

**MODIFICA RESOLUCIÓN EXENTA N° 14690, DE
FECHA 08.11.2022 QUE AUTORIZÓ PROYECTO
ESPECIAL DENOMINADO "PILOTAJE DE
TECNOLOGÍA DE HIDRÓGENO VERDE PARA
ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE CAMPAMENTO
MINERO".**

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 Resolución Exenta SEC N° 14690, de fecha 08.11.2022, este Organismo Fiscalizador autorizó el proyecto especial presentado por la alianza formada por las entidades Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, RUT 65.190.249-5 y Minera San Pedro S.A. RUT 85.466.200-7, representadas legalmente por los Sres. Andrés González Cornejo y Andrés Guerrero Marcó, respectivamente, denominado "Pilotaje de tecnologías de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero", que corresponde a la instalación y operación de una planta piloto de producción y consumo de hidrógeno, en las instalaciones de Minera San Pedro S.A., ubicada en la calle Darío Ovalle S/N, en la comuna de Til Til, Región Metropolitana.

2° Que, la alianza formada por las entidades Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería y Minera San Pedro, representadas legalmente por los Sres. Andrés González Cornejo y Andrés Guerrero Marcó, respectivamente, mediante presentación de ingreso SEC N°250774, de fecha 04.01.2024, solicitaron ante esta Superintendencia, la autorización de modificación del proyecto especial denominado "Pilotaje de tecnologías de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero", ya individualizado en el Considerando 1° de la presente resolución.

3° Que, de acuerdo a lo señalado en los artículos 2° y 4° del DFL N°1, de 1978, de Ministerio de Minería, se establece la obligación, por parte 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. Asimismo, le corresponderá al propietario informar cualquier modificación de las respectivas instalaciones. En consecuencia, la modificación del proyecto especial denominado "Pilotaje de tecnologías de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero" deberá contar previamente con la autorización de este Organismo Fiscalizador.

4° Que, el proceso general del proyecto especial previamente autorizado consistía, en síntesis, en un sistema de generación de hidrógeno mediante dos electrolizadores marca Enapter, que producen cada uno aproximadamente un kilogramo de hidrógeno por día, complementado con los siguientes sistemas auxiliares: purificación de agua, secador o purificador de hidrógeno, y estanque de almacenamiento para el agua purificada. Los electrolizadores más los sistemas auxiliares se presentaban integrados en un gabinete de 19 pulgadas con capacidad máxima de producción de hidrógeno de hasta 2,15 kg por día, los cuales se almacenarían a una presión de 35 bar, en un estanque de almacenamiento de 850 litros volumétricos, diseñado específicamente para el almacenamiento de hidrógeno gaseoso de hasta 60



bar, marca Mahytec. Este hidrógeno almacenado sería consumido por las celdas de combustibles de 1 kW y 2,2 kW de potencia, marca Plug Power, las que transformarían el hidrógeno en energía eléctrica para uso de respaldo energético.

5° Que, en términos generales, la modificación del proyecto original implica variaciones respecto de las etapas de la cadena de valor del hidrógeno, las cuales repercuten en otros aspectos relacionados con la descripción, diseño, normativa y seguridad de la instalación, tal como se detallará a continuación.

Etapas	Proyecto especial autorizado mediante RE N°14690, de fecha 08.11.2022.	Modificación
Generación	<p>Sistema de generación de hidrógeno mediante dos electrolizadores marca Enapter, que producen cada uno aproximadamente un kilogramo de hidrógeno por día.</p> <p>Se presentan como sistemas auxiliares: purificación de agua, secador o purificador de hidrógeno, y estanque de almacenamiento para el agua purificada.</p> <p>Los electrolizadores más los sistemas auxiliares se presentaban integrados en un gabinete de 19 pulgadas con capacidad máxima de producción de hidrógeno de hasta 2,15 kg por día.</p>	<p>Sistema de generación de hidrógeno mediante tres electrolizadores marca Enapter. Los electrolizadores cuentan con una capacidad nominal de producción de cada uno de 1,07 kg de hidrógeno por día.</p> <p>La energía eléctrica del contenedor proviene de veintidós paneles fotovoltaicos instalados en su techo, suministrando una capacidad nominal de 9,79 kW, la cual puede complementarse con conexión a la red interna de la minera. Teniendo en cuenta una disponibilidad aproximada de cinco horas de aprovechamiento efectivo del recurso solar que alimenta el contenedor, se plantea una capacidad máxima de producción de 0,7 kilogramos de hidrógeno verde por día.</p> <p>Se mantienen los sistemas auxiliares: purificación de agua, secador o purificador de hidrógeno, y estanque de almacenamiento para el agua purificada. Los electrolizadores más los sistemas auxiliares igualmente se presentan integrados en un gabinete de 19 pulgadas.</p>
Almacenamiento	El hidrógeno generado es almacenado a una presión de 35 bar, en un estanque de almacenamiento de 850 litros volumétricos marca Mahytec.	Se mantienen las mismas condiciones del almacenamiento a baja presión.
Acondicionamiento	No presenta etapa de acondicionamiento (en este caso, compresión del hidrógeno).	El hidrógeno almacenado a baja presión se acondiciona a una presión de 150 bar mediante un sistema de compresión que considera un compresor de aire y un secador de aire como equipos auxiliares, y un compresor neumático que le entrega la presión al hidrógeno.
Almacenamiento en cilindros	No presenta etapa de almacenamiento en cilindros a una mayor presión.	El hidrógeno comprimido a 150 bar se almacena en cilindros de gas comprimido de 50 litros de capacidad.
Consumo	El hidrógeno almacenado a baja presión es consumido por las celdas de combustibles de 1 kW y 2,2 kW de potencia, marca Plug Power, las que transformarán el hidrógeno en energía eléctrica para uso de respaldo energético.	El límite de batería concluye en la etapa anterior (almacenamiento en cilindros), excluyendo la etapa de consumo.

5.1. En consonancia con lo anteriormente expuesto, se han reemplazado los siguientes documentos por versiones actualizadas, según se detalla a continuación:

Considerando de la Resolución Autorización	Letra o numeral de la Resolución	Identificación del documento en la Resolución	Documento que lo reemplaza
4°	4.1	Presentación del proyecto especial de hidrógeno CNP-MSP, en formato Power Point.	No incorporado.
	4.2 i)	Carta de presentación.	Informe “Introducción al proyecto”.
	4.2 ii)	Antecedentes Legales.	Se presenta nueva copia legalizada de la personería jurídica del representante legal y de la copia legalizada de la cédula de



Considerando de la de	Letra o numeral de la Resolución	Identificación del documento en la Resolución	Documento que lo reemplaza
			identidad del representante legal de la sociedad, en los documentos "3. Escritura Pública Acta Directorio N° 41 CNP Nuevos Poderes junio 2023.pdf" y "CI Andrés González Legalizada.jpg", respectivamente.
	4.2 iii)	Descripción del proyecto.	Informe "2. Descripción del proyecto".
4° 6° 11°	4.2 iv) 6.2 11	Matriz de comparación normativa, versión 1 y versión 2. Normas utilizadas.	Matriz Normativa Planta – ECIT.
4° 8°	4.2 v) 8.3	Diseño del proyecto.	Informe "Diseño del proyecto".
6° 8° 10°	6.4 i), ii), iii), iv), v), vi), vii) 8.4, 8.5 10. 4 y 10.5 b)	Planos y diagramas.	Carpeta "planos" ubicada en carpeta 4.Diseño.
4° 6° 10°	4.2 vi) 6.3 10.3	Seguridad en instalaciones. -Evaluación de riesgos relacionados con el cambio y planeación de medidas de control y/o mitigación, versión 2. -Zonas clasificadas de riesgo.	Informe "5.Seguridad en instalaciones", carpeta "documentos de respaldo para seguridad" y hoja de cálculo "Matriz IPER CNP Planta H2 MSP".
4°	4.2 vii)	Calidad.	Informe "6.Calidad" y carpetas "Data Sheet" y "Data Vendor".
	4.2 viii)	Anexos equipos principales.	No presenta.

5.2. Que, asimismo, la modificación del proyecto especial incorpora el siguiente antecedente que no fue considerado en el proyecto original:

Nuevo documento	Ubicación
Certificado de conformidad del sistema de compression marca Suncenter: Pneumatic Booster Pump, Gas Booster, Air Hydraulic Pump, Hydrostatic Test Machine.	Documentos de nombre "Certificado Suncenter 1" y "Certificado Suncenter 2" dentro de la carpeta "Data Vendor" ubicada en la carpeta "6.Calidad".
Certificado de conformidad de Cilindros de almacenamiento de hidrógeno a presión	Documentos de nombre "Certificado cilindros", dentro de la carpeta "Data Vendor" ubicada en la carpeta "6.Calidad".

5.3. Que, la actualización de la matriz de comparación normativa (ubicada en el archivo "Matriz Normativa Planta - ECIT", dentro de la carpeta "3.Normativa aplicable"), contempla los siguientes cambios en específico:

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

Secciones	Subsección	Aplicación en proyecto anterior	Aplicación en proyecto modificado
6.9 Sistema de alarmas para los empleados.	6.9.	Se utilizará la alarma interna de los electrolizadores que detectan condiciones de fuga y detienen los equipos y avisan al sistema. No se requiere alarmas adicionales dado las condiciones de ventilación de la sala.	Se utilizará la alarma interna de los electrolizadores que detectan condiciones de fuga y detienen los equipos y avisan al sistema. También se cuenta con detector y alarma ante fuga de H2 en la sala de electrolizadores, el cual detiene de forma automática el funcionamiento de los equipos.
6.12 Sistema de alarma de fuego.	6.12.1.	Instalar alarma manual de incendio.	Alarma de incendio instalada considerando sensores y activación manual de acuerdo al "Plan de incendio y emergencias H2V" Adjunto en la carpeta "5. Seguridad".



	6.12.2.	NFPA 72	La planta cuenta con un sistema de alarma de incendio y el procedimiento correspondiente elaborado conforme a los requerimientos documentales exigidos. Se adjunta documentación de la instalación y calibración del sensor de hidrógeno. Alarma manual de incendio ligada a la parada automática de equipos de generación y con sistema de control, en respaldo documental. Adjunto en la carpeta "5. Seguridad".
6.13 Sistemas de detección de GH2.	6.13.1.	Se considera el sistema de detección interna del electrolizador el cual está diseñado por el fabricante y detecta fugas por diferencias de presión.	Se considera el sistema de detección interna del electrolizador el cual está diseñado por el fabricante y detecta fugas por diferencias de presión. También se cuenta con detector y alarma ante fuga de H2 en la sala de electrolizadores, el cual detiene de forma automática el funcionamiento de los equipos.
7.1. Generalidades de hidrógeno gaseoso	7.1.5.	El estanque utilizado cuenta con certificación europea 2006/42/CE donde se encuentra considerada la ASME B31:12 entre otras.	El estanque utilizado cuenta con certificación europea 2006/42/CE donde se encuentra considerada la ASME B31:12 entre otras. Cilindros bajo el estándar ISO9809-1.
	7.1.6.	Se utiliza normativa chilena de sustancias peligrosas para etiquetado.	Se utiliza normativa chilena de sustancias peligrosas para etiquetado. Acompañado de señalética de seguridad en todas las áreas involucradas.
	7.1.7.3.	Se contemplan barreras que separarán el estanque de almacenamiento de cualquier vehículo que circule por la zona. (Considerar barrera física cilindros de acero complementaria).	Equipos de generación contenidos en el contenedor cerrado "sala de generación", en el exterior se definen zonas delimitadas para la operación de equipos. Complementado con la existencia de barreras que separarán el estanque de almacenamiento de intervención humana o cualquier vehículo que circule por la zona. Los cilindros se encuentran asegurados a estructura metálica "jaula". Planos de la estructura adjuntos en la carpeta "4. Diseño".
	7.1.7.4.	No incorporado.	Cilindros asegurados a estructura de marco metálico en todo momento. Estructura "jaula" asegura seis (6) cilindros a la vez, aumentando la estabilidad del conjunto. Ver plano de fabricación en la carpeta "4. Diseño".
	7.1.8.1.1.	El estanque al estar dentro un área asegurada, la válvula estará protegida de daños físicos externos.	El estanque al estar dentro un área asegurada, la válvula estará protegida de daños físicos externos. Para



			los cilindros, la estructura metálica protege las válvulas y elementos de conexión del manifold.
7.1.9.1.1.	Se consideran distancias de seguridad con un radio de 6 metros donde no habrá materiales inflamables o fuentes de ignición. Tabla NFPA 2.		Se consideran distancias de seguridad con un radio de 3,1 metros donde no habrá materiales inflamables o fuentes de ignición. Ver plano zonas de seguridad adjunto en carpeta "3. Normativa aplicable".
7.1.10.	Mantenciones menores serán realizadas por personal interno capacitado, y mantenciones mayores realizadas por personal experto externo.		Mantenciones menores serán realizadas por personal interno capacitado, y mantenciones mayores realizadas por personal experto externo. Toda mantención y reparación será llevada a cabo de acuerdo con las especificaciones indicadas por fabricante.
7.1.14.	Zona de contención del estanque a una altura del suelo, por lo que el estanque no tiene contacto directo con el suelo ni agua.		Zona de contención del estanque a una altura del suelo, por lo que el estanque no tiene contacto directo con el suelo ni agua. Para el caso de cilindros, estos se encuentran contenidos en la estructura metálica "jaula" tampoco se encuentra en contacto directo con el suelo o agua.
7.1.16.	Los sistemas de venteo cumplen con la CGA G5.5.		Venteos diseñados de acuerdo a 6.2.4. de la norma CGE G5.5. La elevación del venteo debe ser mayor a: 1) 3 metros sobre el suelo de trabajo. 2) 0.61 metros sobre equipamiento adyacente. 3) 1,5 metros sobre la altura del techo.
7.1.19.	Se considera un secador de h2 que cumple con las condiciones de operación del sistema. No se considera sistema de compresión.		Se considera un secador de H2 apto para 35 bar y un compresor de hidrógeno tipo pistón impulsado por aire (booster) apto de 0 a 800 bar de presión. Ambos equipos cumplen con ser diseñados específicamente para hidrógeno y con el rango de presión y temperaturas de trabajo del sistema (35 bar generación, 200 bar embotellamiento, temperatura ambiente).
7.1.19.1.	No incorporado		Válvula de alivio de presión seteada a máxima presión permitida de trabajo de los cilindros a llenar.
7.1.19.2.	No incorporado		No se realiza compresión desatendidamente Siempre habrá operador durante compresión.
7.1.19.3.	Sistema de parada de emergencia se encuentra integrado en el electrolizador el cual se activa y se mantiene hasta que sea revisado por personal autorizado.		Sistema de parada de emergencia se encuentra integrado en el electrolizador y compresor por separado, los cuales se activan y se mantienen hasta que sea revisado por personal autorizado.



	7.1.20.1.	No incorporado	Válvulas de corte manual serán instaladas aguas arriba y aguas debajo de compresor para aislar y realizar mantenimiento. Ver "PI&D planta de generación y almacenamiento H2V" adjunto en la carpeta "4. Diseño".
	7.1.20.2.	No incorporado	Fundaciones e infraestructura de acuerdo a norma de construcción y sísmica chilena. Se realiza refuerzo estructural de la estructura "techo patio de compresión" de acuerdo a recomendación de experto basado en estudio estructural. Archivos de respaldo en la carpeta "4. Diseño".
	7.1.20.3.	No incorporado	Equipos de compresión de aire (compresor de aire y secador de aire) cuentan con botón único de parada de emergencia. N/A a gas booster, de funcionamiento neumático. Su detención en caso de emergencia se describe en "Procedimiento de paradas de emergencia y sensores planta H2V". Adjunto en la carpeta "5. Seguridad".
	7.1.20.4.	No incorporado	Compresor cuenta con línea de venteo y despiche.
	7.1.20.5.1	No incorporado	Compresor cuenta con monitoreo y control por sistema de control manual bajo responsabilidad del operador. La presión de trabajo es considerablemente inferior a capacidad del equipo (<200 vs 800 bar).
	7.1.20.5.2.	No incorporado	Para el caso del compresor de aire, este cuenta con detención de la compresión a los 8 bar definido por fabricante, además cuenta con válvula de alivio en caso de sobrepasar la presión de trabajo. Para el gas booster, este se encuentra trabajando bajo la capacidad máxima de compresión. Al tratarse de un sistema neumático su trabajo depende de la presión entregada por el compresor de aire y por lo tanto, de las medidas de seguridad del anterior.
	7.1.20.6.	No incorporado	Tuberías en la zona de compresión instaladas sobre loza de trabajo, fuera del alcance de paso vehicular. Adicionalmente se considera la restricción del perímetro contiguo al patio de compresión durante el funcionamiento de los equipos.
	7.1.22.10.3.	No incorporado	Zona de almacenamiento principal (850 L @ 35 bar), separada de zona de producción (dentro de



			contenedor), de zona de compresión y embotellado.
	7.1.25.2.	Se consideran señaléticas de no fumadores o el uso de fuego en una zona no menor a 7.6. m. normativa chilena	Se consideran señaléticas de no fumadores o el uso de fuego en una zona no menor a 7.6. m. del área de almacenamiento.
7.2 No a granel, bajas cantidades (Non Bulk)	7.2.1.1.6.	No incorporado	Sistema de transporte y aseguramiento de cilindros diseñado de acuerdo a este artículo considerando uso para llenado, transporte y uso.
	7.2.2.3.2.	No incorporado	El sistema de almacenamiento se encuentra separado de vías públicas, edificios, construcciones, que es mayor a lo indicado por la tabla 7.2.2.3.2. - 5ft (1,5m) de otras áreas de almacenamiento - 5ft (1,5m) de líneas de propiedad - 5ft (1,5m) de vías públicas - 0ft (0m) de edificaciones. Distancia acortada por muro de contención cortafuego RF180.
	7.2.2.3.2.1.	No incorporado	Adicional a cumplir las distancias, el sistema cuenta con paredes de muro cortafuego RF180.
	7.2.2.3.2.2.	No incorporado	El muro cortafuego se construye en 3 de los 4 lados del almacenamiento exterior. Permitiendo el flujo de aire.
	7.2.2.3.2.4.	No incorporado	En consecuencia, por lo exigido en 7.1.22.10.3.1 se da cumplimiento a 7.2.2.3.2.4 también indica una distancia mínima de 6 metros de las tomas de aire. Ver plano de distancias de seguridad en la carpeta "4. Diseño".
	7.2.3.3.	No incorporado	Se cumple con los lineamientos generales expuestos en 7.2.
12 Sistemas de celdas de combustible de H2	12.2.1.1.	Se adjuntará manual de fabricante de celdas de combustible Plug power.	Eliminado
	12.3.1.1.1.1.	El fabricante cumple con las normas señaladas (Plug power).	Eliminado
	12.4.1.	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).	Eliminado
13 Sistemas de generación de H2	13.1.1.1.	Aplica debido a que produce 90g/h.	Capacidad nominal de producción de hidrógeno de cada electrolizador es 1.0785 kg/24h. Resultado en un total de 135 g/h para el sistema de generación compuesto por tres (3) electrolizadores.
	13.2.2.1.	Tuberías de acero inoxidable 316 y de 1/4" diámetro.	Tuberías de acero inoxidable 316 y de 1/4" diámetro en la zona de



			generación hasta el almacenamiento a 35 bar. Luego continúa al sistema de compresión con un diámetro de 3/8".
	13.2.5.1.	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. Consideramos una barrera RF120 entre la pared que separa electrolizadores y almacenamiento.	Se considera una distancia de seguridad de acuerdo con tabla 7.2.2.2 especificado en la tabla 7.2.2.3.2 de 1,5 metros de separación entre el sistema de almacenamiento y sala con electrolizadores, la cual es acortada a cero por la construcción de una barrera RF180 entre la pared que separa electrolizadores y almacenamiento.
	13.3.1.2.1.	Aplica lo considerado en 6.18.1.	Se considera control de apagado para la generación en caso de detención en la ventilación mecánica.

5.3.2. ISO/TR 15916:2015

Secciones	Subsección	Aplicación en proyecto anterior	Aplicación en proyecto modificado
7.4 Detección	7.4.1.	Se considera pintura antiestática y anti ignifuga. Además de considerar una barra química para la puerta a tierra.	Se considera la instalación de detector de incendios dentro de la sala de generación. Se cuenta con detector y alarma ante fugas de hidrógeno en la sala de electrolizadores (seteado al 10%LEL y 25%LEL). Para los equipos de compresión se establece un procedimiento de inspección manual frente a fugas previo a cada instancia de operación. Adicionalmente se considera pintura antiestática y anti ignifuga. Además se considera una barra química para la puerta a tierra.
	7.4.2.	No considerado.	

5.4. Que, en lo concerniente a la seguridad de las instalaciones en la modificación del proyecto especial, se ha implementado, en particular, una nueva evaluación de riesgos utilizando el método IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos), que distingue diferentes actividades, tales como: producción, almacenamiento, compresión, dispensaje, transporte y conexión de hidrógeno, además de mantenimiento de equipos.

5.4.1. Asimismo, se han establecido medidas de mitigación en concordancia con los nuevos riesgos identificados. Tanto la evaluación de riesgos y las correspondientes medidas de mitigación se detallan en el archivo “**Matriz IPER CNP Planta H2 MSP.xls**”, que corresponde a la Matriz de riesgos actualizada, la cual, atendido su nivel de detalle, reemplaza íntegramente a la versión originalmente indicada en el Considerando 12º de la Resolución Exenta SEC N° 14690, de fecha 08.11.2022 y corresponde a:

Etapas de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
Producción y almacenamiento de hidrógeno					
Llenado de estanque de almacenamiento de agua 1000 L.	Llenar estanque con agua	Golpes y/o Cortes	Riesgo a la Seguridad	Aceptable	1.Transitar por áreas habilitadas y debidamente autorizadas.
			Riesgo a la Salud	No aplica	



Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
		Caídas Mismo nivel	Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	2.Utilizar elementos de protección personal adecuados. 3.Mantener columna recta. 4.Llenar estanque de agua hasta limite definido de acuerdo a procedimiento de trabajo. 5.Coordinar llenado de agua entre operador y conductor de camión aljibe.
			Riesgo a la Seguridad	Bajo	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
		Sobreesfuerzo	Riesgo a la Seguridad	Aceptable	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
Acondicionamiento eléctrico	Electricidad	Contacto con energía eléctrica / electrocución	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Diseño de acuerdo a normativa eléctrica y consumos. 2.Diferencial en equipos. 3.Puesta a tierra de equipos e infraestructura. 4.Personal especializado / capacitado. 5.Programa mantenimiento equipos. 6.Procedimiento Seguridad. 7.Señalética. 8. EPP dieléctricos.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
		Quemaduras por arco eléctrico	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
		Sobrecalentamiento eléctrico / cortocircuito	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
Electrolisis	Electricidad	Contacto con energía eléctrica	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Puesta a tierra de equipos e infraestructura. 2.Diferencial en equipos. 3.EPP dieléctricos. 4.Personal especializado / capacitado. 5.Señalética. 6.Programa mantenimiento equipos. 7.Diseño de acuerdo a normativa eléctrica y consumos.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
		H2 gaseoso	Riesgo a la Seguridad	Alto	1. Ventilación forzada y natural. 2. Sensores fuga de hidrógeno. 3. Sistemas de alarma sonora y estroboscópica. 4.Sistema de extinción. 5.Planes de emergencia. 6. Cámaras infrarrojo.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Alto	
	H2 gaseoso	Atmósfera explosiva / incendio	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
		Asfixia / hipoxia	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	



Caso:2001622 Acción:3574963 Documento:3948891
V°B° FNH/KBV/GGT/PLS/MLZ/PKC/NMM

Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
	Superficies con temperatura	Quemaduras a personas	Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	7. Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).
			Riesgo a la Seguridad	Medio	1. Aislación y protección térmica. 2. Equipos de acuerdo a normativa de incendio. 3. Señalética.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
		Sobrecalentamiento equipos	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
	Fuga oxígeno	Combustión espontanea	Riesgo a la Seguridad	Alto	1. Ventilación forzada y natural. 2. Definición de parámetros de operación. 3. Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Alto	
	Proyección agua	Cortocircuito eléctrico	Riesgo a la Seguridad	Medio	1. Red de agua y estanque normativa. 2. Revisión periódica e inspección de fugas de agua. 3. Equipos eléctricos protección IP. 4. Mantenimiento preventivo equipos y red agua. 5. Ingreso restringido al sector y señalización peatonal.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
		Contacto con energía eléctrica	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Tránsito por relieve irregular / desniveles / resbaladizo	Caídas igual o distinto nivel.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1. Atención permanente al entorno de trabajo. 2. Tránsito por áreas habilitadas. 3. Caminar despacio y lento por áreas presencia hielo. 4. Realizar ART incluyendo peligro y control.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Acondicionamiento de H2	Agua	Cortocircuito eléctrico	Riesgo a la Seguridad	Medio	1. Revisión periódica e inspección de fugas de agua.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
	Presión	Atmósfera explosiva por fuga de hidrógeno.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1. Definición parámetros de operación por proveedor de equipo y diseño de operación. 2. Detectores de hidrógeno.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	



Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles	
	Electricidad	Contacto con energía eléctrica	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Diseño de acuerdo a normativa eléctrica y consumos. 2.Diferencial en equipos. 3. Puesta a tierra de equipos e infraestructura. 4.Personal especializado / capacitado. 5.Programa mantenimiento equipos. 6.Señalética. 7. EPP dieléctricos.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica		
		Arco eléctrico	Riesgo a la Seguridad	Medio		1.Ventilación forzada y natural. 2.Sensores fuga de hidrógeno. 3.Sistemas de alarma sonora y estroboscópica. 4.Sistema de extinción. 5.Planes de emergencia. 6.Cámaras infrarrojo. 7.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable		
	H2 gaseoso	Atmósfera explosiva / incendio	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Ventilación forzada y natural. 2.Sensores fuga de hidrógeno. 3.Sistemas de alarma sonora y estroboscópica. 4.Sistema de extinción. 5.Planes de emergencia. 6.Cámaras infrarrojo. 7.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Alto		
		Asfixia / hipoxia	Riesgo a la Seguridad	Medio		1.Sistemas de control y medición de presión. de hidrógeno. 2.Definición Parámetros de Operación.
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica		
	Presión/ explosión	Liberación de energía por acumulación	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sistemas de control y medición de presión. de hidrógeno. 2.Definición Parámetros de Operación.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio		
	H2 gaseoso	Atmósfera explosiva	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Ventilación forzada y natural. 2.Sensores fuga de hidrógeno. 3.Sistemas de alarma sonora y estroboscópica. 4.Sistema de extinción. 5.Planes de emergencia. 6.Cámaras infrarrojo 7.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio		
		Asfixia / hipoxia	Riesgo a la Seguridad	No aplica		1.Sistemas de control y medición de presión de hidrógeno. 2.Definición Parámetros de Operación.
			Riesgo a la Salud	Medio		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica		
Transporte interno (piping y válvula)	Presión/ explosión	Liberación de energía por acumulación	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Sistemas de control y medición de presión de hidrógeno. 2.Definición Parámetros de Operación.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio		
	H2 gaseoso	Atmósfera explosiva	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Ventilación forzada y natural. 2.Sensores fuga de hidrógeno. 3.Sistemas de alarma sonora y estroboscópica.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos,	Alto		



Caso:2001622 Acción:3574963 Documento:3948891
V°B° FNH/KBV/GGT/PLS/MLZ/PKC/NMM

Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
Almacenamiento a baja presión 35 [bar]	Presión/ Explosión / Incendio	Asfixia / hipoxia	instalaciones e infraestructura		4.Sistema de extinción. 5.Planes de emergencia. 6.Cámaras infrarrojo. 7.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).
			Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
		Sobrepresión, Fuga de H2 (Daños materiales)	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Diseño de tanques bajo norma con grosores adecuados. 2.Sistema de control de proceso, válvulas de alivio. 3.Sistema de parada de emergencia [válvulas de corte (caso de fuga)]. 4.Plan emergencia. 5.Sistema de control, detectores de H2.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
			Riesgo a la Seguridad	Medio	
		Fuga de H2 más fuente de ignición (daño de material)	Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
			Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
Mantenimiento	Electricidad	Contacto con energía eléctrica	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Implementar medidas etapa Hidrólisis. 2.Diseño de sistemas con puntos de bloqueo o aislación. 3.Procedimiento Bloqueo. 4.Capacitación.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
			Riesgo a la Seguridad	Medio	
		Arco eléctrico	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
			Riesgo a la Seguridad	Medio	
		H2 gaseoso	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Ventilación forzada y natural. 2.Sensores fuga de hidrógeno. 3.Sistemas de alarma sonora y estroboscópica. 4.Sistema de extinción. 5.Planes de emergencia 6.Cámaras infrarrojo. 7.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Alto	
			Riesgo a la Seguridad	Medio	
		Asfixia / hipoxia	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
			Riesgo a la Seguridad	Medio	
	Tránsito por relieve irregular /	Caídas igual o distinto nivel.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Atención permanente al entorno de trabajo. 2.Tránsito por áreas
			Riesgo a la Salud	No aplica	



Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
	desniveles / resbaladizo		Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	habilitadas. 3.Caminar despacio y lento por áreas presencia hielo. 4.Realizar ART incluyendo peligro y control.
	Presión/ explosión	Liberación de energía por acumulación	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Sistemas de control y medición de presión de hidrógeno. 2.Definición Parámetros de Operación.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
Alimentación de agua y tratamiento	Electricidad	Contacto con energía eléctrica	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Puesta a tierra de equipos e infraestructura. 2.Diferencial en equipos. 3.Mantenimiento de equipos.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Transversal	Eventos climáticos	Fuga de hidrógeno	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Estructura antisísmica. 2.Controles asociado a la fuga de hidrógeno.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Ruido	Daño auditivo	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Equipos certificados bajo norma ruido ambiental. 2.Uso de protección aditiva.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Compresión y dispensaje					
Compresión de 35[bar] a 150 [bar]	Presión / Explosión / Incendio	Fuga de H2 en los sellos,	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Zona delimitada y separada de otras áreas de operación. 2.Detectores de H2. 3.Paradas de emergencia (electrolizador y compresor).
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
		Fuga de H2 más fuente de ignición (daño de material).	Riesgo a la Seguridad	Medio	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Corrosión, abrasión, oxidación (polvo en suspensión)	Daños de soportes y superficie de tanques.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Diseño de estructura. 2.Inspección y mantenimiento.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Almacenamiento alto presión 150 [bar]	Presión/ Explosión / Incendio	Sobrepresión, Fuga de H2 (Daños materiales)	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Estructura contenedora de cilindros de GH2. 2.Procedimientos operacionales (inspección). 3.Planes de
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	



Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
		Fuga de H2 más fuente de ignición (daño de material).	Riesgo a la Seguridad	Medio	emergencia ante fugas.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
	Corrosión, abrasión, oxidación (polvo en suspensión)	Daños de soportes y superficie de tanques	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Estructura protectora ante polvo en suspensión, radiación solar exterior y humedad. 2.Procedimiento de inspección.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
	Ruido (caso fuga)	Daños auditivos	Riesgo a la Seguridad	No aplica	1.Uso de Protección auditiva.
			Riesgo a la Salud	Aceptable	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Transporte de H2	Presión/explosión	1) Fuga de H2 en conexiones	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Estructura contenedora de cilindros de H2. 2.Detectores de fuga de H2. 3.Paradas de emergencia electrolizador + compresor). 4.Protección contra fuego del contenedor. 5.Equipo de primera respuesta. 6.Uso de EPP indicado en procedimiento de transporte de H2.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Desplazamiento de O2	Asfixia	Riesgo a la Seguridad	Alto	
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Incendio	1) Fuga de H2 más fuente de ignición (daño de material)	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Válvulas de cierre. 2.Paradas de emergencia. 3.Procedimientos ante emergencias. 4.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
	Corrosión, abrasión, oxidación (polvo en suspensión)	1) Daños de soportes y superficie de tanques	Riesgo a la Seguridad	No aplica	1.Sistema de extracción de aire. 2.Sensores de hidrógeno (alarma).
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
Operación (inspección) y mantenimiento de equipos en esta área	Incendio al existir alguna chispa en el ambiente y fuga de hidrógeno.	Incendio / Explosión / Contaminación	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Prohibido el uso de otros equipos eléctricos. 2.Restricción de acceso a área de celdas de combustible 3. Plan de emergencia en caso de incendio. 4.Sistema de parada de emergencia por fugas u otros incidentes.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Manejo manual de cargas	Sobre esfuerzos	Riesgo a la Seguridad	Medio	1. No levantar más de 25 kg. como peso máximo.
			Riesgo a la Salud	No aplica	



Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	2. Cuando la carga es mayor a 25 kg. se deberá realizar entre 2 personas o apoyo mecanizado cuando corresponda.
	Baja concentración de Oxígeno (es más operacional de eficiencia)	Asfixia / hipoxia	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sistemas de ventilación. 2.Sistemas de paradas de emergencia.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Eléctrico	Cortocircuito. No tenga suministro eléctrico (Es equivalente a una eléctrico)	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sistema de control de regímenes de operación de Celdas. 2.Protocolos estandarizados y señalización. 3.Uso de EPP adecuado.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Polvo en suspensión	Se tapan válvulas de venteo. Se tapa el sistema de filtro. No hay refrigeración	Riesgo a la Seguridad	No aplica	1.Se consideran gabinetes con sellos en puertas. 2. Sistema de filtros y ventilación.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
	Presión/ Explosión / Incendio	Fuga de H2 (daño al personal)	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Capacitación de personal. 2.Manuales de operación. 3.Flashing (purga o limpieza de H2 en tuberías). 4.Planta parada y con sus sistemas libre de H2 al momento de mantenimiento.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
	Incendio	Fuga de H2 más fuente de ignición (daño de material)	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Protocolos de inspección y mantenimiento. 2.Sistemas bloqueos equipos y verificación energía.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Tránsito por relieve irregular / desniveles / resbaladizo	Caídas igual o distinto nivel.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Atención permanente al entorno de trabajo. 2.Tránsito por áreas habilitadas. 3. Caminar despacio y lento por áreas presencia hielo. 4.Realizar ART incluyendo peligro y control.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Desplazamiento de O2	Asfixia	Riesgo a la Seguridad	Aceptable	1.Venteo natural o forzado durante mantención. 2.Sensores o detectores de gases portátiles.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Transporte y conexión					
	Presión/ explosión	Sobrepresión	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sensores detectores de fuga.



Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
Carga de H2 en Rack de cilindros (anclaje de boquilla)			Riesgo a la Salud	No aplica	2.Procedimiento ante emergencia. 3.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Incendio	Fuga de H2 más fuente de ignición (daño de material)	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Válvulas de cierre. 2.Paradas de emergencia. 3.Sistemas de comunicación entre transportista y personal de MSP. 4.Procedimientos ante emergencias. 5.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Manejo manual de cargas	Sobre esfuerzos	Riesgo a la Seguridad	Medio	1. No levantar más de 25 kg. como peso máximo. 2. Cuando la carga es mayor a 25 kg. se deberá realizar entre 2 personas o apoyo mecanizado cuando corresponda.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Tránsito por relieve irregular / desniveles / resbaladizo	Caídas igual o distinto nivel.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Atención permanente al entorno de trabajo. 2.Tránsito por áreas habilitadas. 3.Caminar despacio y lento por áreas presencia hielo. 4.Realizar ART incluyendo peligro y control
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Movimiento equipo móvil	Sobrepresión, Fuga de H2 (Daños materiales)	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Procedimientos de detención de vehículo y conexión de líneas de H2. 2.Uso de EPP presentado en procedimiento de conexión de líneas.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Eléctrico	Fallo en el sistema de control y comunicación	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Inspección y mantenimiento a equipos de control. 2.Uso de guantes dieléctricos y antiestáticos (EPP).
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Carga de Rack Cilindros de H2 en carro de arrastre	Carga suspendida	Golpeado Por Carga en suspensión	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Revisión accesorios de izaje. 2.Personal capacitado y entrenado en la tarea. 3.Procedimiento Seguridad.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Incendio	Incendio al existir alguna chispa en el ambiente y fuga de hidrógeno.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Botón rojo que interrumpa suministro de H2 y energía eléctrica. 2.Definir protocolo de seguridad y planes de emergencia. 3.Ventilación en caso de lugares cerrados. 4.Sensores infrarrojo para ver hidrógeno.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	



Etapas de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
	Eléctrico	Fallo en el sistema de control y comunicación	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sistema de control entre celda y dispensador 2.Protocolos estandarizados y señalización 3.Uso de zapatos de seguridad
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Manejo manual de cargas	Sobre esfuerzos	Riesgo a la Seguridad	Medio	1. No levantar más de 25 kg. como peso máximo. 2. Cuando la carga es mayor a 25 kg. se deberá realizar entre 2 personas o apoyo mecanizado cuando corresponda.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Tránsito por relieve irregular / desniveles / resbaladizo	Caídas igual o distinto nivel.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Atención permanente al entorno de trabajo. 2.Tránsito por áreas habilitadas. 3.Caminar despacio y lento por áreas presencia hielo. 4.Realizar ART incluyendo peligro y control.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Traslado de carro de transporte a Celdas de Combustible Oficina CNP-MSP	Fuga no detectada de H2	Sobrepresión	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sensores detectores de fuga. 2.Procedimiento ante emergencia. 3.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Incendio	Fuga de hidrógeno no se detecta y se produce incendio con operador en vehículo	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Válvulas de cierre. 2.Paradas de emergencia. 3.Sistemas de comunicación entre transportista y personal de MSP. 4.Procedimientos ante emergencias. 5.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Maniobras indebidas de parte del conductor	Colisión / Choque / Volcamiento	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Vehículo diseñado para resistir colisiones, choques y volcamientos. 2.Rack de cilindros diseñada con protecciones ante incidentes. 3.Procedimiento ante emergencia. 4.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Derrame de combustible	Incendio / Explosión / Contaminación	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Procedimiento ante emergencia. 2.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
Estacionamiento	Presión/ explosión	Alta presión no se detecta y tanque estalla	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Diseño de Rack de cilindros de H2 resistente a presiones, fugas.
			Riesgo a la Salud	No aplica	



Etapas de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	2.Válvulas reguladoras de presión, alivio de presión. 3.Detectores de fuga de H2. 4.Paradas de emergencia (electrolizador + compresor). 5.Equipo de Primera respuesta. 6.Uso de EPP indicado en procedimiento de transporte de H2.	
	Incendio	Fuga de hidrógeno no se detecta y se produce incendio con operador en vehículo	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Válvulas de alivio de presión y de corte. 2.Paradas de emergencia. 3.Procedimientos ante emergencias. 4.Contacto con equipo de primera respuesta en mina.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica		
	Zonas de maniobras acotada o reducida.	Choque	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Solo vehículos autorizados y previamente coordinados pueden ingresar al área. 2.Solicitud ingreso de vehículo al operador. 3.Señalética.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio		
	Presencia de otros vehículo	Colisión	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Solo vehículos autorizados y previamente coordinados pueden ingresar al área. 2. Solicitud ingreso de vehículo al operador. 3. Señalética.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica		
	Mantenimiento de equipos					
	Operación	Incendio al existir alguna chispa en el ambiente y Fuga de hidrógeno.	Incendio / Explosión / Contaminación	Riesgo a la Seguridad	Alto	1. Prohibido el uso de otros equipos eléctricos. 2.Restrictción de acceso a área de celdas de combustible 3.Plan de emergencia en caso de incendio. 4. Sistema de parada de emergencia por fugas u otros incidentes.
				Riesgo a la Salud	No aplica	
Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura				No aplica		
Baja concentración de Oxígeno (es más operacional de eficiencia)		Asfixia / hipoxia	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sistemas de ventilación. 2.Sistemas de paradas de emergencia.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica		
Eléctrico		Cortocircuito. No tenga suministro eléctrico (Es equivalente a una eléctrico)	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sistema de control de regímenes de operación de Celdas. 2.Protocolos estandarizados y señalización. 3.Uso de EPP adecuado.	
			Riesgo a la Salud	No aplica		
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica		



Etapa de operación	Aspecto/ peligro	Evento no deseado	Nivel de riesgo		Controles
	Polvo en suspensión	Se tapan válvulas de venteo. Se tapa el sistema de filtro. No hay refrigeración.	Riesgo a la Seguridad	No aplica	1.Se consideran gabinets con sellos en puertas. 2.Sistema de filtros y ventilación.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
Mantenimiento	Presión/ explosión	Crackeo de material	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Sensores de concentración de hidrógeno. 2.Instrumentación y herramientas adecuadas. 3. Procedimiento de carga y planes de emergencia. 4. Revisar sistemas de venteo.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Aceptable	
	Tránsito por relieve irregular / desniveles / resbaladizo	Caídas igual o distinto nivel.	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Atención permanente al entorno de trabajo. 2.Tránsito por áreas habilitadas. 3. Caminar despacio y lento por áreas presencia hielo. 4.Realizar ART incluyendo peligro y control.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	
	Incendio	Incendio producido al momento de hacer mantenimiento	Riesgo a la Seguridad	Alto	1.Chequeo de fugas y materiales en mal estado. 2.Plan de Emergencia.
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	Medio	
	Eléctrico	Descargas por estática de sistemas cargados	Riesgo a la Seguridad	Medio	1.Protocolos de prueba y tiempos adecuados para des energizar y manipular equipos. 2.Sistema de extinción. 3.Planes de emergencia. 4.Cámaras infrarrojo. 5.Diseño de acuerdo NFPA 2 (distancias, materiales, cortafuegos).
			Riesgo a la Salud	No aplica	
			Riesgo en equipos, instalaciones e infraestructura	No aplica	

5.4.2. Adicionalmente, se incorpora mediante el documento actualizado denominado “**Distancias mínimas de seguridad planta H2.pdf**”, ubicado en la carpeta “**4. Diseño>Planos.**” una nueva clasificación detallada de las zonas de riesgo y sus distancias mínimas de seguridad, en cuyo análisis resalta de manera evidente las áreas críticas que demandan especial atención y protección, utilizando como base la normativa internacional NFPA 2/2020.

5.4.3. Además, se realiza una nueva descripción detallada de los sistemas de seguridad según consta en el documento actualizado denominado “**5. Seguridad en las instalaciones**”, ubicado en la carpeta “**5. Seguridad**”, abarcando aspectos generales y específicos en cada etapa de la cadena de valor de la instalación, que comprende la generación, almacenamiento, compresión y almacenamiento en cilindros del hidrógeno, e incluye los siguientes sistemas de seguridad: sensor de hidrógeno, sensores de incendio, control de ventilación, parada de emergencia I, parada de emergencia II, monitoreo remoto.



5.4.4. Por último, es preciso señalar que, la modificación del proyecto especial no ha incluido una actualización del estudio de cálculo de áreas clasificadas conforme a las variaciones efectuadas, por lo tanto, dicho estudio deberá ser acompañado al momento en que la instalación de hidrógeno en comento se inscriba ante esta Superintendencia.

6° Que, mediante Oficio ORD. SEC N°210422, de fecha 30.01.2024, esta Superintendencia remitió observaciones al Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, solicitando antecedentes para subsanar y/o complementar la solicitud de autorización de modificación del proyecto especial señalada en el Considerando 2° de la presente resolución.

7° Que, mediante presentación ingreso SEC N°258219, de fecha 16.02.2023, don Roberto Santiago Olmedo, en representación de Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, da respuesta a lo ordenado en Oficio ORD. SEC N°210422, de fecha 30.01.2024, aportando la información requerida por este Servicio.

8° Que, la actualización de la matriz de comparación normativa, presentada por la Alianza "MSP-CNP", en el marco de la modificación del proyecto especial, reemplaza íntegramente a la versión originalmente presentada, dado que identifica con mayor detalle 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, tal como se detalla a continuación:

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

N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
1	6.4 Clasificación de ocupación	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	Considerado en instalación de acuerdo a manuales del fabricante. Manuales adjuntos en carpeta "6. Calidad".
		6.4.1.5.1.3 Hidrógeno gaseoso es permitido en habitaciones que cumplen con 10.4.3.3 en cantidades superiores a las permitidas en tabla 6.4.1.1.1 para ensambles, educación, institución, residencial y comerciales.	Considerado en instalación de acuerdo a manuales del fabricante. Manuales adjuntos en carpeta "6. Calidad".
2	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 Fuel Gas Code	6.5. 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 Fuel Gas Code.	Se utilizan tuberías de acero inoxidable 316 y de 1/4" diámetro en la zona de generación y 3/8 en la zona de compresión.
		6.5.1.2 Las uniones deben tener un punto de fundición de 538°C.	Conexiones estándar de acero inoxidable 316.
		6.5.1.5 Sistemas de prevención de Back Flow (contraflujo) NFPA 55 7.3.1.3.2	Válvulas de retención entre equipos para evitar retornos de purgas y venteos O2/H2/H2O
		6.5.2 Ensamblaje de partes tuberías y componentes	Todos los componentes en contactos con H2 son indicados por el fabricante (Swagelok). Equipos dentro de laboratorio los cuales serán operados por personal capacitado.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
3	6.8 Equipamiento eléctrico	6.8.1.1 Para el almacenamiento de GH2 se debe contar con equipos eléctricos conectados a un sistema eléctrico en stand by que consideren los requerimientos de NFPA 70. Equipos como: Ventilación mecánica, Sistemas de tratamiento, Control de temperatura, Alarmas, Detectores, Otros equipos eléctricos.	El electrolizador incluye alarmas, detectores internos, control de temperatura. Adicional se cuenta con un detector y alarma ante fugas de H2 en la sala de generación. Y para estanque H2 no aplica debido a que se encuentra en exterior rodeado.
		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.	Para casos de emergencia, se considera un protocolo de emergencia de ventilación natural en la sala de electrolizador. Por definición del proyecto, este solo debiese operar cuando exista disponibilidad de energía renovable.
4	6.9 Sistema de alarmas para los empleados:	Requeridos por la regulación del gobierno local. Para avisar a los trabajadores de los riegos y procedimientos de mitigación o evacuación.	Se utilizará la alarma interna de los electrolizadores que detectan condiciones de fuga y detienen los equipos y avisan al sistema. También se cuenta con detector y alarma ante fuga de H2 en la sala de electrolizadores, el cual detiene de forma automática el funcionamiento de los equipos.
5	6.12 Sistema de alarma de fuego	6.12.1 Manual del sistema de alarma de incendio debe ser provisto	Alarma de incendio instalada considerando sensores y activación manual de acuerdo al "Plan de incendio y emergencias planta H2V" Adjunto en la carpeta "5. Seguridad"
		6.12.2 El sistema de ser diseñado, instalado y mantenido de acuerdo con NFPA 72/2019, la cual exige el cumplimiento de: - Procedimiento en caso de incendio elaborado conforme a los requerimientos documentales exigidos en 7.2. - Selección e instalación del sensor en base al capítulo 17. - Alarma manual de incendio ligada a la parada automática de equipos de generación 3.3.12.3 y obedece al sistema de control descrito en A.14.6.2.4.	La planta cuenta con un sistema de alarma de incendio y el procedimiento correspondiente elaborado conforme a los requerimientos documentales exigidos Se adjunta documentación de la instalación y calibración del sensor de hidrógeno. Alarma manual de incendio ligada a la parada automática de equipos de generación y con sistema de control en respaldo documental. Adjunto en la carpeta "5. Seguridad".
6	6.13 Sistemas de detección de GH2:	6.13.1 Los sistemas incorporados deben ser listados o aprobados.	Se considera el sistema de detección interna del electrolizador el cual está diseñado por el fabricante y detecta fugas por diferencias de presión. También se cuenta con detector y alarma ante fuga de H2 en la sala de electrolizadores, el cual detiene de forma automática el funcionamiento de los equipos.
7	6.14 Iluminación:	Las áreas de uso y almacenamiento deben contar con luz natural o artificial (55:6.12).	Se considera iluminación artificial.
8	6.16 Estanterías de cilindros.	6.16.1 Deben ser construidos en materiales no combustibles y diseñados para soportar el peso.	Construidos en estructuras de acero al carbono.
9	6.17 Terminación de ventilación	6.17.1 La salida del venteo debe estar al menos 3	Se considera un venteo a una distancia de 3 metros a otros venteos y altura 1.5 m sobre el techo.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
10	6.18 Ventilación: Almacenamiento en entornos cerrados y áreas de uso deben contar con ventilación mecánica o ventilación natural.	metros sobre el suelo o 0.61 sobre los equipos adyacentes o 1.5 metros sobre el techo.	
		6.17.2 Las salidas deben estar ubicadas afuera y lejos de áreas de personal, fuentes de ignición, entradas de aire, áreas abiertas y voladizos.	Venteos y purgas fuera del contenedor y dirección contraria a ubicación de personal.
		6.18.1 Tasas de ventilación: Debe proveer una tasa no menor a 0.0051m³/s/m² del área sobre el área de almacenamiento o uso.	Se considera la ventilación del sistema de aire acondicionado, la cual es sobredimensionada por 4 veces el mínimo 0.0051 m³/s/m².
		6.18.2.1 Sistemas mecánicos de ventilación. Debe cumplir con los requerimientos del manual del ventilador (mechanical code).	
		6.18.2.1.1 Operación continua.	
11	6.22 Limpieza y purga del sistema de piping.	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 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**.	Considerado en diseño de la planta. Respaldo en planos adjunto es en carpeta "4, Diseño".
		Procedimientos, medidas y condiciones de limpieza y purga.	Los electrolizadores tienen un sistema de líneas purga y limpieza de estas el cual es automático. Esta considerado un procedimiento de puesta en marcha para asegurar calidad y niveles de pureza.
		7.1.5 Cilindros, contenedores y tanques.	El estanque utilizado cuenta con certificación europea 2006/42/CE donde se encuentra considerada la ASME B31:12 entre otras. Cilindros bajo el estándar ISO9809-1.
		7.1.5.5 Sistemas de alivio de presión (CGA S-1.1 1.2 y 1.3).	El estanque considera válvulas de alivio de presión al estar al exterior el hidrógeno se difunde reduciendo el riesgo de desplazamiento de oxígeno y atmósfera explosiva.
		7.1.5.5.5 Las válvulas deben ser dispuesta de tal modo que liberen el gas a la atmósfera de forma segura (estructura adyacente, personal)	Válvula ubicada en el exterior del contenedor.
12	7.1 Generalidades de hidrógeno gaseoso.	7.1.5.5.6 Diseñado en ubicaciones donde no pueda acumularse humedad y congelarse.	Se considera que las válvulas del estanque se encontrarán en una estructura techada que lo protegerá de la humedad y las tuberías se dispondrán de tal modo que no se acumule humedad al momento de su instalación.
		7.1.6 Etiquetas (almacenamiento, mantenimiento, cilindros, tanques, piping, advertencias peligros).	Se utiliza normativa chilena de sustancias peligrosas para etiquetado. Acompañado de señalética de seguridad en todas las áreas involucradas.
		7.1.7 Seguridad	Se desarrolla en 7.1.7.2 y 7.1.7.3.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		7.1.7.2 Áreas	Se mantendrá restringido el acceso y se complementará con señaléticas.
		7.1.7.3 Protección física	Equipos de generación contenidos en el contenedor cerrado "sala de generación", en el exterior se definen zonas delimitadas para la operación de equipos. Complementado con la existencia de barreras que separaran el estanque de almacenamiento de intervención humana o cualquier vehículo que circule por la zona. Los cilindros se encuentran asegurados a estructura metálica "jaula". Planos de la estructura adjuntos en la carpeta "4. Diseño".
		7.1.7.4 Cilindros, containers o tanques de GH2 en uso o almacenados deben ser asegurados para evitar caídas. A menos que sea permitido por 7.1.7.4.1 o 7.1.7.4.2.	Cilindros asegurados a estructura de marco metálico en todo momento, Estructura "jaula" asegura seis (6) cilindros a la vez, aumentando la estabilidad del conjunto. Ver planos de fabricación en la carpeta "4. Diseño".
		7.1.7.4.1 Cilindros en proceso de examinación, inspección, mantenimiento o llenado, no requieren estar asegurados.	N/A ver 7.1.7.4.
		7.1.7.4.2 en plantas de llenado de cilindros, se permite el anidado de cilindros como medio de asegurar.	N/A ver 7.1.7.4.
		7.1.8 Protección de válvulas de cilindros, contenedor o tanques	Se desarrolla en 7.1.8.1.1 y 7.1.8.2.
		7.1.8.1.1 Las válvulas deberán ser protegidas de cualquier daño físico por medio de tapas, collares o dispositivos similares.	El estanque al estar dentro de un área asegurada, la válvula estará protegida de daños físicos externos. Para los cilindros, la estructura metálica protege las válvulas y elementos de conexión del manifold.
		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).	Se considera en procedimientos de operación.
		7.1.9 Separación para evitar condiciones de peligros.	Se desarrolla en 7.1.9.1.1 y 7.1.9.1.2.
		7.1.9.1.1 Separación de 10ft o 3.1 m de cualquier residuo inflamable, vegetación, y materiales similares.	Se consideran distancias de seguridad con un radio de 3,1 metros donde no habrá materiales inflamables o fuentes de ignición. Ver plano zonas de seguridad adjunto en carpeta "3. Normativa aplicable"
		7.1.9.1.2 No debe existir elevadores, plataformas o alturas cercanas a el estanque. Se debe evitar tener el tanque en alturas superiores a la mitad de la altura del tanque.	El tanque se encontrará bajo el nivel indicado.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		7.1.9.1.3 Temperaturas extremas: No debe ser expuesto directamente al sol y no debe superar temperaturas ambientales de 52 °C.	El estanque se encontrará cubierto de tal forma que no llegará radiación solar, que pueda elevar su temperatura. Las condiciones climáticas del lugar no alcanzan los 52°C ambiente.
		7.1.9.1.4 Caída de objetos.	El estanque estará cubierto en la parte superior de la estructura donde se encontrará.
		7.1.9.1.5 Sistemas de calefacción eléctricos.	El estanque no se calentará por sistemas de calefacción exterior.
		7.1.9.1.6 Fuentes de ignición.	No existen fuentes de ignición cercanas al contenedor.
		7.1.9.1.7 Expuesto a químicos.	No existen compuestos químicos peligrosos cercanos al contenedor.
		7.1.9.1.8 Expuesto a circuitos eléctricos.	Circuitos eléctricos no se encuentran en zona de estanque.
		7.1.10 Servicio y reparación debe ser realizada por personal capacitado.	Mantenciones menores serán realizadas por personal interno capacitados, y mantenciones mayores realizadas por personal externo experto. Toda mantención y reparación será llevada a cabo de acuerdo con las especificaciones indicadas por fabricante.
		7.1.11 Uso no autorizado. No debe ser utilizado para propósitos diferentes del cual fue diseñado.	Operación realizada por personal capacitado y uso de producción será autorizado por MSP y CNP.
		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.
		7.1.13 Fugas, daño y corrosión:	Se describe en los procedimientos de operación la inspección, detección, detención, reemplazo, reparación, manipulación en caso de fuga, daño o corrosión.
		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.	Zona de contención del estanque a una altura del suelo, por lo que el estanque no tiene contacto directo con el suelo ni agua. Para el caso de cilindros, estos se encuentran contenidos en la estructura metálica "jaula" tampoco se encuentra en contacto directo con el suelo o agua.
		7.1.15 Válvulas.	Diseño e instalación de válvulas serán realizadas de acuerdo con los usos especificados por el fabricante (apto para uso con H2).
		7.1.16 Sistema de venteo: Los sistemas de venteo cumplen con la CGA G5.5.	Venteos diseñados de acuerdo a 6.2.4 de la norma CGA G5.5. La elevación del venteo debe ser mayor a: 1) 3 metros sobre el suelo de trabajo. 2) 0,61 metros sobre equipamiento adyacente. 3) 1,5 metros sobre la altura del techo.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		7.1.19 Compresión y equipos de procesamiento: Deberá ser diseñado para el uso específico de gas de H2.	Se considera un secador de H2 apto para 35 bar y un compresor de hidrógeno tipo pistón impulsado por aire (booster) apto de 0 a 800 bar de presión. Ambos equipos cumplen con ser diseñados específicamente para hidrógeno y con el rango de presión y temperaturas de trabajo del sistema (35 bar generación, 200 bar embotellamiento, temperatura ambiente).
		7.1.19.1 Compresión debe contar con válvula de alivio de presión de acuerdo con cada etapa para limitar a la máxima presión de trabajo de cada etapa de acuerdo a las tuberías y almacenamientos del sistema.	Válvula de alivio de presión seteada a máxima presión permitida de trabajo de los cilindros a llenar.
		7.1.19.2 Donde se haga compresión de GH2 desatendidamente, se debe equipar el sistema con control de apagado automático de alta descarga y baja presión de succión.	No se realiza compresión desatendidamente. Siempre habrá operador durante compresión.
		7.1.19.3 Sistema de parada automática.	Sistema de parada de emergencia se encuentra integrado en el electrolizador y compresor por separado, los cuales se activan y se mantienen hasta que sea revisado por personal autorizado.
		7.1.20.1 Válvulas deben ser instaladas de forma que todo compresor pueda ser aislado para mantenimiento. La línea de descarga del compresor debe ser equipada con una válvula check para evitar flujo proveniente de fuentes de alta presión aguas abajo.	Válvulas de corte manual serán instaladas aguas arriba y aguas debajo de compresor para aislar y realizar mantenimiento. Ver "PI&D planta de generación y almacenamiento H2V" adjunto en la carpeta "4. Diseño".
		7.1.20.2 Fundaciones para soportar equipamiento debe ser diseñado y construido de acuerdo al código de construcción adoptado.	Fundaciones e infraestructura de acuerdo a norma de construcción y sísmica chilena. Se realiza refuerzo estructural de la estructura "techo patio de compresión" de acuerdo a recomendación de experto basado en estudio estructural. Archivos de respaldo en la carpeta "4. Diseño".
		7.1.20.3 Cuando se active una parada de emergencia, todos los compresores de la instalación deben detenerse como una sola unidad.	Equipos de compresión de aire (compresor de aire y secador de aire) cuentan con botón único de parada de emergencia. N/A a gas booster, de funcionamiento neumático. Su detención en caso de emergencia se describe en "Procedimiento de paradas de emergencia y sensores planta H2V". Adjunto en la carpeta "5. Seguridad".
		7.1.20.4 Cada compresor debe contar con venteo o válvula de alivio de presión que impidan eventos de sobrepresión del compresor en operación normal o anormal.	Compresor cuenta con línea de venteo y despiche.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		7.1.20.5.1 Presión en la descarga de compresores deben ser monitoreadas por un sistema de control.	Compresor cuenta con monitoreo y control por sistema de control manual bajo responsabilidad del operador. La presión de trabajo es considerablemente inferior a capacidad del equipo (<200 vs 800 bar).
		7.1.20.5.2 Descarga en presiones superiores a la de trabajo deben causar al compresor una parada de emergencia.	<p>Para el caso del compresor de aire, este cuenta con detención de la compresión a los 8 bar definido por fabricante, además cuenta con válvula de alivio en caso de sobrepasar la presión de trabajo.</p> <p>Para el gas booster, este se encuentra trabajando bajo la capacidad máxima de compresión. Al tratarse de un sistema neumático su trabajo depende de la presión entregada por el compresor de aire y por lo tanto, de las medidas de seguridad del anterior.</p>
		7.1.20.6 Tuberías hacia y desde el compresor deben estar protegidas de daño vehicular.	Tuberías en la zona de compresión instaladas sobre loza de trabajo, fuera del alcance de paso vehicular. Adicionalmente se considera la restricción del perímetro contiguo al patio de compresión durante el funcionamiento de los equipos.
		7.1.22.10.3 Apertura de ventilación natural y tomas de aire deben estar separadas de fuentes de GH2 no a granel. Distancia de seguridad de acuerdo a 7.2.2.3.2.4.	Zona de almacenamiento principal (850 L @ 35 bar), separada de zona de producción (dentro de contenedor), de zona de compresión y embotellado.
		7.1.23 Válvula de parada de emergencia.	El electrolizador considera una válvula de flujo que reacciona ante cualquier parada de emergencia, apagando el sistema. Adicionalmente existen válvulas manuales entre electrolizador y estanque que permiten cerrar el flujo de H2 ante cualquier emergencia.
		7.1.25.1 Equipos con producción de carga estática.	Todos los equipos serán instalados y conectados adecuadamente a tierra para evitar cualquier fuente de ignición por arco eléctrico.
		7.1.25.6 Señalética de No Fumar o Flama Abierta.	Se consideran señaléticas de no fumadores o el uso de fuego en una zona no menor a 7.6 m. del área de almacenamiento.
		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.
13	7.2 No a granel, bajas cantidades (Non Bulk)	7.2.1.1.6 Separación espacial en los que estos estén conectados a manifolds (serpentin) para su llenado, análisis o manufactura.	Sistema de transporte y aseguramiento de cilindros diseñado de acuerdo a este artículo considerando uso para llenado, transporte y uso.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		7.2.2.3.2 Distancia a exposiciones: El almacenamiento exterior de GH2 debe situarse de límites de terreno, caminos públicos o edificios no relacionados a la manufactura o distribución del GH2 de acuerdo a la tabla 7.2.2.3.2	El sistema de almacenamiento se encuentra separado de vías públicas, edificios, construcciones, que es mayor a lo indicado por la tabla 7.2.2.3.2. - 5ft (1,5m) de otras áreas de almacenamiento - 5ft (1,5m) de líneas de propiedad - 5ft (1,5m) de vías públicas - 0ft (0m) de edificaciones. Distancia acortada por muro de contención cortafuego RF180.
		7.2.2.3.2.1 Las distancias mínimas requeridas por la tabla 7.2.2.3.2 no aplican cuando existen barreras de fuego sin aperturas o penetraciones con un mínimo de resistividad al fuego de dos horas interrumpiendo la línea de vista entre el almacenamiento y la fuente de exposición.	Adicional a cumplir las distancias, el sistema cuenta con paredes de muro cortafuego RF180.
		7.2.2.3.2.2 La configuración de las barreras de fuego en la tabla 7.2.2.3.2 deben diseñarse para permitir el paso de ventilación natural para prevenir la acumulación de gas peligroso.	El muro cortafuego se construye en 3 de los 4 lados del almacenamiento exterior. Permitiendo el flujo de aire.
		7.2.2.3.2.4 Tomas de aire: Almacenamiento y uso de GH2 no debe situarse dentro de 6 metros de tomas de aire.	En consecuencia, por lo exigido en 7.1.22.10.3.1 se da cumplimiento a 7.2.2.3.2.4 también indica una distancia mínima de 6 metros de las tomas de aire. Ver plano de distancias de seguridad en la carpeta "4. Diseño".
		7.2.3.2 Uso Interior: Uso de GH2 de acuerdo a los requerimientos de 7.1.	Se cumple con los lineamientos generales expuestos en 7.1.
		7.2.3.3 Uso Exterior: Uso de GH2 de acuerdo a los requerimientos (aplicables) de 7.1.	Se cumple con los lineamientos generales expuestos en 7.2.
14	13 Sistemas de generación de H2	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.	Capacidad nominal de producción de hidrógeno de cada electrolizador es 1,0785 kg/24 h. Resultando en un total de 135 g/h para el sistema de generación compuesto por tres (3) electrolizadores.
15		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 de acero inoxidable 316 y de 1/4" diámetro en la zona de generación hasta el almacenamiento a 35 bar. Luego continua al sistema de compresión con un diámetro de 3/8".
		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	-Contenedor con puertas y acceso restringido. -Sistema construidos en estructuras de acero (no inflamable). -Cumplimiento norma chilena antisísmica. -No aplica, esta estático. (Diseñado fijo a piso). - 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.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		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. (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. (5) La ventilación del sistema de generación debe cumplir con la sección 6.17. (6) Los controles de seguridad deben cumplir con la norma NFPA 79 (Estándar eléctrico para maquinaria industrial).	- Los electrolizadores consideran sistemas detección de H2 diseñado por el fabricante a modo de seguridad del sistema.
		13.2.5.1 En adición a lo establecido en 13.2.4, para sistemas de generación en interiores se debe cumplir: (2) 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 7.2.2.2 o 7.3.2.3 (la menor exigencia entre ellos). (3) 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.	Se considera una distancia de seguridad de acuerdo a 7.2.2.2.2 especificado en la tabla 7.2.2.3.2 de 1,5 metros de separación entre el sistema de almacenamiento y sala con electrolizadores, la cual es acortada a cero por la construcción de una barrera RF180 entre la pared que separa electrolizadores y almacenamiento.
		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	Cumple de acuerdo a consideración de ventilación inicial (se sobredimensiona la extracción de aire de la sala de electrolizador por lo que no se considera medición de porcentaje de O2 o H2 al interior).
		13.3.1.1.2 Los electrolizadores deben estar enlistados o aprobados para su uso.	Todos los equipos involucrados en el proceso y/o en contacto con el hidrógeno cuentan con su respectiva certificación entregada por fabricante.
		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 control de apagado para la generación en caso de detención en la ventilación mecánica.
		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	Aplica lo considerado en 6.18.1.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		constante suficiente para mantener una concentración promedio de gas H2 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.	
		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.

8.2. ISO / TR 15916: 2015.

N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
1	6 Consideraciones de seguridad.	Hace referencia a los factores de peligro de combustión, presión, fragilización de materiales, riesgo a la salud y capacitación de operadores.	Considerado en matriz IPER. Adjunta en la carpeta "5. Seguridad".
2	7.1.2 Lecciones aprendidas.	Identifica y categoriza las causales de incidente más común con uso de hidrógeno. Deficiencias operativas y Falta de capacitación específica son las causas principales. En la Página Hysafe y h2incidents.org existen más antecedente de incidentes.	En revisiones de diseño, procedimientos y matrices incluir medidas en función a las lecciones aprendidas.
3	7.2 Diseño medidas de prevención y mitigación diseño.	7.2.1 Diseño a prueba fallas automática (válvulas vuelvan a posición segura, monitoreo remoto, sensores, sistemas de alertas), diseño seguro: Estanques de acuerdos 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 aislarán la sala de operaciones de H2. Asimismo, se considera un muro de RF180 que separa los equipos de la sala de almacenamiento exterior. Además, se consideran válvulas de alivio de presión y venteos con distancias seguras de acuerdo a NFPA 2 y fabricante.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		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 resistente al hidrógeno, aceros inoxidable 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.	
		7.2.3 Consideraciones de componentes y recipiente: Incluir sistema de alivio de presión adecuados por volumen almacenado y evitar una la sobrepresión del sistema.	
		7.2.5 Tuberías, conexiones y juntas	
		7.2.6 Limpieza	
		7.2.7 Componentes de alivio presión, filtros instrumentación y control	
4	7.3 Prevención y mitigación de peligros y riesgo de incendio y explosión.	7.3.3 Eliminar las fuentes de ignición como:	Consideración de ventilación en sala de operaciones, para reducir la probabilidad de generar una atmósfera inflamable.
		7.3.3.1 Por electricidad (estática, carga eléctrica por equipos de apoyo, arco eléctrico, relámpagos.)	
		7.3.3.2 Mecánicos (impactos, fricción, vibración mecánica)	
		7.3.3.3 Temperatura (llamas abiertas, cargas explosivas, químicos reactivos)	
		7.3.4 Estrategias para evitar detonaciones y deflagración. Uso apagallamas. Evitar confinamiento o congestión. Reducir tamaño sistema.	
5	7.4 Detección	7.4.1 Sistema de detección fuga de gas.	Se considera la instalación de detector de incendios dentro de la sala de generación. Se cuenta con detector y alarma ante fugas de hidrógeno en la sala de electrolizadores (seteado al 10%LEL y 25%LEL). Para los equipos de compresión se establece un procedimiento de inspección manual frente a fugas previo a cada instancia de operación. Adicionalmente se considera pintura antiestática y anti ignifuga. Además de considera una barra química para la puerta a tierra.
		7.4.2 Sistema detección de fuego	
6	7.5 Consideración de instalaciones	7.5.1 Lugar.	Lugar con accesos controlados.
		7.5.3 Exclusión de áreas (limitar acceso, operaciones aprobadas, letreros, rejas apara áreas críticas).	Se considera en los planos y diseño de la exclusión de áreas.



N°	Sección	Subsección	Aplicación en el proyecto
		7.5.4 Barricadas de protección (protección por posible explosiones y proyección de materiales).	Se consideran barras de contención y separación de las vías para vehículos.
		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.
		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).	Véase en consideraciones de ventilación NFPA 2 y planos.
		7.5.8 Ventilación (eliminar hidrógeno de los espacios confinados hacia afuera). Ventilación natural o forzada.	Véase en consideraciones de ventilación NFPA 2 y mínimos de ventilación para minimizar las atmósferas explosivas.
		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 químicas antiestáticas para conexión a tierra.
		7.5.10 Alarmas audibles visible o ambas (fuga hidrógeno, fuego, presión alta trabajo, posición de válvulas).	Se considerará alarma visible y audible para los riesgos considerados.
		7.5.11 Los sistemas de protección fuego pueden se automático o manual (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 procedimiento de mitigación de llama en estanque de almacenamiento exterior.
7	7.6 Consideraciones de operación.	7.6.2 Procedimientos de operación.	Se considerarán los procedimientos de seguridad, operación, almacenamiento y transporte donde se instalarán los equipos de H2, de acuerdo a los requerimientos de los fabricantes y normas locales de seguridad y operación de entornos industriales.
		7.6.3 Equipos de protección personal.	
		7.6.5 Transporte.	
		7.6.6 Operación de almacenamiento y transferencia.	
		7.6.7 Procedimiento emergencia.	

9° Que, en relación con la evaluación de conformidad de los elementos que componen el sistema de generación, almacenamiento, compresión y almacenamiento del hidrógeno en cilindros, se acompañaron en la presentación citada en el Considerando 2° de la presente resolución los certificados de conformidad de los equipos que a continuación de indican:

- Electrolizadores Enapter EL 2.1. Certificado del proveedor N°: ELE21-CRT-DOC01.
- Secador de hidrógeno Enapter DRY2.1. Certificado del proveedor N°: DRY21-CRT-DOC01.
- Hydrogen Booster SunCenter (CE).
- Estanque de almacenamiento de hidrógeno Mahytec 850 L.
- Cilindros de almacenamiento de hidrógeno a presión 229-50L.
- Sistema de purificación de agua Enapter BWT - BONAQUA 500 S/RUBINETTO.
- Certificado sistema de compresión Suncenter: Pneumatic Booster Pump, Gas Booster, Air Hydraulic Pump, Hydrostatic Test Machine.



10° Que, analizados los antecedentes presentados, es posible concluir que la modificación del proyecto especial es concordante con la normativa técnica acompañada, e incorpora elementos de seguridad que mitigan los riesgos en el manejo y uso del hidrógeno, manteniendo el nivel de seguridad del proyecto originalmente autorizado, por lo que corresponde modificar la Resolución Exenta SEC N°14690, de fecha 08.11.2022, mediante la cual este Organismo Fiscalizador autorizó el proyecto especial denominado “Pilotaje de tecnología de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero”.

RESUELVO:

1° Modifícase la Resolución Exenta N° 14690, de fecha 08.11.2022, mediante la cual este Organismo Fiscalizador autorizó el proyecto especial denominado “Pilotaje de tecnología de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero”, el cual ha sido presentado por Centro Nacional de Pilotaje de Tecnologías para la Minería, RUT: 65.190.249-5, y Minera San Pedro S.A., RUT: 85.466.200-7, representadas legalmente por don Andrés González Cornejo y Andrés Guerrero Marcó, respectivamente, destinada a ser implementada en las instalaciones de Minera San Pedro S.A., ubicadas en la comuna de Til Til, Región Metropolitana, en los siguientes términos:

- 1.1. Reemplázase los antecedentes señalados en las letras y numerales que corresponden de los Considerandos 4°, 6°, 8° y 10° de la Resolución SEC N°14690, de fecha 08.11.2022, por los que se individualizan en la cuarta columna de la tabla indicada en el Considerando 5°, numeral 5.1. de la presente Resolución.
- 1.2. Reemplázase la matriz de comparación normativa del Considerando 11° de la Resolución SEC N°14690, de fecha 08.11.2022, por la matriz indicada en el Considerando 8° de la presente Resolución.
- 1.3. En materias de análisis de riesgo y mitigación, reemplázase la matriz de mitigación de riesgos del Considerando 12° de la Resolución SEC N°14690, de fecha 08.11.2022, por la matriz indicada en el Considerando 5°, numeral 5.4.1. de la presente Resolución.
- 1.4. Agrégase como parte del expediente del proyecto especial, los documentos individualizados en el Considerando 5°, numeral 5.2 de la presente Resolución.

2° Que, la autorización concedida para la presente modificación del 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.

3° Previo a la puesta en servicio, y a efecto de dar cumplimiento a lo dispuesto en el Considerando 3° de la presente Resolución, la instalación de 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:

- 3.1. Formulario de declaración, según formato que se adjunta a la presente Resolución.
- 3.2. Fotocopia de la cédula de identidad del representante legal.
- 3.3. Plano de Layout general de la instalación “As Built”.
- 3.4. Plano de redes de gas “As Built”.



- 3.5. Memoria técnica general del proyecto.
- 3.6. Informe de pruebas y ensayos de fuga conformes de los sistemas y subsistemas y equipos, según especificaciones técnicas y normas.
- 3.7. 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").
- 3.8. Cronograma de operación de la planta piloto de hidrógeno.
- 3.9. Manual de seguridad de la instalación de hidrógeno.
- 3.10. Estudio de cálculo de áreas clasificadas.
- 3.11. Certificados de conformidad citados en el Considerando 9.
- 3.12. Copia de la Resolución Exenta SEC N° 14690, de fecha 08.11.2022, que autoriza el proyecto especial "Pilotaje de tecnología de hidrógeno verde para abastecimiento energético de campamento minero".
- 3.13. Copia de la Resolución que autoriza la presente modificación del proyecto especial.

4º Que, se mantienen las disposiciones establecidas en Resolución Exenta SEC N°14690, de fecha 08.11.2022, en todo lo que no se contraponga a la presente resolución.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE Y ARCHÍVESE

MARTA CABEZA VARGAS

Superintendente de Electricidad y Combustibles



Caso:2001622 Acción:3574963 Documento:3948891
V°B° FNH/KBV/GGT/PLS/MLZ/PKC/NMM

33/33

<https://wlhttp.sec.cl/timesM/global/imgPDF.jsp?pa=3574963&pd=3948891&pc=2001622>

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