

**AUTORIZA A CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICO PARA LA MINERÍA CICITEM PROYECTO ESPECIAL “PLANTA PILOTO MÓVIL PARA EL ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE GENERACIÓN DE HIDRÓGENO SOLAR EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA”, SEGÚN SE INDICA.**

**VISTOS:**

Lo dispuesto en la Ley N° 18.410, de 1985; Orgánica de esta Superintendencia, el DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería; y las Resoluciones N°6, N°7 y N°8, todas de 2019, de la Contraloría General de la República, y;

**CONSIDERANDO:**

**1°** Que mediante presentación de fecha 24.02.2023 (OP N° 202499), complementada mediante presentaciones de fechas 23.05.2023 (OP N° 217395) y 23.08.2023 (OP N° 230327) el Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM), RUT 65.937.660-1, representado legalmente por don Rubén Antonio Rojo Maturana, presentó solicitud de autorización para el proyecto especial de hidrógeno denominado “Planta piloto móvil para el estudio de evaluación del potencial de generación de hidrógeno solar en la Región de Antofagasta”, correspondiente al diseño, construcción y operación de una planta piloto móvil para producción, almacenamiento y consumo de hidrógeno, ubicada inicialmente en las instalaciones de CICITEM, en pasaje Minera Michilla 530, barrio industrial la negra, comuna de Antofagasta, en la Región de Antofagasta.

**2°** Que, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 2° del DFL N°1, de 1978, los propietarios de las instalaciones que sirvan para producción, importación, exportación, refinación, transporte, distribución, almacenamiento, abastecimiento, regasificación o comercialicen combustibles derivados del petróleo, biocombustibles líquidos, hidrógeno y combustibles a partir de hidrógeno, gases licuados combustibles y todo fluido gaseoso combustible, como gas natural, gas de red y biogás, deberán inscribirlos en el registro que debe llevar y mantener esta Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Para ello, el proyecto denominado “Planta piloto móvil para el estudio de evaluación del potencial de generación de hidrógeno solar en la región de Antofagasta” deberá contar previamente con la autorización de este Organismo Fiscalizador.

**3°** Que el proyecto presentado, consiste, en síntesis, en un sistema de producción de hidrógeno mediante ocho electrolizadores marca Enapter, con una capacidad de producción total aproximada de 8 kilogramos de hidrógeno por día si es conectado a la red eléctrica (sistema on-grid), y de 2,8 kilogramos de hidrógeno por día si se conecta a la red fotovoltaica (sistema off-grid). El hidrógeno producido se almacenará a una presión de 35 bar, en un tanque de 850 L, marca Mahytec, el cual está diseñado para almacenar hidrógeno gaseoso hasta una presión de 60 bar. Este hidrógeno almacenado será consumido por tres celdas de combustible de 1,1 kW de potencia cada una, marca Plug Power, las que transformarán el hidrógeno en energía eléctrica para uso de respaldo energético.



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

1/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

4º Que mediante carta de fecha 24.02.2023 ingresada con el OP N° 202499, el Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM) presentó los antecedentes siguientes:

#### 4.1 Introducción

##### i) Carta de Presentación

- Identificación del interesado: Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM).
- Nombre del Proyecto: Planta piloto móvil para el estudio de evaluación del potencial de generación de hidrógeno solar en la Región de Antofagasta.
- Ubicación: Todos los estudios relacionados al proyecto serán efectuados en la Región de Antofagasta. En la siguiente tabla se presentan las localizaciones específicas con sus respectivos puntos de monitoreo:

Localizaciones	Latitud	Longitud
PSDA Antofagasta	24° 5'27.72"S	69°55'42.73"O
Mejillones	23°5'43.69"S	70°25'59.41"O
Sierra Gorda	22°53'3.16"S	69°18'44.53"O
Barries	22°6'38.46"S	70°5'37.16"O
Calama	22°26'3.76"S	68°51'31.52"O
Peine	23°40'56.09"S	68° 4'8.41"O
Minera Escondida	24°16'43.79"S	69° 4'17.22"O
Estación Prat	23°29'10.25"S	70°11'6.59"O
Quillagua	21°39'24.20"S	69°31'59.02"O
Ollagüe	21°13'33.20"S	68°14'53.97"O
Parque Astronómico Atacama	23° 0'49.08"S	67°45'12.43"O
Minera Gabriela Mistral	23°25'56.34"S	68°49'14.30"O
Taltal	25°22'47.59"S	70°27'2.09"O
Universidad de Antofagasta	23°42'18.53"S	70°25'17.57"O

- Breve descripción del proyecto: El proyecto consiste en la construcción y operación de una planta piloto móvil para la evaluación del potencial de generación de hidrógeno verde solar en distintos puntos geográficos de la Región de Antofagasta. El objetivo es proporcionar las bases de conocimiento para futuros proyectos de generación de hidrógeno verde en la Región de Antofagasta y por extensión en el Desierto de Atacama. Éste contempla un sistema de generación de hidrógeno mediante ocho electrolizadores; almacenamiento del hidrógeno gaseoso, más los siguientes sistemas auxiliares: purificación de agua, secador o purificador de



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

2/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

hidrógeno, y un tanque de almacenamiento para el agua purificada. Los electrolizadores más los sistemas auxiliares estarán integrados en tres gabinetes de 19 pulgadas cada uno.

Para la producción de hidrógeno, cada electrolizador producirá 1 kg de hidrógeno por día, contando con una producción máxima de 8 kg de hidrógeno por día si funcionan conectados al sistema on-grid, mientras que mediante el sistema off-grid generan una capacidad de producción máxima de 2,8 kg de hidrógeno por día.

El hidrógeno producido será almacenado a una presión de 35 bar, en un tanque de 850 litros.

El hidrógeno almacenado será consumido por tres celdas de combustible, las que transformarán el hidrógeno en energía eléctrica para uso de respaldo energético.

- Objetivo principal del proyecto: Determinar en terreno el potencial de generación de hidrógeno verde en la región de Antofagasta, así como la evaluación del desempeño de las tecnologías de producción de hidrógeno y generación de energía eléctrica en base a hidrógeno.
  - Tipo de proyecto: Investigación.
  - Uso final del hidrógeno: Generación de energía eléctrica por medio de celdas de combustible.
  - Tipo de hidrógeno que producirá y consumirá la instalación: Verde.
- ii) Antecedentes Legales.
- Copia autorizada de escritura pública de Acta y Estatuto de CICITEM.
  - Rut 65937660-1 de CICITEM.
  - Certificado de vigencia de CICITEM.
  - Copia autorizada de escritura pública de la personería jurídica del representante legal de CICITEM.
  - Carnet del representante legal de CICITEM, don Rubén Antonio Rojo Maturana.

#### 4.2 Descripción del proyecto:

- i) Ubicación referencial del Proyecto: La ubicación inicial escogida para el proyecto se encuentra en las instalaciones de CICITEM, ubicada en pasaje Minera Michilla 530, barrio industrial la negra, comuna de Antofagasta, (coordenadas: -23.755493"S, - 70.30556"). Cabe mencionar, que la Planta Piloto Móvil tiene contemplado ubicarse en distintos puntos aislados de la Región de Antofagasta, que se indican en el punto i), del considerando 4.1), de la presente resolución.
- ii) Diagrama general de proceso: El diagrama de proceso del proyecto consta de cuatro principales etapas:
- Paneles Solares + Inversor: Fuente eléctrica para el proyecto.
  - Generación y Purificación de Hidrógeno: La energía eléctrica es distribuida en ocho electrolizadores (EZ), dos secadores de hidrógeno (HPS), estanque de agua purificada (WTM) y purificador de agua (WPS). Equipos modulares para producción de hidrógeno mediante electrólisis donde el subproducto de la电解sis del agua es hidrógeno y oxígeno, este último es liberado al ambiente. El hidrógeno producido es purificado y enviado al sistema de almacenamiento.
  - Almacenamiento de hidrógeno gaseoso: El hidrógeno producido y purificado es almacenado en un tanque de hidrógeno con capacidad de 850 L a una presión de 35 bar (el tanque soporta una presión máxima de 60 bar).



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

3/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

- Celdas de combustible estacionarias: El hidrógeno almacenado es utilizado en tres celdas de combustible que permite generar energía eléctrica para el sistema de almacenamiento de energía eléctrica (baterías).

iii) Documentos referenciales del proyecto.

- Laboratorio itinerante CICITEM layout contenedor 40 pies.
- Informe construcción planta H2
- Presentación estructuras CICITEM
- Propuestas de diseño e ingeniería proyecto Planta Piloto Móvil
- Informe construcción planta H2

iv) Referencia a otros proyectos de hidrógeno: No hay.

4.3 Normativa aplicable al proyecto. Informe de análisis comparativo del cumplimiento del proyecto en función de los requisitos de seguridad de las normas técnicas declaradas.

4.4 Diseño del proyecto

i) **Requerimiento:** El proyecto se basa en realizar pruebas de generación de hidrógeno en sitios remotos bajo distintas condiciones geográficas.

ii) **Base de Diseño:**

Descripción de la planta: La Planta Piloto Móvil, en adelante PPM, se encuentra instalada dentro de un contenedor. En la parte inferior de la PPM se encuentra un tanque de agua potable de 400 L, cuya función es suministrar el agua al equipo de osmosis inversa. El interior del contenedor se divide en dos áreas aisladas, el área de almacenamiento y de producción, separadas por una pared cortafuego RF-12. En el área de almacenamiento se destinó un sector para el acopio y traslado de sesenta paneles fotovoltaicos y un tanque de almacenamiento de hidrógeno tipo IV con un volumen de 850 L. En el área de producción se encuentran dos racks que contienen cuatro electrolizadores cada uno, dos purificadores de hidrógeno además de un tanque de almacenamiento de agua purificada. Junto a esto, un tercer rack que contiene tres celdas de combustible y un equipo de purificación de agua (WSP). Las dimensiones de los racks son 0,79 x 2,01 x 0,8 metros de largo, ancho y alto, respectivamente, con una separación de 0,1 metros entre sí. Estos racks se encuentran anclados mediante un sistema de amortiguación de mecano-cauchos tanto al piso y al techo para inhibir las vibraciones y movimientos que pudiesen dañar los equipos en su traslado. Cabe mencionar que cuenta con un sector de oficina para el manejo de los equipos desde un panel y un baño para uso del personal.

Operación de la planta:

- Generación de energía fotovoltaica: La PPM será transportada por un camión que se dirigirá a los distintos puntos de medición, ya una vez instalado se procederá con el montaje de 60 paneles fotovoltaicos, los que instalados abarcan un área aproximada de 241 m<sup>2</sup> y una potencia instalada de 30 kW, además de contar con 3 inversores de 11kW encargados de la alimentación de los equipos asociados a la generación de hidrógeno verde y un cuarto inversor de 5kW dispuesto para el consumo de equipos auxiliares (sensores, equipos de purificación de agua, iluminación, enchufes de 220V, etc.).
- Producción y almacenamiento de hidrógeno: El proceso comienza con la inyección de agua potable desde el tanque hacia el sistema de purificación. Este último utiliza el proceso de osmosis inversa, obteniendo agua purificada con una conductividad eléctrica de >20 mS/cm. Una vez purificada el agua, esta será almacenada en un estanque de 38



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

4/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

L y posteriormente será inyectada a los electrolizadores. Estos producirán hidrógeno y oxígeno a una presión de 35 bar y 1 bar, respectivamente, este último será purgado al ambiente. El hidrógeno producido será tratado para pasar desde 99,9% a 99,999% de pureza. Posteriormente, será almacenado en el tanque de almacenamiento tipo IV hasta una presión de 35 bar.

- Consumo de hidrógeno: El hidrógeno almacenado alimenta a las celdas de combustible que, en conjunto con el oxígeno extraído del aire, producirán una reacción electroquímica que generará energía eléctrica útil. Esta será aprovechada durante los períodos en los que no operen los paneles fotovoltaicos, lo que permitirá alimentar a las baterías y equipos auxiliares del contenedor.

Durante el proceso de transporte, la planta no contendrá ninguna sustancia gaseosa o líquida en su interior.

### iii) Equipos principales

Generación de Hidrógeno: Se cuenta con ocho electrolizadores que utilizan membranas de intercambio aniónico (AEM), los cuales son los encargados de producir el hidrógeno. Cada electrolizador cuenta con una producción de 500 NL por hora, lo que da un total de 8 kg de hidrógeno en su máxima capacidad durante las 24 horas del día. El hidrógeno se produce a 35 bar de presión y es almacenado a la misma presión.

Almacenamiento: Esta planta cuenta con un tanque de almacenamiento de polímero compuesto tipo IV con una capacidad de 850 L, diseñada para una presión de hasta 60 bar.

Celdas de combustible: Se instalaron tres celdas de combustibles (1,1 kW) de marca Plug Power en base a tecnología PEM (Proton Exchange Membrane), las cuales consumirán el hidrógeno almacenado para generar energía eléctrica mediante una reacción electroquímica.

### iv) Planos y Memorias de cálculo

- Memoria de cálculo, que considera los principales equipos, como también los elementos auxiliares como iluminación y computadores.
- Plano de diseño del tráiler.
- Plano eléctrico, PL-DÑO-01 en Rev 1.
- Distancias mínimas de seguridad.
- P&ID Generación de hidrógeno, plano N° DHID.CIC1-PID01.R0, en Rev 0.
- P&ID Generación de hidrógeno, plano N° DHID.CIC1-PID02.R0, en Rev 0.
- Planta de hidrógeno. Diseño eléctrico de distribución Rack 1, 2 y 3. 23 láminas en Rev A.

## 4.5 Seguridad de Instalaciones

- Estudio de Evaluación de riesgo del sistema: Los riesgos levantados se efectúan mediante la identificación de peligros y la evaluación y control de riesgos (IPECR) y se encuentran detallados en los documentos "IPECR-001 CICITEM.pdf" y "Matriz IPECR CICITEMPPM HV V2.xlsx".
- Matriz con medidas de mitigación de riesgo: La documentación asociada se encuentra en la carpeta 5 "Seguridad en las instalaciones", en la sección 5.2 "Matriz con medidas de mitigación de riesgo" y corresponden a los documentos "Matriz de eventos asociados a



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

5/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

emergencias.pdf", "PPRAE-001 CICITEM.pdf" y "Procedimientos de Trabajo Seguro PPM H2.pdf".

- iii) Clasificación de zonas de riesgo: Según la naturaleza del hidrógeno (inflamable) se clasifica en el Grupo II, según Pliego Técnico Normativo RIC N°12 sección 7.5.1.
- iv) Descripción de los sistemas de seguridad de la instalación: La planta cuenta con dos métodos de parada de emergencia, uno gatillado por sensores de concentración de hidrógeno y otro por un botón de parada de emergencia de acción manual. En ambos casos, de activarse el sistema de parada de emergencia se activará una baliza con sirena para indicar a los operadores que deben activar el protocolo de emergencia y simultáneamente se enviará una señal de detención a los equipos desde el PLC. La descripción se encuentra detallada en los documentos "Anexo 3" – Protocolo de seguridad.pdf" y "Procedimiento de aislación y bloqueo.pdf".
- v) Estudio de cálculo de áreas clasificadas: Para el estudio de las áreas clasificadas se utilizó la norma NFPA 2/2020.

Área Específica	Clasificación	Extensión de área clasificada
Viento en techo	Área clasificada 1, división 1, Grupo B	Entre 0 m y 0,9 m
Viento en techo (tanque)	Área clasificada 1, división 2, Grupo B	Entre 0,9 m y 4,6 m
Almacenamiento	Área clasificada 1, división 2, Grupo B	Entre 0,9 m y 4,6 m

4.6 Evaluación de Conformidad: Los antecedentes que demuestran la conformidad de los principales equipos y componentes que forman parte de la planta piloto móvil de hidrógeno serán entregados al momento de realizar la inscripción de la instalación. A modo de complemento, se adjuntaron fotografías de placas y las fichas de especificación técnica de los equipos principales.

**5°** Que mediante Oficio ORD. SEC N° 167319, de fecha 14.04.2023, esta Superintendencia remitió observaciones a CICITEM, respecto de los antecedentes presentados con fecha 24.02.2023 mediante ingreso OP N° 202499.

**6°** Que a través de Ingreso OP N° 217395, de fecha 23.05.2023, el Sr. Lindley Maxwell Villacorta en representación de CICITEM, da respuesta al Oficio ORD SEC N° 167319, complementando el proyecto especial de hidrógeno en lo siguiente:

- 6.1 Carta respuesta a Oficio N° 167319 de fecha 14.04.2023.
- 6.2 Matriz IPECR CICITEM - PPM HV-r1.
- 6.3 Cálculo estructural PPM - Memoria de cálculo de la verificación sísmica.

**7°** Que a través de Oficio ORD. SEC N° 185977, de fecha 14.08.2023, esta Superintendencia remitió observaciones a CICITEM, respecto de los antecedentes complementarios presentados con fecha 23.05.2023 (OP N° 217395).

**8°** Que mediante ingreso OP N° 230327, de fecha 21.08.2023, CICITEM, comunica acerca de la actualización y complemento de algunos antecedentes del proyecto especial en análisis, en lo pertinente, informa lo siguiente:



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

6/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

- 8.1 Carta respuesta a Oficio N° 185977 de fecha 14.08.2023.
- 8.2 Matriz IPECR CICITEM - PPM HV-v2.
- 8.3 Matriz de comparación normativa Proy H2 CICITEM V2.

**9º** Que el diseño, construcción y operación del proyecto especial presentado se basa en las normas técnicas y códigos que se detallan en el siguiente cuadro:

Nº	Código/Estandar	Contenido	Año
1	NFPA 2	Hydrogen Technologies Code	2020
2	ASME B31.12	Hydrogen Piping & Pipelines	2014
3	NFPA 497	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous	2021

El detalle de los aspectos que aplican de las normas de referencia al proyecto se muestra a continuación:

#### 9.1. NFPA 2 - Hydrogen Technologies Code (2020)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
1	6.1.1.3 Clasificación de zonas (Donde el H2 es almacenado o usado) (NFPA 55:6.1.1.2)	No aplicaría para este caso debido a que el volumen del estanque es de 2 m <sup>3</sup> lo cual es inferior al límite (MAQ) de 28 m <sup>3</sup> .
2	6.4.1.1.1 Se debe contar con válvulas de alivio de presión que venteen directo al exterior. en casos que se exceda a los valores de la tabla 6.4.1.1.1	No aplica porque se cuenta con capacidad inferior a 28 m <sup>3</sup> según tabla 6.4.1.1.1 pero se cuenta con válvula de alivio de presión a la salida del almacenamiento.
3	6.5 Piping. Se considera que el diseño e instalación de tuberías debe aplicar las secciones de ASME B31 y 701.1.2.3, 704.1.2.4 y 704.1.2.5 de ICC internacional I fuel gas code	Tuberías, fitting y válvulas de acero inoxidable 316/316L y diámetros entre 1/4 y 3/8 pulgadas con espesores entre 0,088 y 0,091 pulgadas de acuerdo a recomendaciones de fabricante (Swagelok) según ASME B31.3.
4	6.5.1.2 Las uniones deben tener un punto de fundición de 538°C	Conexiones estándar recomendadas para uso con hidrógeno (no soldadas) según recomendación de fabricante (Swagelok).
5	6.5.1.5 Sistemas de prevención de Backflow (contraflujo) NFPA 55 7.3.1.3.2	Válvulas de retención entre equipos para evitar retornos de purgas y venteos O2/H2/H21
6	6.5.2 Ensamblaje de partes tuberías y componentes	Todos los componentes en contactos con H2 son indicados para uso con hidrógeno por el fabricante.
7	6.6 Sala adaptada para gas. Debe cumplir con los requerimientos de 6.6.5	El estanque de almacenamiento de H2 se encuentra aislado de la sala de producción de H2 por un muro cortafuegos F-120.
8	6.6.1 Control de presión: Debe operar a presión negativa en relación a las áreas de alrededor 55:6.4.1	La sala se encuentra aislada de cualquier conexión eléctrica y de cualquier índole que pudiese ocurrir en alguna falta a la norma.
9	6.6.2 ventilación: Debe contar con un sistema de ventilación 55:6.4.2	La sala posee ventilación por escotilla y ventanilla en pared lateral.
10	6.6.4 separación: La sala debe estar	El estanque de almacenamiento de H2 se



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

7/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
	separada por una pared con 1 hora de resistencia al fuego, 55:6.4.4	encuentra aislado de la sala de producción de H2 por un muro cortafuegos F-120.
11	6.7 Protección contra el clima	El contenedor cumple con las condiciones óptimas para el trabajo a diferentes temperaturas y ambientes acordes a las situaciones climatológicas desérticas de la región de Antofagasta.
12	6.8.2 Energía de emergencia: cuando se requiera de energía de emergencia, el sistema considerar un sistema de nivel 2 que cumpla con los requerimientos de NFPA 110 o NFPA 111.	La energía de emergencia está sujeta a capacidad de banco de baterías interno de la planta.
13	6.9 Sistema de alarmas para los empleados: Requeridos por la regulación del gobierno local. Para avisar a los trabajadores de los riesgos y procedimientos de mitigación o evacuación	Instalación de alarma con sensor para fuga de hidrógeno. Capacitación para personal sobre riesgos asociados, evacuación y PEE en caso de emergencias.
14	6.12.1 Manual del sistema de alarma de incendio debe ser provisto	Instalación de alarma manual contra incendios. Procedimiento para combatir incendio. Uso de extintores
15	6.12.2 El sistema de ser diseñado, instalado y mantenido de acuerdo con NFPA 72	Instalación acorde a NFPA 72
16	6.13.1 Los sistemas incorporados deben ser listados o aprobados.	Se cuenta con 2 detectores de hidrógeno marca Dragger en caso de fuga instalados en cada lado de la pared cortafuegos F-120.
17	6.13.2 Estos sistemas deben ser diseñados, instalados, testeados, inspeccionados, calibrados y mantenidos de acuerdo con los requerimientos del fabricante y los requerimientos de los equipos utilizados. (personal capacitado) 6.13.2.1.1 Testeos deben ser realizados al menos anualmente. 6.13.2.1.2 El registro debe mantenerse al menos por 3 años.	Sistemas indicados por fabricante Plug Power y comisionados, calibrados y mantenidos anualmente por personal autorizado por el fabricante.
18	6.14 Iluminación: Las áreas de uso y almacenamiento deben contar con luz natural o artificial (55:6.12)	Se consideran luces led empotradas en la pared lateral instaladas por fuera.
19	6.16.1 Deben ser construidos en materiales no combustibles y diseñados para soportar el peso	Contenedor construido con material no combustible y diseñados para soportar tanto el peso como vibración por el traslado esporádico de la planta dentro de la región.
20	6.16.2 Deben ser seguros en escenarios de volcamiento	Ambos racks que contienen a los equipos están enganchados a amortiguadores del tipo mecano cauchos y al techo del contenedor para evitar que estos se vuelquen en cualquier tipo de escenario de accidentes por traslado de la planta.
21	6.17.1 La salida del venteo debe estar al menos 3 metros sobre el suelo o 0.61 sobre los equipos adyacentes o 1.5 metros sobre el techo	Cumple, diseño de venteo por fabricante con altura superior a 3 m diseñado en base a CGA G-5.5. Ver ejemplo para contenedor de 40 pies en anexo 1 MW área classification.
22	6.17.2 Las salidas deben estar ubicadas afuera y lejos de áreas de personal, fuentes de ignición, entradas de aire, áreas abiertas y	Cumple, diseño de venteo por fabricante con altura superior a 3 m diseñado en base a CGA G-5.5. Ver layout y ubicación de contenedor.



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

8/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
	voladizos.	
23	6.18 Ventilación: Almacenamiento en entornos cerrados y áreas de uso deben contar con ventilación mecánica o ventilación natural.	Se cuenta con ventanillas dispuestas en las paredes laterales del contenedor, además de contar con paredes abatibles en caso de que la planta se encuentre estacionada para mejor ventilación.
24	6.18.2.1.7 Descarga de la ventilación: la mezcla de aire+H2 debe terminar en un punto en el exterior no menor a 9.1 m de los límites de la propiedad, 3 m de las áreas abiertas de la estructura, 1.8 m de la pared exterior y techo, 9.1 de paredes inflamables y áreas abiertas en el edificio que están en dirección de las descarga y 3 m sobre estructura contigua**	Se cuenta con un sistema de purga a 2 metros de la pared exterior y techo.
25	6.19.3 Límite de cantidad: Los gabinetes de gas no deben contener más de 3 cilindros, contenedores o estanques.	Se posee solo 1 tanque aislado.
26	6.21.1 Debe estar marcada	Válvula de conexión a sistema de mezclado debe estar marcada.
27	6.21.2 Debe encontrarse en el plano del diseño de las instalaciones	Aparece en plano de diseño y planos finales de la planta.
28	6.22 Limpieza y purga del sistema de piping (procedimientos, medidas y condiciones de limpieza y purga)	Se considera proceso de limpieza y purga de tuberías en la puesta en marcha para asegurar calidad y niveles de pureza y frente a eventos de cambio como se indica en NFPA 2. Mas detalle se proveerá en manual del electrolizador el cual se encontrará disponible en la instalación acorde a 6.22.1.3.3.
29	7.1.2 Sistemas con H2 Gaseoso	Controles diseñados para prevenir mal circulación o presencia indebida de hidrógeno. Controles automáticos acorde a 7.1.2.3.2 Ver sistemas de seguridad electrolizador (anexos).
30	7.1.3 Equipamiento certificado	Todo equipamiento utilizado en la instalación cuenta con especificación del fabricante para uso con hidrógeno. Ver certificaciones.
31	7.1.5 Cilindros, contenedores y tanques	Cilindros de almacenamiento de H2G utilizados cuentan con certificación. Ver certificación (7.1.5.1). Soporte metálico no combustible diseñado para peso y especificaciones del equipo. Tres cilindros. (7.1.5.3).
32	7.1.5.5 Las Válvulas deben ser dispuesta de tal modo que liberen el gas a la atmósfera de forma segura (estructura adyacente, personal)	Válvula ubicada en la sala de producción de H2, fuera de la sala de almacenamiento donde se dispone el estanque de almacenamiento.
33	7.1.5.6 Diseñado en ubicaciones donde no pueda acumularse humedad y congelarse.	La válvula se encuentra en un lugar interno de la planta para su protección de condiciones climáticas.
34	7.1.6 Etiquetas (almacenamiento, mantenimiento, cilindros, tanques, piping, advertencias peligros)	Se utilizará normativa chilena de sustancias peligrosas para etiquetado de cilindros. Se utilizará cartel de advertencia y demarcación de zona de instalaciones de hidrógeno utilizando guía de NFPA2 7.1.6.5.2 pero en idioma español y tomando como principal guía normativa chilena.



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

9/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
35	7.1.7 Seguridad	
36	7.1.7.2 Áreas	La planta tiene restricción de acceso a cualquier persona ajena al proyecto sin antes tener una capacitación y charla sobre seguridad. Posee de marcación de equipos, peligros asociados y señalética de advertencia.
37	7.1.7.3 Protección física	Existen barreras dispuestas para protección una vez que las paredes abatibles se encuentran abajo. Existe señalética que advierte de peligro por toda la planta.
38	7.1.7.4 Asegurar Cilindros GH2, Containers y estanques	Los equipos están afianzados a la pared (inversores) mientras que los electrolizadores, fuel cell y planta de osmosis inversa se encuentran protegidos por rack de acero anclados a suelo.
39	7.1.8 Protección de Válvulas de cilindros, contenedor o tanques	No requerido por ser sistema estacionario (7.1.8.1.1.1)
40	7.1.8.2 tapas Protección de Válvulas (se deberá mantener la tapa todo el tiempo, excepto cuando está vacío, reemplazo o conectado para usos.)	En caso de existir válvulas con tapa se cumplirá requerimiento de artículo. Diseño final y especificaciones de válvulas por determinar en diseño de planta.
41	7.1.9 Separación para evitar condiciones de peligros	Distancia mayor a 3,1 m de electrolizador y almacenamiento a cualquier otro tipo de estructura o material externo a planta. Ver layout.
42	7.1.9.1.1 Separación de 10ft o 3.1 m de cualquier residuo inflamable, vegetación, y materiales similares.	Distancia mayor a 3,1 m de electrolizador y almacenamiento a vegetación o material inflamable. Ver layout.
43	7.1.9.1.2 No debe existir elevadores, plataformas o alturas cercanas el estanque. Se debe evitar tener el tanque en alturas superiores a la mitad de la altura del tanque.	El estanque se encuentra a nivel de suelo dentro del contenedor, el cual está montado sobre un semirremolque a 1.5 m del suelo.
44	7.1.9.1.3 Temperaturas extremas: No debe ser expuesto directamente al sol y no debe superar temperaturas ambientales de 52 °C	Estanque apto para uso exterior y temperaturas de 200 F (93 C). Además, se cuenta con extractor de aire para viento de aire caliente emitido por equipos tanto fuel cell como electrolizadores.
45	7.1.9.1.4 Caída de objetos	Estructuras fijas a piso y/o ancladas a pared a 60cm de suelo como máximo.
46	7.1.9.1.5 Sistemas de calefacción eléctricos	No existen sistemas de calefacción eléctricos dentro de la planta.
47	7.1.9.1.6 Fuentes de ignición	No existen fuentes de ignición cercanas a la planta de H2 (6 m).
48	7.9.1.7 Expuesto a químicos	No existen compuestos químicos peligrosos cercanos al contenedor.
49	7.9.1.8 Expuesto a circuitos eléctricos	Circuitos eléctricos no se encuentran en zona de estanque. Circuitos asociados a electrolizador en sala eléctrica dentro del contenedor.
50	7.1.10 Servicio y reparación debe ser realizada por personal capacitado	Mantenciones menores serán realizadas por personal capacitado, y mantenciones mayores realizadas por personal externo designado por fabricante (TRA-Plug Power).



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

10/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
51	7.1.11 Uso no autorizado. No debe ser utilizado para propósitos diferentes del cual diseñado	Operación realizada por personal capacitado de CICITEM.
52	7.1.12 Cilindros expuesto a fuego: Los cilindros que fueron expuesto a fuego no deben ser utilizados hasta que no hayan sido revisados por personal experto.	En caso de fuego ningún equipo será utilizado antes de ser revisado por personal capacitado. Protocolo de seguridad.
53	7.1.13 Fugas, daño y corrosión:	Procedimientos de detención, reemplazo, reparación, manipulación en caso de fuga, daño o corrosión.
54	7.1.14 Superficie: el cilindro debe ser protegido de corrosión, por lo que no debe estar en contacto directo con el suelo o de agua.	Estanque posee una estructura de soporte que lo eleva del nivel del suelo a 20cm del suelo.
55	7.1.15 Válvulas	Diseño e instalación de Válvulas serán realizadas de acuerdo a los usos especificados por el fabricante y según diseño de planta (apto para uso con H2).
56	7.1.16 Sistema de venteo.	Los sistemas de venteo cumplen con la CGA G5.5 ver anexo Área classification.
57	7.1.19 Compresión y equipos de procesamiento: Deberá ser diseñado para el uso específico de gas de H2	Se consideran dos secadores de H2 que cumple con las condiciones de operación del sistema. No se considera sistema de compresión, debido a que el proyecto es netamente de investigación
58	7.1.19.3 sistema de parado de emergencia	Sistema de detención de emergencia se encuentra en tablero de distribución.
59	7.1.22 Recinto de equipos de hidrógeno (generación)	Contenedor de 12 m de largo por 2.5m de ancho y 2.5m de alto construido de material específico acorde a las condiciones climatológicas de la zona, con tuberías y conexionado interno protegido por bandejas.
60	7.1.22.3 sistema de venteo de hidrógeno	Tubería de venteo al exterior y de acuerdo con 7.1.16.2. Medición de concentración de H2 y O2 dentro del contenedor. Ver sistemas de emergencia.
61	7.1.22.4	El electrolizador solo operará con la ventilación interna funcionando adecuadamente. Ver sistemas de emergencia.
62	7.1.22.13 Sistema de apagado de emergencia	La planta cuenta con botón manual de apagado de emergencia además de sistemas automáticos en función de detección de gas, los cuales dejan de funcionar en caso de fuga.
63	7.1.22.14 Detección.	Contenedor cuenta con detección de gases h2 y O2 según especificado en sistemas de emergencia, así como también detección de llamas. Electrolizador sólo opera si ambos sistemas de ventilación funcionan correctamente.
64	7.1.23 Válvula de Parada de emergencia.	Sistema manual de apagado de emergencia fuera del contenedor.
65	7.1.25 Fuentes de ignición	Todos los equipos serán instalados y conectados adecuadamente a tierra. Se



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

11/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
		consideran señaléticas de no fumadores o el uso de fuego en una zona no menor a 7.6 m. normativa chilena.
66	7.1.26 instrucciones Operación	Se considera capacitación de operación en base a manuales de fabricantes y se mantendrá una copia del manual en español cercana a los equipos. Además, se cuenta con manual realizado por empresa a cargo del montaje e instalación de equipos TRA BUSSO Group.
67	7.2.1 Diseño a prueba fallas automática (válvulas vuelvan a posición segura, monitoreo remoto, sensores, sistemas de alertas), diseño seguro: Estanques de acuerdo a normas de presión y resistencia al fuego, marcado con nombre Hidrógeno y rombo NFPA según, válvulas de cierre en puerto descarga.	Consideraciones de diseño del fabricante de los equipos. Se utiliza acero inoxidable para el transporte de hidrógeno con sus respectivas certificaciones adjuntas en carpeta. Se consideran muros de resistencia al fuego RF 120 que aislan la sala de operaciones de H2.
68	7.2.2 Uso de Materiales resistentes a temperaturas de operación, evitar fragilidad de hidrógeno, compatibilidad de metales utilizados. Estos deben responder a ISO 11114 - 40 materiales resistentes al hidrógeno aceros inoxidables o de baja aleación. cilindros para transporte deben responder a ISO 1119, ISO 19881 para almacenamiento, e ISO 19884 para aplicaciones estacionarias. Materiales construcción adecuado limpieza del sistema de hidrógeno. Debe diseñarse para mantenerse limpio. Establecer procedimiento limpieza.	Además, se consideran válvulas de alivio de presión y venteos con distancias seguras de acuerdo a NFPA 2 y fabricante.
69	7.2.3 consideraciones de componentes y recipiente: Incluir sistema de alivio de presión adecuados por volumen almacenado y evitar una sobrepresión del sistema.	Se incluye.
70	7.2.3.1.1 Diámetro interno máximo tuberías	Se cumple utilizando diámetros de tubería inferior al máximo de 18,97 mm según tabla 7.3.2.3.2.1.1 para sistema de 35 o 40 bar.
71	7.2.5 Tuberías, conexiones y juntas	Instaladas según normativa.
72	7.2.6 Limpieza	Según manual de operación entregado por empresa a cargo de la instalación de los equipos.
73	7.2.7 Componentes de alivio presión, filtros instrumentación y control	Según manual de operación entregado por empresa a cargo de la instalación de los equipos.
74	7.3.3 Eliminar las fuentes de ignición como:	
75	7.3.3.1 por electricidad (estática, carga eléctrica por equipos de apoyo, arco eléctrico, relámpagos.)	Consideración de ventilación en sala de operaciones, para reducir la probabilidad de generar una atmósfera a través de la apertura de escotillas, ventanas laterales y puertas abatibles.
76	7.3.3.2 mecánicos (impactos, fricción, vibración mecánica)	Consideración de ventilación en sala de operaciones, para reducir la probabilidad de



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

12/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
		generar una atmósfera a través de la apertura de escotillas, ventanas laterales y puertas abatibles.
77	7.3.3.3 temperatura (llamas abiertas, cargas explosivas, químicos reactivos).	Consideración de ventilación en sala de operaciones, para reducir la probabilidad de generar una atmósfera a través de la apertura de escotillas, ventanas laterales y puertas abatibles.
78	7.3.4 Estrategias para evitar detonaciones y deflagración. Uso apagallamas, Evitar confinamiento	Consideración de ventilación en sala de operaciones, para reducir la probabilidad de generar una atmósfera a través de la apertura de escotillas, ventanas laterales y puertas abatibles.
79	7.4.1 Sistema de detección fuga de gas. 7.4.2 Sistema detección de fuego	Se considera pintura antiestática y anti ignífuga para contenedor. Además, se considera una barra de cobre para la puesta a tierra de contenedor y evitar fuegos eléctricos por cargas indebidas.
80	7.5.1 lugar	Lugar con acceso restringido solo para personal autorizado.
81	7.5.3 Exclusión de áreas (limitar acceso, operaciones aprobadas, letreros, rejas aparte áreas críticas)	Áreas críticas y de peligro delimitadas y señalizadas según norma de seguridad.
82	7.5.5 Equipos control seguridad (sistema advertencias condiciones anormales, controles flujos caudal, válvulas de seguridad, software)	Sistema de monitoreo y sensores de seguridad. Equipos con sistemas de apagado automático ante detección de fugas.
83	7.5.6 Eliminación intencional de hidrógeno (Los sistemas de ventilación deben ubicarse de manera que el hidrógeno no ingrese a las tomas de aire y protección contra rayos)	Purga y venteos instalados de acuerdo a normativa.
84	7.5.8 Ventilación (eliminar hidrógeno de los espacios confinados hacia afuera, Ventilación natural o forzada)	Ventilación mediante apertura de escotillas, ventanas laterales y puertas abatibles
85	7.5.9 Componentes eléctricos (deben ser certificados o aprobados para entorno de hidrógeno) equipos deben estar conectados a tierras y con sello de polímero)	Se considera materiales aislantes y barras de cobre para conexión a tierra.
86	7.5.10 Alarms audibles visible o ambas (fuga hidrógeno, fuego, presión alta trabajo, posición de válvulas)	Se considerará alarma visible y audible para los riesgos considerados.
87	7.5.11 Los sistemas de protección contra incendios pueden ser automáticos o manuales (extintores PQS, sprinklers o cortinas de agua).	Se considerarán sistemas de polvo químico en seco PQS o CO2 en caso de incendio en sala de electrolizadores y procedimientos a seguir en caso de incendio según normativa.
88	7.6.2 Procedimientos de operación	Procedimientos de operación y mantenimiento de acuerdo a manual entregado por empresa instaladora de los equipos. Manual y procedimiento de trabajo seguro elaborado internamente.
89	7.6.3 Equipos de protección personal	Procedimientos de operación y mantenimiento de acuerdo a manual entregado por empresa instaladora de los equipos. Manual y



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

13/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
		procedimiento de trabajo seguro elaborado internamente.
90	7.6.5 Transporte	Procedimientos de operación y mantenimiento de acuerdos a manual entregado por empresa instaladora de los equipos. Manual y procedimiento de trabajo seguro elaborado internamente.
91	7.6.6 Operación de almacenamiento y transferencia	Procedimientos de operación y mantenimiento de acuerdos a manual entregado por empresa instaladora de los equipos. Manual y procedimiento de trabajo seguro elaborado internamente.
92	7.6.7 Procedimiento emergencia	Procedimientos de operación y mantenimiento de acuerdos a manual entregado por empresa instaladora de los equipos. Manual y procedimiento de trabajo seguro elaborado internamente.
93	12.2.1.1 Las celdas de combustible del proyecto se deben instalar de acuerdo con las instrucciones del fabricante	Se adjunta manual de fabricante de celdas de combustible Plug Power.
94	12.3.1.1.1 Las celdas de combustible pre-empaquetadas, autónomas y estacionarias, se deben diseñar, probar y enlistar de acuerdo con lo establecido en la norma ANSI/CSA FC1, Fuel Cell Technologies Part 3-100: Stationary Fuel Cell Power SystemsSafety	Fabricante cumple con las normas señaladas (Plug Power).
95	12.4.1 Los sistemas de almacenamiento conectados para dar funcionamiento a celdas de combustible estacionarias deben cumplir con lo descrito en la norma NFPA 853 (Estándar para instalación de sistemas de celdas de combustible)	La instalación de equipos cumplirá con todo lo señalado por el fabricante. (NFPA 853/ 9.3.6.4 La celda de combustible considera un sistema de detección de fuga y aislamiento automático el cual está integrado al dispositivo y es interno).
96	13.1.1.1 Este capítulo se aplicará a sistemas de generación de hidrógeno permanentes con una capacidad nominal mayor a 36 g/h y menor a 100 kg/h.	Aplica debido a que se producen 330gr/h.
97	13.2.2.1 Las tuberías, válvulas y accesorios del sistema desde la generación hacia otros equipos, incluidos los sistemas de almacenamiento, deben cumplir con la norma ASME B31 - Code for Pressure Piping	Tuberías, fitting y válvulas de acero inoxidable 316/316L y diámetros entre 1/4 y 3/8 pulgadas con espesores entre 0,088 y 0,091 pulgadas de acuerdo a recomendaciones de fabricante (Swagelok) según ASME B31.3.
98	13.2.4 Los sistemas de generación de hidrógeno se instalarán cumpliendo con lo siguiente: (1) Sobre una base firme con capacidad de soportar el equipo y accesorios según ASCE-7 - Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures. (2) En una ubicación anclada y protegida de bajas temperaturas y eventos sísmicos. (3) Debe considerar restricción de acceso a personas no autorizadas, garantizando accesos de emergencia para bomberos.	(1) Contenedor sobre semiremolque de 12 metros de largo. (2) estructura y enfriadura diseñada para temperaturas desérticas en diferentes estaciones del año, cuenta con aislación térmica. (3) Acceso restringido y solo autorizado una vez se capaciten a las personas para acceder a la planta. (4) Operatividad de la planta se realizará en sectores aislados a la comunidad, en zonas desérticas.



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

14/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
	<p>(4) Fuera de algún área potencialmente peligrosa de acuerdo a lo definido en NFPA 70 - Artículo 500, a menos que esté aprobado para tales áreas.</p> <p>(5) La ventilación del sistema de generación debe cumplir con la sección 6.17.</p> <p>(6) Los controles de seguridad deben cumplir con la norma NFPA 79 (Estándar eléctrico para maquinaria industrial)</p>	<p>(5) Se considera venteo a una distancia de 3 metros a otros venteos y altura 1.5 m sobre el techo. Venteos y purgas fuera del contenedor y dirección contraria a ubicación de personal.</p> <p>(6) Equipos cuentan con controles internos de seguridad y operatividad en caso de cualquier eventualidad fuera de la operación normal de la planta.</p>
99	<p>13.2.5.1 En adición a lo establecido en 13.2.4, para sistemas de generación en interiores se debe cumplir:</p> <p>Las distancias de separación de los equipos del sistema de generación de hidrógeno con volúmenes menores o iguales a (MAQ definido en 6.4.1.1) deben cumplir con lo establecido en tabla 7.2.2.2 o 7.3.2.3 (la menor exigencia entre ellos).</p> <p>No se exigirá que un sistema de generación de hidrógeno y el almacenamiento de hidrógeno asociado con volúmenes internos inferiores o iguales al MAQ definido en 6.4.1.1 dispongan de una separación resistente al fuego.</p>	<p>Se considera una distancia de seguridad de acuerdo con tabla 7.2.2.2 y norma local (6 metros de separación) para el sistema de almacenamiento y sala con electrolizadores. Se considera un muro cortafuegos RF120 entre la pared que separa los racks de electrolizadores y fuel cell con la de almacenamiento.</p>
100	<p>13.2.5.2 Un sistema de generación instalado en interiores debe ubicarse en un área ventilada cumpliendo con lo dispuesto en la sección 6.18</p>	<p>Cumple de acuerdo con consideración de ventilación inicial</p> <p>(Se sobredimensiona la extracción de aire de la sala de electrolizador por lo que no se considera medición de porcentaje de O<sub>2</sub> o H<sub>2</sub> al interior). Además, se cuenta con paredes abatibles para mejor ventilación del sector.</p>
101	<p>13.2.6 (1) El sistema debe estar anclado, ubicado y protegido de manera que el sistema y el equipo no se verán afectados negativamente por lluvia, nieve, hielo, viento y relámpagos.</p> <p>(2) Distancias de separación del sistema de generación de hidrógeno. equipos con volúmenes internos superiores al MAQ definidas en 6.4.1.1 a partir de exposiciones deben estar de acuerdo con 7.3.2.3.</p> <p>(3) Las distancias de separación del sistema de generación de hidrógeno con volúmenes internos inferiores o iguales al MAQ deben ser las indicadas en 7.2.2.3 o 7.3.2.3, la que sea menor.</p> <p>(4) Un sistema de generación de hidrógeno y el almacenamiento de hidrógeno asociado con volúmenes internos inferiores o iguales al MAQ definida en el punto 6.4.1.1 no estarán obligados a tener una separación cortafuegos.</p>	<p>(1) Sistema dispuesto en contenedor sobre semirremolque móvil, con paredes aislantes y diseñadas para el clima desértico tanto de día como de noche.</p> <p>(2) N/A.</p> <p>(3) Sistemas distribuidos en 2 rack donde se distribuyen 4 electrolizadores por cada rack, además de un Water Tank Module y 2 Dryer.</p> <p>(4) Separación del sistema de generación de hidrogeno por medio de pared cortafuego F-120.</p>
102	13.3 Electrolizadores	Electrolizador con certificación (13.3.1.1.2), outdoor en contenedor marítimo (13.3.1.4)



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

15/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Nº	Contenido Relevante	Aplicación en el Proyecto
103	13.3.1.1.2 Los electrolizadores deben estar enlistados o aprobados para su uso.	Todos los equipos se encuentran certificados.
104	13.3.1.2.1 Si se requiere ventilación mecánica, se debe proporcionar un control que permita apagar el electrolizador en caso de pérdida de ventilación.	Se considera la apertura de puertas abatibles para mejor ventilación del área de los electrolizadores.
105	13.3.1.2.3 La ventilación de los electrolizadores en interior se ajustará a las instrucciones de instalación del fabricante y al siguiente punto: (2) Uso de ventilación constante suficiente para mantener una concentración promedio de gas H <sub>2</sub> dentro de la habitación por debajo del 25% de LFL basado en la fuga de hidrógeno máxima anticipada según lo determinado por las instrucciones de instalación del fabricante.	Se considera la apertura de puertas abatibles para mejor ventilación del área de los electrolizadores.
106	13.4.1.2 Las tuberías, válvulas y accesorios de hidrógeno desde el electrolizador al sistema de almacenamiento deben estar de acuerdo con la normativa ASME B31.12 - Tuberías y tuberías de hidrógeno.	Véase 6.5.
107	13.4 Almacenamiento para instalaciones con electrolizadores	Instalaciones realizadas de acuerdo a normas.
108	13.4.1.2 Las tuberías, válvulas y accesorios de hidrógeno desde el electrolizador al sistema de almacenamiento deben estar de acuerdo con la normativa ASME B31.12 - Tuberías y tuberías de hidrógeno.	Válvulas y tuberías según ASME B31.12 (ver 6.5 y 13.2.2.1).

## 9.2. ASME B31.12 “Hydrogen Piping & Pipelines” (2014)

Nº	Sección	Aplicación en el proyecto
1	Tipo y diámetro de tuberías utilizadas	Tuberías, fitting y válvulas de acero inoxidable 316/316L y diámetros entre 1/4 y 3/8 pulgadas con espesores entre 0,088 y 0,091 pulgadas.

## 9.3. NFPA 497:2021 Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous

Nº	Sección	Aplicación en el proyecto
1	5.10.8 (b) Almacenamiento de hidrógeno gaseoso localizado de forma exterior al edificio de generación de H <sub>2</sub>	La instalación cuenta con una salida de purga de H <sub>2</sub> de 4.57 m de radio sobre el techo de la planta sin interferencia.

10° Que los riesgos levantados se efectúan mediante la identificación de peligros y la evaluación y control de riesgos (IPECR), y la descripción de las medidas de mitigación, como consecuencia de eventuales desviaciones en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de la instalación, de los cuales se extraen aquellos relevantes y que se



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

V°B° GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

16/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

relacionan con los aspectos de seguridad asociados a la instalación de hidrógeno, según se indica a continuación:

Actividad/ Instalación	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
Puesta en marcha de PPM de hidrógeno verde post traslado	Fugas. Cargas estáticas. Deterioro de equipos.	Mal funcionamiento de planta piloto móvil de hidrógeno verde.	Moderado	<p>La puesta en marcha de la PPHV debe considerar las siguientes acciones:</p> <p>Inspección visual del sistema en particular con respecto a la abrasión. inspección mecánica: cada elemento del sistema, como accesorios, juntas, soldaduras, debe ser verificado de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante. Comprobar la estanqueidad de los componente con un gas inerte: los accesorios deben probarse mediante un depósito de agua cargado con un producto tensoactivo (jabón): la posible fuga se puede detectar donde hay burbujas en los accesorios generados.</p>
Operación PPM de hidrógeno verde	Purga de gases. Formación de mezclas inflamables .	Incendio / Explosión	Moderado	<ol style="list-style-type: none"> <li>Evacuar el equipo y romper el vacío con un gas inerte, como nitrógeno. purgar con un gas inerte si el diseño del equipo no permite la evacuación.</li> <li>Repita el paso 1 al menos tres veces. Si hay equipo analítico disponible, purgue el sistema hasta que el contenido de oxígeno del gas residual es menor o cumple con el nivel de impureza especificado en el proceso.</li> <li>Introducir el hidrógeno en el equipo.</li> <li>Lave el sistema con hidrógeno hasta alcanzar la pureza requerida. Ventile todo el hidrógeno residual a través del sistema de purga. Cualquier método de purga debe repetirse tantas veces como sea necesario para asegurarse de que no se puede formar una mezcla inflamable al introducir hidrógeno o aire en el sistema.</li> </ol>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

17/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ Instalación	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
Operación PPM de hidrógeno verde	Hidrógeno Proceso de ventilación deficiente.	Incendio / Explosión	Moderado	<p>Proporcionar y mantener una ventilación adecuada garantizando que no se desarrolle una atmósfera inflamable.</p> <p>Prohibición de generar cualquier fuente de ignición alrededor de donde se pueda formar una atmósfera inflamable.</p> <p>Prohibido ubicar fuentes potenciales de ignición, como accesorios de iluminación eléctrica no ignífugos, inmediatamente debajo de lugares o techos bajo los cuales el hidrógeno puede acumularse.</p> <p>Prohibido el trabajo en caliente, fumar y el uso de teléfonos móviles.</p> <p>El equipo para manipular hidrógeno y las fuentes previsibles de ignición deben mantenerse separados físicamente.</p> <p>Las celdas de combustible y el área de almacenamiento de hidrógeno debe estar separada de las celdas de combustibles y de cualquier equipo que utilice energía eléctrica.</p> <p>Se debe tener en cuenta la tasa de consumo/uso de hidrógeno y los plazos de consumo/uso con el fin de minimizar la cantidad de hidrógeno almacenado al nivel más bajo que sea razonablemente practicable.</p> <p>Proporcionar protección contra rayos, cuando corresponda o suspender la generación y acumulación de hidrógeno.</p>
Operación PPM de hidrógeno verde	Hidrógeno Fuga.	Incendio / Explosión	Moderado	<p>Revisar las líneas y conectores de hidrógeno regularmente para detectar fugas.</p> <p>En el caso de escapar el gas, mantenerse alejado y mantenga alejados los materiales inflamables.</p> <p>Mantener los sensores de hidrógeno en buenas condiciones físicas y de funcionamiento. Además de sus mantenciones al día.</p>
Operación PPM de hidrógeno verde	Cargas estáticas.	Incendio / Explosión	Moderado	<p>Asegurarse de que todas las tuberías y equipos estén efectivamente conectados a tierra.</p> <p>Usar ropa y calzado antiestáticos en áreas peligrosas.</p> <p>Proporcionar una protección adecuada contra el riesgo de rayos.</p>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

18/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ Instalación	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
Operación PPM de hidrógeno verde	Hidrógeno (fuga)	Quemaduras	Aceptable	Mantener sensores en buenas condiciones físicas y de funcionamiento. Además de sus mantenciones al día. En el caso de escapar el gas, manténgase alejado y mantenga alejados los materiales inflamables.
Operación PPM de hidrógeno verde	Hidrógeno (fuga)	Asfixia	Moderado	Mantener sensores en buenas condiciones físicas y de funcionamiento. Además de sus mantenciones al día. Mantener un sistema de ventilación y seguridad adecuado.
Operación PPM de hidrógeno verde	Eléctrico	Contactos directo con energía eléctrica Contacto indirecto con energía eléctrica.	Aceptable	Manipule la instalación eléctrica con cuidado. Asegúrese de que la clavija está fijada en el conector para evitar que se afloje el cableado. Utilice únicamente la tensión de alimentación especificada en la parte posterior del aparato. Siempre desconecte la alimentación eléctrica cuando se limpie, mantenga o transporte la PPHV.
Operación PPM de hidrógeno verde	Sobre tensión de baterías	Daño en inversores y red eléctrica.	Moderado	Se debe monitorear constantemente la carga eléctrica suministrada dado que la inestabilidad de la fuente de energía (principalmente en la costa debido a la alta fluctuación solar metrada) provocaría corto circuito, y por ende, un desgaste de baterías y cableados por sobrecargas en lapsos cortos de tiempo. Por tal motivo se trabaja con un 50% de capacidad de la planta.
Operación PPM de hidrógeno verde	Eléctrico	Cortocircuito	Moderado	Solo personal competente y autorizado debe intervenir equipos o circuitos eléctricos. No cortocircuite las entradas y salidas de las instalaciones o equipos. No invertir la polaridad de las entradas y salidas de los circuitos eléctricos. No introducir ninguna pieza mecánica, especialmente metálica. No utilizar líquidos cerca de los equipos eléctricos. No utilizar equipos eléctricos que se encuentren en condiciones regulares de funcionamiento. Siempre desconecte la alimentación eléctrica cuando se limpie, mantenga



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

19/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ Instalación	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
				o transporte la PPHV.
Operación PPM de hidrógeno verde	Químico	Contacto con productos químicos ( <b>hidróxido de potasio y solución drenada KOH</b> ).	Aceptable	<p>Consulte la Hoja de datos de seguridad de materiales (HDS) de todos los productos químicos para ser utilizados antes de manipularlos. Todas las personas que mezclen drenen y manipulen el electrolito deben ser informadas sobre cualquier peligro potencial involucrado con estas actividades.</p> <p>Use el Equipo de Protección Personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar gafas de protección con protección a los costados. Llevar máscara de protección.</li> <li>• Utilizar guantes de nitrilo (espesor 0,3 mm).</li> <li>• Utilizar protección respiratoria (filtros para partículas y gases).</li> </ul> <p>Evite cualquier contacto con los ojos y la piel. Si entra en contacto con la solución, lave inmediatamente el área afectada y consulte la hoja de datos de seguridad del material de hidróxido de potasio suministrado con el electrolizador.</p> <p>En caso de contacto físico con la sustancia sin diluir, consulte la hoja de datos de seguridad del material de hidróxido de potasio y siga las instrucciones a continuación.</p> <p><b>Recomendaciones de primeros auxilios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de contacto con la piel, retírese la ropa contaminada inmediatamente. Lavar con jabón y agua abundante. Consulte a un médico.</li> <li>• En caso de contacto visual, enjuague cuidadosamente con abundante agua durante al menos 15 minutos y consulte a un médico.</li> <li>• Si se ingiere, no administre nada a las personas que se han desmayado. Enjuague la boca con agua. Consulte a un médico de inmediato.</li> </ul>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

20/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ Instalación	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
Operación PPM de hidrógeno verde	Térmico	Contacto con alta temperatura	Aceptable	<p>Los riesgos térmicos como quemaduras y por contacto con superficies de alta temperatura (que solo pueden presentarse en caso de fallo de algunos componentes internos del dispositivo) se pueden prevenir aplicando las siguientes instrucciones de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegúrese de que el dispositivo solo pueda ser accedido por personal autorizado y capacitado.</li> <li>• Los operadores y el personal de mantenimiento deben usar el Equipo de Protección Individual (EPP) adecuado al manipular los equipos.</li> <li>• Retire el suministro de energía antes de cualquier servicio, transporte e instalación del dispositivo.</li> <li>• Nunca abra el dispositivo, a menos que haya sido especialmente entrenado para el servicio.</li> <li>• Cualquier servicio, que no sea la limpieza y el mantenimiento del usuario, debe ser realizado por personal especializado y con la fuente de alimentación apagada.</li> </ul>
Operación PPM de hidrógeno verde	Sobrecalentamiento al interior de la planta	Daños en equipos e instalaciones.	Aceptable	<p>Se debe monitorear constantemente la temperatura interna de la planta. Es necesario tener una buena ventilación para evitar el sobrecalentamiento de los equipos (Encendido de extractor de aire y apertura de ventanas, escotillas y puertas abatibles). Evitar que la temperatura interna de la planta sobrepase los 32°C y evitar temperaturas sobre los 80°C en los inversores (Revisión constante del software de monitoreo para ir chequeando dicho valor).</p>
Operación PPM de hidrógeno verde	Almacenamiento de H2	Explosión por sobrepresión.	Moderado	<p>Se almacena H2 a una presión máxima de 35 bar (diseñado para 60 bar), para evitar desgaste del tanque de almacenamiento por sobrepresión (El tanque posee una válvula de escape de gas en caso de sobrepresión)</p>
Operación PPM de hidrógeno verde	Apagado de planta (gases)	Alta presión al interior de los electrolizadores.	Moderado	<p>Previo al apagado de equipos, verificar la presión interna de electrolizadores, tuberías y almacenamiento. Realizar una purga</p>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

21/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ Instalación	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
				de gases de ser necesario (conexión entre dryer y electrolizador) para aislar las conexiones entre almacenamiento y generación de H2. Posteriormente se purga el tanque de almacenamiento hasta llegar a una presión menor a 3 bar.
Operación PPM de hidrógeno verde	Apagado de planta (desconexión)	Daño de equipos	<b>Moderado</b>	Previo a la desconexión desde la fuente de energía, es necesario realizar un chequeo visual de los switches de los equipos y verificar que estén todos en OFF. Luego se corta la energía desde el tablero eléctrico para posteriormente desconectar la fuente de energía.

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Encendido de planta piloto	Contacto directo con energía eléctrica.	<b>Moderado</b>	El operador debe utilizar todos los implementos de seguridad (zapados dieléctricos, guantes aislantes) y una correcta instalación de puesta a tierra. Previo al encendido de la planta hay que cerciorarse de que los interruptores estén en modo OFF, los fusibles desconectados y el tablero desenergizado. Se realiza una inspección visual y una medición de voltaje en las conexiones de la fuente de energía, en los inversores y control eléctrico para recién energizar la planta en caso de que el voltaje sea el adecuado (230 V).
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Montaje de Piping de H2. Fuga de hidrogeno por mal conexionado de tuberías	Intoxicación.	<b>Aceptable</b>	Revisar con la herramienta indicada para aquello que las conexiones de tuberías de H2 estén bien conectadas. Previo al inicio de producción de H2 es necesario realizar pruebas con los equipos encendidos para verificar las conexiones de las tuberías mediante el uso de un jabón y una esponja que indicaran la existencia de fugas. Para esto los sensores de H2 deben encontrarse encendidos en caso de que exista una fuga. De tal manera, si existiese una fuga, la planta se apagará de forma automática.



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

22/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Purga de gases (H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> y agua) Obstrucción de venteo	Intoxicación.	Aceptable	Realizar, de forma diaria, un chequeo manual de la purga para evitar la obstrucción ya sea por medio de elementos no deseados o por congelamiento de agua en los ductos de venteo.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	instalación de sensores y purga de H <sub>2</sub>	Caída a distinto nivel.	Moderado	Utilizar arnés de seguridad, junto con cuerda de vida para subir a techo de la planta e instalar los sensores de monitoreo y la antena satelital de internet.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Apertura de paredes abatibles	Golpeado por paredes abatibles.	Aceptable	Evitar el desplazamiento por dicha zona, transitar en lo posible con casco de seguridad y siempre atento a las barandas de apoyo. Durante su apertura mantenerse alejado del costado de la planta por donde estas se despliegan. Esta operación debe realizarse entre dos personas una como guía y la otra debe operar el switch de despliegue.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Sobrecalentamiento al interior de la planta	Daños en equipos e instalaciones	Aceptable	Se debe monitorear constantemente la temperatura interna de la planta. Es necesario tener una buena ventilación para evitar el sobrecalentamiento de los equipos (Encendido de extractor de aire y apertura de ventanas, escotillas y puertas abatibles). Evitar mantener la temperatura interna de la planta por sobre los 32°C y evitar temperaturas sobre los 80°C en los inversores (Revisión constante del software de monitoreo para ir chequeando dicho valor).
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Almacenamiento de H <sub>2</sub>	Explosión por sobrepresión	Moderado	Se almacena H <sub>2</sub> a una presión máxima de 35 bar (el tanque está diseñado para 60 bar), para evitar desgaste del tanque de almacenamiento por sobrepresión (el tanque posee una válvula de escape de gas en caso de sobrepresión).
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Mantenimiento de partes mecánicas	Aplastamiento por carga manual	Aceptable	Realizar una vez por campaña una mantención de los equipos móviles como winches, puertas y puertas abatibles, los cuales se deben engrasar para evitar peligros.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Apagado de planta (gases)	Alta presión al interior de los electrolizadores	Moderado	Previo al apagado de equipos, verificar la presión interna de electrolizadores, tuberías y almacenamiento. Realizar una purga



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

23/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
verde				de gases de ser necesario (conexión entre dryer y electrolizador) para aislar las conexiones entre almacenamiento y generación de H2. Posteriormente se purga el tanque de almacenamiento hasta llegar a una presión menor a 3 bar.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Desarme de la planta	Golpeado paredes abatibles.	Aceptable	Durante el cierre de las puertas abatibles mantenerse alejado de la planta y verificar que no haya ninguna obstrucción en los sellos de las puertas. El personal debe estar siempre con el implemento de seguridad (casco, zapatos de seguridad y guantes) y fuera del alcance de la puerta. Para esta operación se requiere de dos personas, una persona como guía y otro el operador de la puerta.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Falta orden de o limpieza.	Caídas al mismo nivel, al tropezar con objetos fuera de lugar que entorpecen una circulación expedita.	Aceptable	Mantener en todo momento el orden y aseo de los lugares de trabajo. Mantenga el buen orden y limpieza en el sector de trabajo, guardando documentos, archivos, materiales y objetos en los lugares predeterminados. No deje cajones de muebles abiertos, ni objetos fuera de lugar.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Falta orden de o limpieza.	Golpeado contra objetos inmóviles al pasar por pasillos muy estrechos.	Aceptable	Mantener en todo momento el orden y aseo de los lugares de trabajo. Antes de iniciar sus labores realice un reconocimiento del lugar e informe de cualquier anomalía a su supervisor. Mantenga las vías de circulación libre de obstáculos.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Instalaciones eléctricas fuera de especificación, con riesgo de contacto eléctrico.	Contacto con equipos eléctricos por uso incorrecto, estado defectuoso de equipos o instalaciones.	Moderado	No utilice equipos o herramientas en mal estado e informe de su deterioro. Al enchufar máquinas, equipos o artefactos eléctricos, efectúelo por medio de sus conectores y/o adaptadores, como así también, al desenchufarlos tire de los mismos y no del cable. Evite el uso de extensiones eléctricas, si es muy necesario y eventual, asegúrese que cuente con puesta a tierra. Todo artefacto eléctrico o electrónico a utilizar y que no esté considerado en el diseño, debe ser aprobado por



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

24/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
				la jefatura directa de la planta piloto móvil, el cual deberá garantizar que estos no excedan el consumo máximo con el objetivo de evitar sobrecalentamiento de la línea eléctrica.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Extintores inexistentes o en mal estado.	Exposición a quemaduras por no controlar adecuadamente un amago de incendio.	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo lugar de trabajo en que exista algún riesgo de incendio ya sea por la estructura del edificio, deberá contar con extintores de incendio, del tipo adecuado a los materiales combustibles o inflamables que en él existan o se manipulen.</li> <li>• Los extintores se ubicarán en sitios de fácil acceso y clara identificación, libres de cualquier obstáculo, y estarán en condiciones de funcionamiento máximo. Se colocarán a una altura máxima de 1,30 metros, medidos desde el suelo hasta la base del extintor y estarán debidamente señalizados.</li> <li>• Los extintores que precisen estar situados a la intemperie deberán colocarse en un nicho o gabinete que permita su retiro expedito, y podrá tener una puerta de vidrio simple, fácil de romper en caso de emergencia.</li> <li>• Mantención de los extintores.</li> <li>• Los extintores deben ser sometidos a revisión, control y mantención preventiva.</li> <li>• El mantenimiento comprende el desmontaje del extintor, un examen detallado de todos sus componentes, limpieza y sustitución de cualquier pieza defectuosa, montaje, recarga y, cuando sea aplicable, presurización del extintor.</li> <li>• El mantenimiento de los extintores deberá realizarse una vez al año, e inmediatamente después de cada utilización (descarga) o cuando una inspección considere la necesidad de revisión completa de sus componentes.</li> <li>• Del mismo modo, si la inspección (verificación visual) revela que se ha producido una manipulación indebida o el extintor ha sido maltratado, hay fugas o evidencias de daños</li> </ul>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

25/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
				(abolladuras por golpes, etc.), se deberá hacer una mantención.
Operador planta piloto móvil de hidrógeno verde	Pérdida de control de variables del fuego por: Almacenamiento inadecuado de materiales combustibles o inflamables. Líneas eléctricas en mal estado. Fumar en áreas prohibidas. Realizar chispas o llama abierta en lugares prohibidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición a amago de incendio por manipulación de fuentes de calor en sectores donde existe almacenamiento de materiales combustibles o inflamables.</li> <li>Exposición a amago de incendio por corto circuito eléctrico (mal funcionamiento del circuito o sobrecarga de este).</li> <li>Exposición a muerte, quemaduras o asfixia.</li> </ul>	Moderado	<p>Combustibles o inflamables. No guardar materiales combustibles como cajas, bolsas u otros en áreas cerradas o cerca de fuentes de calor. Cortocircuitos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar periódicamente la instalación y artefactos eléctricos, solicitando la reparación inmediata de cualquier desperfecto que exista. Dichas reparaciones deben hacerlas técnicos autorizados y competentes. (inhabilite el sector afectado). Fumar.</li> <li>Estrictamente prohibido fumar en áreas no habilitadas para tal efecto.</li> <li>Revisar periódicamente la instalación y artefactos eléctricos, solicitando la reparación inmediata de cualquier desperfecto que exista. Dichas reparaciones deben hacerlas técnicos autorizados y competentes. (inhabilite el sector afectado).</li> <li>Reconocer el lugar de origen y el estado de avance de las llamas.</li> <li>Sólo si se tiene conocimiento de la operación de extintores, usar éstos para apagar el fuego, si no, abandonar el lugar a la zona de seguridad.</li> <li>Informar según Protocolo de Comunicación.</li> </ul> <p>Siniestro (Incendio declarado).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abandonar el lugar del foco del incendio y diríjase a la zona de seguridad establecida en su área.</li> <li>Informar según Protocolo de Comunicación.</li> </ul>
Personal operativo Operadores y Montajistas	Uso inadecuado o no uso del Elemento de Protección Personal.	Exposición a agentes físicos (partículas de polvo, temperaturas extremas, rayos ultravioletas).	Aceptable	<p>Todo trabajador deberá utilizar cabalmente y de manera adecuada sus E.P.P. al estar expuesto al riesgo con el objetivo y el compromiso de cuidar su salud e integridad física, así como también la de sus compañeros de trabajo.</p> <p>E.P.P. a utilizar según puesto de trabajo y/o ocupación al estar expuesto al riesgo.</p>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

26/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
				<p>E.P.P. Básicos de utilización permanente y obligatoria.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zapatos de seguridad con puntera de acero.</li> <li>• Chaleco tipo geólogo color naranja con cintas reflectantes.</li> </ul> <p>E.P.P. Específicos en el proceso de montaje y desmontaje de planta piloto móvil de hidrógeno verde.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Casco de seguridad.</li> <li>• Lentes o gafas de seguridad.</li> <li>• Chaleco tipo geólogo color naranja con cintas reflectantes.</li> <li>• Guantes de seguridad.</li> <li>• Bloqueador solar FPS 50+.</li> </ul>
Personal operativo Operadores y Montajistas	Ingreso del personal sin tener los conocimientos básicos de las actividades realizadas en el área de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición a atrapamiento de partes del cuerpo en portones, puertas, etc.</li> </ul>	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo trabajador que ingrese a un sector de trabajo deberá regirse por los estándares de prevención generales y específicos establecidos en la PPM HV.</li> <li>• Se prohíbe trabajar sin el equipo, elementos de protección personal y/o dispositivos exigidos y establecidos como obligatorios, respecto de su uso de acuerdo con los riesgos operacionales específicos.</li> <li>• Verificar que el área de trabajo se encuentre señalizada.</li> <li>• Estar instruido en el plan de emergencia del área.</li> <li>• Verificar que las vías de evacuación se encuentran habilitadas y expeditas.</li> <li>• Informarse acerca de los peligros y parámetros a los cuales están expuestos.</li> <li>• Verificar que los accesos están señalizados y sus ingresos controlados.</li> </ul>
Personal operativo Operadores y Montajistas	Transporte o manipulación inadecuada de sustancias químicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulación de sustancia química sin conocer las características del producto (HDS).</li> <li>• Exposición a quemaduras químicas de la piel, ojos,</li> </ul>	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólo trabajadores competentes y debidamente autorizados podrán manipular, almacenar o transportar las sustancias definidas y clasificadas como químicas en su área de trabajo.</li> <li>• Los elementos de protección personal a utilizar deberán cumplir según los recomendados por el fabricante del producto según su hoja de datos de seguridad (HDS).</li> <li>• Las sustancias químicas peligrosas</li> </ul>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

27/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
		<p>irritación de las mucosas respiratorias u intoxicaciones por contacto con sustancias químicas debido a la manipulación inadecuada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición a contaminación al medio ambiente por derrames.</li> <li>• Exposición a caídas de personas en superficies de trabajo resbalosas.</li> </ul>		<p>que se reciban en las bodegas de almacenamiento, deberán guardarse en los envases originales de fábrica, cumpliendo en forma estricta las recomendaciones del fabricante para cada producto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se prohíbe la presencia de llama abierta o fumar cerca de los depósitos de almacenamiento de sustancias peligrosas.</li> <li>• Nunca se almacenarán sustancias peligrosas en cercanías de otras con las cuales puedan reaccionar violentamente, afectando la seguridad y salud de las personas, las instalaciones y/o el medio ambiente.</li> <li>• Todos los envases que contengan sustancias peligrosas, deben ser herméticos, resistentes a los golpes y estarán rotulados mediante etiquetas con el nombre del producto o sustancia y etiqueta (rombo) con la clase de riesgo, según la NCh 382 y Naciones Unidas (N.U.), etiqueta del diamante de la NFPA, con los números de los grados de riesgos y etiqueta descriptiva, basada en la Hoja de Datos de Seguridad (HDS).</li> <li>§ En los lugares de trabajo donde existan áreas en las que se encuentran almacenadas sustancias inflamables, combustibles o explosivas, se deberá colocar letreros y/o señales de avisos de advertencia de seguridad y de instrucciones de seguridad que indiquen la prohibición de fumar, introducir fósforos, dispositivos de llamas abiertas, objetos incandescentes y cualquier otra sustancia susceptible de causar incendio o explosión, de acuerdo con las normas respectivas.</li> </ul>
Personal operativo Operadores y Montajistas	Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósfera potencialmente explosiva en malas condiciones	Explosión, ignición no controlada	Moderado	Programa de mantenimiento y calibración de sensores de gas (hidrógeno).



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

28/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
	de funcionamiento (detector de gas, alarma entre otros)			
Personal operativo Operadores y Montajistas	Atmósfera explosiva. Concentración de hidrógeno dentro de su límite de explosividad.	Explosión, ignición no controlada	<b>Moderado</b>	Mantener las áreas de la planta piloto móvil bien ventiladas y secas. Sensores de detección de hidrógeno por (fugas). Verificación permanente en la detección de fugas en las instalaciones. Tomas de tierra. Señalización de área.
Personal operativo Operadores y Montajistas	Presencia de una fuente de ignición efectiva en Planta Piloto Móvil Superficies calientes. Chispas generadas en forma mecánica. Chispas eléctricas. Electricidad estática. Rayos Campos electromagnéticos.	Explosión, ignición no controlada	<b>Moderado</b>	Prohibición de hacer chispas o llama abierta. Prohibición de fumar. Prohibición de fuentes de ignición o chispas (hervidores, hornos u otro artefacto eléctrico ajeno al proceso). Prohibición de usos de calefacción por medios directos (estufas eléctricas, oleo eléctricas entre otros similares). Señalización del área.
Montajistas	Incendio. Almacenamiento inadecuado de materiales combustibles o inflamables. Líneas eléctricas en mal estado. Fumar en áreas prohibidas. Fuego incipiente o	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición a amago de incendio por manipulación de fuentes de calor en sectores donde existe almacenamiento de materiales combustibles o inflamables.</li> <li>Exposición a amago de incendio por corto circuito eléctrico (mal)</li> </ul>	<b>Moderado</b>	Combustibles o inflamables. No guardar materiales combustibles como cajas, bolsas u otros en áreas cerradas o cerca de fuentes de calor. Cortocircuitos. <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar periódicamente la instalación y artefactos eléctricos, solicitando la reparación inmediata de cualquier desperfecto que exista. Dichas reparaciones deben hacerlas técnicos autorizados y competentes. (inhabilite el sector afectado).</li> <li>Fumar.</li> <li>Estrictamente prohibido fumar en áreas no habilitadas para tal efecto.</li> <li>Amago de incendio (Incendio</li> </ul>



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032

VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

29/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

Actividad/ persona	Causa	Consecuencia	Clasificación del riesgo	Medidas de control
	declarado (siniestro) en sectores aledaños al lugar de trabajo.	funcionamiento del circuito o sobrecarga de este). • Exposición a muerte, quemaduras o asfixia.		incipiente). • Revisar periódicamente la instalación y artefactos eléctricos, solicitando la reparación inmediata de cualquier desperfecto que exista. Dichas reparaciones deben hacerlas técnicos autorizados y competentes. (inhabilite el sector afectado). • Reconocer el lugar de origen y el estado de avance de las llamas. • Sólo si se tiene conocimiento de la operación de extintores, usar éstos para apagar el fuego, si no, abandonar el lugar a la zona de seguridad. • Informar según Protocolo de Comunicación. Siniestro (Incendio declarado). • Abandonar el lugar del foco del incendio y diríjase a la zona de seguridad establecida en su área. • Informar según Protocolo de Comunicación.

11° Que analizados los antecedentes del proyecto denominado “Planta Piloto Móvil para el estudio de evaluación del potencial de generación de hidrógeno solar en la Región de Antofagasta” es posible establecer que éste es concordante con la normativa técnica de diseño, construcción y operación acompañada por el Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería CICITEM mediante la solicitud indicada en el Considerando 1° de la presente resolución, e incorpora elementos de seguridad que mitigan los riesgos en el manejo y el uso del hidrógeno como energético, en particular respecto de los siguientes aspectos:

- 11.1 La presentación incluye un análisis comparativo de cumplimiento de la normativa técnica seleccionada por el proyecto, respecto de su contenido relevante y de sus aplicaciones en el diseño de éste.
- 11.2 Las especificaciones técnicas de los equipos principales y el cálculo estructural de la planta piloto móvil señaladas en el proyecto, contemplan normas, requisitos y condiciones de seguridad específicas que deben ser considerados por las empresas que proveerán los equipos o los contratistas que ejecutarán las obras, según corresponda.
- 11.3 Una evaluación del riesgo y las medidas para mitigar los riesgos levantados.
- 11.4 Protocolos de seguridad que describen los sistemas de seguridad y los procedimientos necesarios para su correcto funcionamiento.



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

30/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

**12°** Que analizados los antecedentes tenidos a la vista y habiendo dado cumplimiento a las observaciones de esta Superintendencia, y dado que el artículo 2°, del DFL N°1, de 1978, del Ministerio de Minería, establece la necesidad de inscribir las instalaciones de combustibles en el registro que mantiene esta Superintendencia, corresponderá autorizar el proyecto especial denominado “Planta piloto móvil para el estudio de evaluación del potencial de generación de hidrógeno solar en la región de Antofagasta”, que será implementado para la realización de estudios en distintas localizaciones de la Región de Antofagasta, el cual deberá cumplir con todas las disposiciones señaladas en el citado proyecto.

**RESUELVO:**

**1°** Autorízase al Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM), RUT: 65.937.660-1, de acuerdo a lo señalado en el Considerando 2° de la presente resolución, el proyecto especial denominado “Planta piloto móvil para el estudio de evaluación del potencial de generación de hidrógeno solar en la Región de Antofagasta”, a implementarse en las instalaciones de CICITEM, con domicilio en pasaje Minera Michilla 530, comuna de Antofagasta, para realizar estudios en localizaciones de la Región de Antofagasta, de acuerdo con los antecedentes y especificaciones técnicas presentadas en el proyecto aludido, antecedentes 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, inspección, término de las operaciones y transporte de la instalación móvil objeto de autorización, quedará radicada exclusivamente en el Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM), RUT: 65.937.660-1. De igual manera, será responsable de mantener los requisitos de seguridad bajo los cuales se otorga esta autorización, durante todo el periodo de operación de la instalación, en los distintos lugares de implementación del proyecto.

**3°** El Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería, deberá contar con los procedimientos de operación y mantenimiento de la instalación y 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 Centro de Investigación Científico Tecnológico para la Minería (CICITEM), deberá comunicar a esta Superintendencia, dentro de un plazo no mayor a 24 horas desde su ocurrencia, los Accidentes o Incidentes, que ocurran en sus equipos o instalaciones.

**5°** Previo a la puesta en servicio, y a efecto de dar cumplimiento a lo dispuesto en el Considerando 12° de la presente Resolución, la instalación de gas hidrógeno en comento, deberá ser inscrita en 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:



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

31/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)

- 5.1 Formulario de declaración, en tres copias, según formato que se adjunta a la presente Resolución.
- 5.2 Fotocopia de la cédula de identidad del representante legal y del propietario.
- 5.3 Plano de Layout general de la instalación "As Built".
- 5.4 Plano de redes de gas "As Built".
- 5.5 Memoria técnica general del proyecto.
- 5.6 Informe de pruebas y ensayos de fuga conformes de los sistemas y subsistemas y equipos, según especificaciones técnicas y normas.
- 5.7 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").
- 5.8 Cronograma de operación de la planta piloto de hidrógeno.
- 5.9 Manual de seguridad de la instalación de hidrógeno.
- 5.10 Copia de antecedentes tendientes a demostrar la conformidad de seguridad de los principales equipos y componentes que forman parte de la instalación (electrolizadores, tanque de almacenamiento de hidrógeno y celdas de combustibles, mediante antecedentes de declaración de conformidad, certificación de primera parte o un tercero competente, etc.).
- 5.11 Copia de la Resolución que autoriza el presente proyecto especial.

6º La presente resolución sólo es válida con los antecedentes tenidos a la vista por esta Superintendencia, cualquier modificación sobre el particular, deberá ser informada oportunamente por el solicitante, para su evaluación.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE Y ARCHÍVESE

MARTA CABEZA VARGAS  
Superintendenta de Electricidad y Combustibles



Caso:1836495 Acción:3435205 Documento:3751032  
VºBº GGT/PLS/MLZ/IMC/NMM

32/32

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3435205&pd=3751032&pc=1836495>

Dirección: Avenida Bernardo O'Higgins 1465 – Santiago Downtown, Santiago Chile - [www.sec.cl](http://www.sec.cl)