dimensiones y configuración de los rótulos según el peligro principal y, cuando corresponda, peligros secundarios. Incluye disposiciones específicas para materiales radiactivos y criterios para asegurar una identificación clara y normalizada durante el transporte.</p> <p>6.2: Marcado: Establece los requisitos de marcado en unidades de transporte y contenedores para granel que transporten mercancías peligrosas, incluyendo la indicación del nombre oficial de transporte y del número ONU. Define ubicación, dimensiones, contraste y formato del marcado según el tipo de sustancia y modalidad de transporte. Además, incorpora disposiciones específicas para sustancias a temperatura elevada y para mercancías peligrosas para el medio ambiente.</p>		
---	--	--	--	--

24. NCh1411/4:2000 Prevención de riesgos – Parte 4: Señales de seguridad para la identificación de riesgos de materiales

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	7: Grados de severidad de riesgos para la salud	7.1 (La norma no indica nombre): Clasifica los materiales en distintos grados según la gravedad de los efectos que pueden producir por exposición breve, desde riesgos mínimos hasta potencialmente letales. La clasificación considera criterios de toxicidad por ingestión, contacto dérmico e inhalación, así como efectos irritantes o corrosivos. Esta gradación permite evaluar el nivel de peligro para la salud y orientar las medidas de protección requeridas.	NCh 1411/4:2000 aplicable a la señalización de riesgos de materiales, asignando grados de severidad conforme al numeral 1.2 y capítulos 7, 8 y 9 de la norma. Ejemplo: 1.- Hidrógeno: Salud 0, Inflamabilidad 4, Reactividad 0. 2.- Nitrógeno: Salud 0, Inflamabilidad 0, Reactividad 0.	Sistemas de seguridad
2	8: Riesgos de inflamabilidad	8.2: Grados de severidad de riesgos para la inflamabilidad: Clasifica los materiales según su susceptibilidad a arder, desde aquellos que se inflaman fácilmente a temperatura ambiente hasta los que requieren precalentamiento o no arden. La gradación considera propiedades como punto de inflamación, capacidad de formar mezclas explosivas y facilidad de combustión. Esta clasificación permite evaluar el nivel de riesgo de incendio asociado a cada material.		



25. SAE J2719:2020 “Hydrogen Fuel Quality For Fuel Cell Vehicles”

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	4.2: Muestreo	Tabla 1: Especificación de calidad del combustible de hidrógeno: Define los requisitos de pureza del hidrógeno y los límites máximos permitidos para contaminantes como agua, oxígeno, hidrocarburos, compuestos de carbono, azufre, halogenados y partículas. Establece métodos analíticos ASTM aplicables para cada parámetro y notas complementarias sobre unidades, límites y criterios de medición. Su finalidad es garantizar la calidad del hidrógeno para aplicaciones técnicas, como celdas de combustible.	Define la calidad mínima de pureza del hidrógeno que debe aplicarse a las pilas de combustible. Para el proyecto ENAP la pureza será de 5.0 (99.999% of H ₂)	Electrolizador

26. SAE J2601 Protocolos de abastecimiento para vehículos livianos de hidrógeno gaseoso en superficie (2014)

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	Parte 2: Protocolo de repostaje para vehículos pesados propulsados por hidrógeno gaseoso.	5.3.1: Límites del proceso de abastecimiento: El rango de temperatura ambiental en la estación de servicio debe estar entre -40 °C y +50 °C para el proceso de abastecimiento.	El sistema está diseñado para trabajar en un rango de temperatura ambiente entre -40°C y 50°C. En caso contrario, el proceso de llenado se detendrá.	Dispensador

27. SAE J2601 Protocolos de abastecimiento para vehículos livianos de hidrógeno gaseoso en superficie (2020)

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	Parte 1: Protocolos de repostaje para vehículos ligeros de superficie a hidrógeno gaseoso.	6.2.1.1: Presión de la estación y temperatura de entrega de combustible: Los sensores que miden la presión de la estación y la temperatura de entrega del combustible deben estar ubicados río arriba del sistema y lo más cerca posible de la desconexión de la manguera del dispensador. La distancia entre el sensor y la desconexión no debe exceder 1 metro.	El dispensador cuenta con sensores que miden presión y temperatura del dispensado y se ubican aguas arriba del sistema y a 70 centímetro del sistema breakaway.	Dispensador
		6.3.1: Temperatura de entrega de combustible: La temperatura del combustible debe ser siempre superior o igual a -40°C. Si es inferior, la estación debe detener el abastecimiento en 5 segundos. Además, se debe garantizar que los componentes de la estación no superen la temperatura ambiente.	El sistema está diseñado para trabajar en un rango de temperatura ambiente entre -40°C y 50°C. En caso contrario, el proceso de llenado se detendrá.	
		6.4.1: Presión inicial: La presión inicial debe ser utilizada como Po en la aplicación del protocolo basado en tablas y Pinitial en la aplicación del protocolo basado en la fórmula MC. Si la presión inicial es menor a 0,5 MPa o mayor que la presión nominal de trabajo de la clase de presión (35	La presión inicial deberá ser mayor a 0,5 MPa (5 bar). La presión de operación deberá ser menor a 43,8 MPa (125%NWP H35).	



	MPa o 70 MPa), la estación debe terminar el procedimiento de abastecimiento de combustible lo antes posible, pero dentro de los 5 segundos.	
	6.4.2: Presión de operación: Para el abastecimiento de combustible con comunicaciones, la estación no debe cargar o debe terminar el abastecimiento de combustible lo antes posible, pero dentro de los 5 segundos si la presión del CHSS es mayor o igual al 125% de la presión nominal de trabajo (NWP).	El sistema está diseñado para trabajar a una presión máxima de 350 bar (H35). En caso de exceder el límite inferior de 5 bar y el superior de 438 bar (125% 350 bar) el sistema se detendrá automáticamente.
	6.5.2: Tasa de Caudal: Los protocolos de abastecimiento deben diseñarse para no superar una tasa máxima de flujo de 60 g/s. Después de la secuencia inicial de conexión, el sistema debe interrumpir el abastecimiento tan pronto como sea posible, pero dentro de los 5 segundos, si la tasa de flujo máxima de gas hidrógeno supera los 60 g/s.	El sistema está diseñado para suministrar un caudal máximo de 3,6 kg/min (60 g/s)
	8.1.1: Designadores de estación: Las estaciones deben cumplir con requisitos específicos de temperatura para la entrega de hidrógeno, dependiendo de su clase de presión. Existen diferentes categorías de temperatura para el combustible, y las estaciones deben estar diseñadas de acuerdo con ellas.	Para alcanzar la temperatura necesaria para el abastecimiento de combustible se utiliza un tipo especial de intercambiador de calor y un refrigerante (R290) con un punto de congelación igual a 0°C

28. ISO 19880 Hidrógeno gaseoso – Estaciones de abastecimiento (2020)

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	8: Repostaje de vehículos con hidrógeno	8.2.2.2: Parada de emergencia del sistema de dispensación: Establece que el sistema de dispensación debe contar con una función de apagado de emergencia, automática o manual, que anule todas las operaciones y corte el suministro de hidrógeno al activarse. Además, pueden requerirse acciones complementarias como ventilación, aislamiento o corte de energía, y el reinicio del sistema debe realizarse tras una inspección y de forma manual.	El dispensador debe contar con un sistema de apagado de emergencia. Su activación debe cortar automáticamente el flujo de hidrógeno. En caso de emergencia, una válvula de aislamiento se cerrará para aislar el flujo de hidrógeno del almacenamiento. Un tubo de ventilación previo al dispensador envía el hidrógeno contenido en el tubo a un lugar seguro en caso de despresurización y purga con nitrógeno.	Dispensador
		8.2.2.5: Apagado en caso de activación del dispositivo de ruptura de manguera: Establece que, si se activa el dispositivo de ruptura de la manguera, debe interrumpirse automáticamente el flujo de hidrógeno en la boquilla o aguas arriba del dispositivo, finalizando el proceso de repostaje. Además, se deben considerar medidas para mitigar posibles fallas en el sellado del dispositivo.	La desconexión del breakaway debe (directa o indirectamente) cortar el proceso de llenado y aislar el sistema aguas arriba de este. El sistema de dispensado incluye un breakaway H35.	
		8.2.2.8: Alteración física del dispensador: Establece que la evaluación de riesgos debe considerar posibles impactos físicos al dispensador, como choques de vehículos o actividad sísmica. Cuando las medidas estructurales no sean suficientes, se deben incorporar sistemas de detección que, ante una	Se debe considerar posibles accidentes o incidentes que resulten en daños al dispensador. En caso de que no se provea medidas de protección física adecuadas se debe incluir sentido de perturbación física, que debe apagar el sistema en caso de activarse.	



		perturbación, activen el apagado de emergencia para mantener el sistema en condición segura.	la Zona de dispensado contará con 4 postes de protección de concreto como medida de protección física contra posibles daños vehiculares.	
--	--	--	--	--

29. ISO 14687:2019 Especificación de Producto – Calidad de Combustible de Hidrógeno (2019)

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	5.1: Especificación de calidad del combustible	Tabla 2: Especificación de calidad del combustible para aplicaciones en vehículos de carretera con celda de combustible PEM	SIST EN 17124:2022 – Especificación de calidad de hidrógeno para aplicaciones vehiculares PEM, artículo 5.1, Tabla 1, norma utilizada en los documentos de ingeniería del proyecto y técnicamente equivalente a ISO 14687:2019, artículo 5.1, Tabla 2.	Electrolizador

30. SIST EN 17124:2022 Hidrógeno como combustible – Especificación del producto y aseguramiento de calidad – Aplicaciones con pilas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEM) para vehículos de carretera (2022).

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema
1	4: Requisitos	Tabla 1: Especificaciones de calidad del combustible de hidrógeno para aplicaciones en vehículos con celda PEM: La tabla establece los requisitos mínimos de pureza del hidrógeno y los límites máximos permitidos para gases no hidrógeno y contaminantes individuales. Incluye restricciones para agua, hidrocarburos, oxígeno, gases inertes, compuestos de carbono, azufre, amoníaco, halogenados y material particulado. Su finalidad es asegurar un nivel de calidad que garantice el desempeño y protección de las celdas de combustible PEM en aplicaciones vehiculares.	Calidad del hidrógeno Cada conjunto de boquilla del dispensador está equipado con filtros de partículas diseñados para ayudar a mantener el hidrógeno dentro de los estándares de la norma EN 17124:2020/ISO 14687	Dispensador

31. SIST EN 54-10:2002: Fire detection and fire alarm systems – Part 10: Flame detectors – Point detectors (2002)

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo / Sistema																
1	4: Requisitos Generales	4.2: Clasificación: Los detectores deben ajustarse a alguna de las categorías establecidas, de acuerdo con los requisitos de ensayo definidos en la norma.	Se aplica al proyecto para especificar sistemas de detección automática de llamas en ambientes donde se manipula hidrógeno, utilizando modelo Dräger Flame 1750 H2 (IR3) el detector de llama adquirido cumple con los estándares de zona 1, clase 1 como se indica en la siguiente tabla: <table border="0"> <tr> <td>Aprovações</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ATEX</td> <td>Ex II 2 G Ex db IIC T4 Gb IP66</td> </tr> <tr> <td>IECEx</td> <td>Ex II 2 G Ex db IIC T4 Gb IP66</td> </tr> <tr> <td>FM/FMC</td> <td>Clase 1, Zona 1, AEx db IIC T4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Clase 1, Div. 1, , Grupos B, C, D T4</td> </tr> <tr> <td>EAC TR CU</td> <td>Pedido</td> </tr> <tr> <td>CCCF</td> <td>Pedido</td> </tr> <tr> <td>INMETRO, PESO, etc.</td> <td>A pedido</td> </tr> </table>	Aprovações		ATEX	Ex II 2 G Ex db IIC T4 Gb IP66	IECEx	Ex II 2 G Ex db IIC T4 Gb IP66	FM/FMC	Clase 1, Zona 1, AEx db IIC T4		Clase 1, Div. 1, , Grupos B, C, D T4	EAC TR CU	Pedido	CCCF	Pedido	INMETRO, PESO, etc.	A pedido	Sistema contra incendios
Aprovações																				
ATEX	Ex II 2 G Ex db IIC T4 Gb IP66																			
IECEx	Ex II 2 G Ex db IIC T4 Gb IP66																			
FM/FMC	Clase 1, Zona 1, AEx db IIC T4																			
	Clase 1, Div. 1, , Grupos B, C, D T4																			
EAC TR CU	Pedido																			
CCCF	Pedido																			
INMETRO, PESO, etc.	A pedido																			



32. 2006/42/EU Directiva de Maquinaria (2006)

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	Anexo I: Requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y la fabricación de las máquinas	2.2: Máquinas Portátiles y Máquinas guiadas a mano: Establece los requisitos de seguridad para máquinas portátiles y máquinas guiadas a mano. Señala que deben diseñarse y fabricarse de forma que garanticen estabilidad, control seguro y ausencia de puestas en marcha involuntarias, permitiendo al operador mantener el dominio del equipo en todo momento. También exige que se proporcionen instrucciones claras sobre su uso, accesorios y condiciones de funcionamiento, incluyendo información relevante sobre vibraciones y medidas de protección. Para las máquinas portátiles de fijación e impacto, se refuerzan las exigencias de seguridad, incorporando sistemas que impidan disparos accidentales y aseguren un uso seguro durante la operación y el mantenimiento.	El Módulo B abarca electrolizadores con stacks de 15 a 145 celdas. En ese rango, el volumen del circuito de O ₂ a PS = 11 barg va de 4.9 a 24.5 litros, mientras que el volumen del circuito de H ₂ a PS = 40 barg va de 2.7 a 22.4 litros, aumentando ambas capacidades conforme crece el tamaño del stack. El fabricante del sistema electrolizador certifica el cumplimiento de los requisitos básicos de seguridad y salud de la Directiva CE. Dicho lo anterior, la presente norma aplica para los procedimientos de seguridad para el desempaque, izaje y transporte del sistema.	Electrolizador
		1.3.8.2: Elementos móviles que intervienen en el trabajo: Establece que los elementos móviles que intervienen en el trabajo deben contar con resguardos o dispositivos de protección adecuados para prevenir riesgos a las personas. Estos pueden ser fijos, móviles con enclavamiento o dispositivos de protección, o una combinación de ellos. Además, cuando no sea posible impedir totalmente el acceso por razones operativas, se deben aplicar medidas que limiten el acceso solo a las partes necesarias para el trabajo, garantizando la seguridad del operador.	Para efectos de la MD 2006/42/EU, Sección 4.0 (Montaje del stack del electrolizador) se aplica a las consideraciones del sistema de electrolización del Módulo B parámetros que condicionan el diseño de anclajes, juntas, colectores y pares de apriete durante el montaje. El fabricante certifica el cumplimiento de los Requisitos Esenciales de Salud y Seguridad de la Directiva CE y proporciona instrucciones de montaje que cubren la preparación del emplazamiento y nivelación, la selección del sistema de fijación y secuencias de apriete del stack, la verificación de alineación y planitud, la conexión de utilidades y puesta a tierra, y las pruebas de estanqueidad y funcionales previas a la puesta en servicio. En consecuencia, esta sección aplica a los procedimientos de seguridad para el montaje del stack del electrolizador y su correcta integración mecánica y eléctrica conforme a la presente normativa.	Electrolizador



33. IGEM/TD/13 pressure regulating installations for hydrogen at pressures exceeding 7 bar (2013).

ITEM	Sección	Subsección	Aplicación al proyecto	Equipo Sistema /
1	Suplemento 1 Edición 3	8.2.1 (La norma no indica nombre): Sistema de regulación de presión: Indica que en sistemas de regulación de presión para hidrógeno se debe considerar su alta velocidad sónica, especialmente cuando existen caídas de presión significativas. Asimismo, se debe prestar especial atención a la estabilidad del regulador, ya que puede verse afectada por retrasos en la señal de presión y por variaciones asociadas a turbulencia o inestabilidad del flujo.	Se incluyó en el proyecto debido a la instalación de GIPS (shut-off) y regulador/monitor activo HORUS WF en la línea de hidrógeno. El sistema de regulación de presión deberá mantener la presión dentro de límites que sean aceptables para el sistema aguas abajo en todas las condiciones de flujo y a la presión de entrada mínima.	Blending
2		5: Planificación, ubicación, disposición y seguridad: Establece que las instalaciones en servicio de hidrógeno deben planificarse y ubicarse de forma que minimicen la acumulación de gas, privilegiando áreas abiertas y con adecuada ventilación. Cuando existan recintos cerrados, estos deben incorporar ventilación efectiva, medidas de control atmosférico y sistemas de alivio de explosión para reducir riesgos en caso de liberaciones o eventos accidentales. 6: Recintos: Se permite el uso de casetas o gabinetes para proteger equipos de instrumentación y control frente a condiciones climáticas. Estos recintos deben cumplir con los requisitos técnicos aplicables establecidos en la norma correspondiente.	Se aplica al diseño, construcción, inspección, prueba, operación y mantenimiento seguros de instalaciones reguladoras de presión (PRI) a presiones superiores a 7 bar, para uso con hidrógeno o mezclas NG/H con un contenido de hidrógeno superior al 10%.	Blending

Cabe señalar que existen normativas adicionales, junto con sus respectivas matrices normativas de aplicación al proyecto, que abordan aspectos específicos de la instalación. Dichas matrices resultan igualmente relevantes para asegurar el cumplimiento integral de los requisitos de seguridad, no obstante, se incorporan en el Anexo de la presente Resolución, con el objeto de complementar el análisis normativo expuesto.

7° Que, en lo que respecta a la seguridad de las instalaciones del proyecto especial, se ha implementado, en particular, una evaluación de riesgos utilizando el método HAZOP, que distingue los siguientes nodos de estudio: electrolizador, tanque buffer, compresor, almacenamiento a alta presión, dispensadores, blending con gas natural, carga de tube trailer y planta H2V. El análisis de riesgo se encuentra en el documento "Informe HAZOP_5489-GE005-0001-revP.pdf" y se complementa con el archivo "Registro HAZOP rev P_V4".

Asimismo, se han definido medidas de mitigación en concordancia con los riesgos identificados. Tanto la evaluación de riesgos y las correspondientes medidas de mitigación se detallan en los archivos "2.3.5 SEGURIDAD EN INSTALACIONES.pdf" y en el archivo Excel "Matriz Mitigación Riesgos_ENAP_CN.xlsx".



Adicionalmente, se incorpora un estudio de áreas clasificadas que establece la delimitación espacial de las zonas con potencial formación de atmósferas explosivas, en función de las condiciones de operación, ventilación y presión de los equipos. Dicho estudio se presenta en el documento "HAZ_940001_MC_R2", mientras que el plano correspondiente a las áreas clasificadas se detalla en el archivo "HAZ_940001_R2.pdf".

Finalmente, se describen los sistemas de seguridad presentes en la instalación. Como principales mecanismos de seguridad pasivos, se considera la implementación de muros cortafuegos con resistencia térmica de 120 minutos, barreras tipo Wind Break Wall, señalización de seguridad, extintores portátiles de polvo químico seco y CO₂.

Adicionalmente, la instalación cuenta con diversos sistemas de seguridad activos, entre los que se incluyen: detector de gases combustibles PrimaX P de Honeywall Analytics, detector de llama infrarrojo Dräger Flame 1750 H2 (IR3), botón de emergencia Klippon POK 121209 EX de Weidmüller, central de alarma direccionable SKYFIRE JB-QB-5Ei, iluminación de emergencia Ex, detector de humo SKYFIRE DFE-CB, sirenas audiovisuales SKYFIRE SM501/B, SRN AV/C y SAVPT-SKYFIRE-65, y micro interruptor de seguridad SXM para áreas clasificadas.

8° Que, en relación con la evaluación de conformidad de los elementos que componen los sistemas de producción, blending, almacenamiento y dispensado de hidrógeno del proyecto especial, a continuación se indicarán los equipos cuyos certificados de conformidad han sido acompañados, así como aquellos cuyos certificados de conformidad pendientes de presentar:

Certificados de conformidad presentados:

- Electrolizador (Electrolyzer Stack), fabricado por Giner ELX, Inc., modelo EHP-1300-01-5000/A, número de serie A-0422-402500-001.
- Sistema de dispensado, fabricado por ANGI Energy System, Inc, modelo SF-1-1H35-1-N, número de serie SERO24485, cuya documentación corresponde a una declaración de conformidad del fabricante que no indica la norma, código o directiva técnica de referencia.
- Unidad de enfriamiento, fabricado por Alleima Engineering GmbH, modelo Torus 1, número de serie 2024-001.

Certificados de conformidad pendientes:

- Electrolizador Hytron PEM 200-30.
- Equipo compresor, modelo KTD 100.
- Tanque Buffer.



- Sistema de almacenamiento de hidrógeno de alta presión.
- Sistema de blending de gas natural e hidrógeno.
- Certificado de Conformidad del sistema dispensador que acredite explícitamente el cumplimiento con alguna norma, código o directiva técnica aplicable.

9° Que, analizados los antecedentes presentados, es posible concluir que el proyecto especial es concordante con la normativa técnica acompañada en la solicitud de autorización, e incorpora elementos de seguridad que mitigan los riesgos en el manejo y uso del hidrógeno, respecto de los siguientes aspectos en particular:

9.1. La presentación incluye un análisis de cumplimiento de la normativa técnica seleccionada por el proyecto, respecto de su contenido relevante y de sus aplicaciones en el diseño del proyecto.

9.2. Las especificaciones técnicas de los equipos y las obras civiles señaladas en el proyecto contemplan el cumplimiento de normas, requisitos y condiciones específicas de seguridad, que deben ser consideradas por las empresas que proveerán los equipos o los contratistas encargados de la ejecución de las obras, según corresponda.

9.3. La presentación contempla una evaluación de riesgos y establece las medidas para mitigar los riesgos levantados.

9.4. La presentación contempla protocolos de seguridad que describen los sistemas de seguridad y los procedimientos necesarios para su correcto funcionamiento.

10° Que, a la luz de las consideraciones que preceden, es posible concluir que el proyecto especial presentado resulta concordante con la normativa técnica señalada en el Considerando 6° y en consecuencia, corresponderá autorizar el proyecto especial denominado “PLANTA HIDRÓGENO VERDE CABO NEGRO”, el cual será implementado en las instalaciones del Complejo Industrial Cabo Negro, en Parque Industrial Cabo Negro – ENAP, localidad de Cabo Negro, comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y la Antártica Chilena. La instalación de hidrógeno en comento, deberá cumplir con todas las disposiciones señaladas en el citado proyecto, así como con lo señalado en el artículo 2°, del DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería y con la reglamentación vigente sobre la materia, en lo que corresponda.

RESUELVO:

1° Autorízase el proyecto especial denominado “PLANTA HIDRÓGENO VERDE CABO NEGRO”, presentado por la Empresa Nacional del Petróleo, RUT 92.604.000-6, representada legalmente por don Julio Alexis Friedmann Encina, a través del instalador don Marcel Carpo, destinado a ser implementado en las instalaciones del Complejo Industrial Cabo Negro, en Parque Industrial Cabo Negro - ENAP, localidad de Cabo Negro, comuna



de Punta Arenas, Región de Magallanes y la Antártica Chilena, de acuerdo con los antecedentes y especificaciones técnicas presentadas en el proyecto aludido y que pasan a ser parte integrante de la presente Resolución, sin perjuicio de las normas técnicas que se dicten en lo sucesivo sobre la materia, y del cumplimiento de otras autorizaciones y permisos sectoriales.

2° La responsabilidad por el diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación, inspección y término definitivo de la instalación objeto de autorización, quedará radicada exclusivamente en Empresa Nacional del Petróleo.

3° Se hace presente, que la instalación deberá contar con los procedimientos de operación, mantenimiento, reparación, modificación e inspección de los respectivos equipos y accesorios que la componen, los cuales deberán estar en conocimiento del personal que operará las distintas partes de la instalación de hidrógeno, y a disposición permanente de esta Superintendencia, cuando lo solicite.

4° El operador de la instalación, Empresa Nacional del Petróleo, deberá comunicar a esta Superintendencia, los accidentes o incidentes que acontezcan en sus equipos o instalaciones, dentro de las 24 horas siguientes a la ocurrencia del hecho, o de su detección.

5° Previo a la entrada en operación, y a efectos de dar cumplimiento a lo dispuesto en el Considerando 10° de la presente Resolución, la instalación de hidrógeno en comento deberá ser inscrita ante esta Superintendencia, de acuerdo con lo señalado en el artículo 2°, del DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería, utilizando para ello, el formulario que se adjunta en la presente Resolución, y acompañando los siguientes antecedentes:

- 5.1. Formulario de declaración, según formato que se adjunta a la presente Resolución.
- 5.2. Fotocopia de la cédula de identidad del representante legal del propietario y del operador.
- 5.3. Copia legalizada de la constitución legal del propietario y operador.
- 5.4. Certificado de vigencia del propietario y operador del Registro de Comercio del Conservador de Bienes Raíces respectivo.
- 5.5. Plano de Layout general de la instalación "As Built".
- 5.6. Plano de redes de gas "As Built".
- 5.7. Memoria técnica general del proyecto.
- 5.8. Informe de pruebas y ensayos de fuga conformes de los sistemas y subsistemas y equipos, según especificaciones técnicas y normas.
- 5.9. Informe de verificación del montaje de la instalación en conformidad con las exigencias del proyecto autorizado, con las firmas del profesional proyectista responsable, según lo efectivamente instalado en terreno ("As Built").
- 5.10. Cronograma de operación de la planta piloto de hidrógeno.



- 5.11. Manual de seguridad de la instalación de hidrógeno.
- 5.12. Plan de emergencias y accidentes de la instalación de hidrógeno.
- 5.13. Certificados de conformidad pendientes, señalados en el Considerando 8° de la presente Resolución.
- 5.14. Copia de la Resolución que autoriza el presente proyecto especial.

6° La autorización concedida para el presente proyecto especial es exclusiva para el uso de tecnologías de hidrógeno y no exime del cumplimiento de las demás obligaciones sectoriales conexas a su contenido.

7° La presente resolución sólo es válida con los antecedentes tenidos a la vista por esta Superintendencia, cualquier modificación sobre el particular, deberá ser informada por el solicitante para su evaluación.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE Y ARCHÍVESE

MARTA CABEZA VARGAS

Superintendente de Electricidad y Combustibles

