



Comunicación de proyecto con VAL

Planta piloto de producción de H₂
ANCAP
Abril 2021



Planta piloto de producción de H ₂		
Consultor a cargo	Sandra Castro	
Consultores	Silvana Fadul, Magdalena López, Érika Pérez, Nicolás Silvera, Héctor Villaverde, Juan Bussi	
Tipo documento	Documento	
Contacto	secretaria@adapta.uy 27162618	
Cliente	ANCAP	
Contraparte		
Documento	CdP con VAL proyecto hidrógeno_final	Número de páginas: 103
Fecha de entrega	27/04/2021	Vía:
		Correo electrónico: ☒ Papel: ☒

Notas:

- El documento se encuentra editado para su impresión en doble faz.
- Si el documento se encuentra en formato pdf, puede navegar en él haciendo uso del Índice del documento, o usando la herramienta marcadores (Ver > Mostrar/ocultar > Paneles de navegación > Marcadores).

INDICE

- SIGLAS Y ABREVIATURAS	7
- INTRODUCCIÓN	9
Objetivo del informe y su marco jurídico	9
Antecedentes y justificación del proyecto	9
- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
Localización y área de influencia	11
Justificación de la localización	12
Vínculo jurídico en relación con los predios	14
Descripción del proceso, equipos e instalaciones.....	14
a. Proceso	15
b. Equipos	22
c. Aspectos de seguridad	25
Etapa de construcción.....	28
a. Cronograma y mano de obra	28
b. Maquinaria	28
c. Acceso para el traslado de equipos.....	29
Etapa de operación	30
a. Consumos	30
Etapa de abandono	31
Aspectos ambientales del proyecto	31
a. Construcción	31
b. Operación	33
- CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO RECEPTOR	37
Medio físico	37
a. Clima	37
b. Calidad de aire	38
c. Suelos	40



d.	Aguas superficiales	40
e.	Presión sonora	43
f.	Paisaje	43
	Medio biológico	44
a.	Consideraciones generales	44
b.	Flora y Fauna	46
	Medio humano	47
a.	Población y vivienda	47
b.	Infraestructura social y comunitaria	52
c.	Infraestructura vial	54
d.	Usos y actividades	54
e.	Ordenamiento Territorial	55
f.	Percepción social	57
-	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	60
	Identificación de impactos en la etapa construcción	61
	Identificación de impactos en la etapa de operación	67
	Impactos positivos	76
-	EVALUACIÓN DE ASPECTOS SOCIALES	77
	Metodología	77
	Efectos sociales evaluados (12) (13)	77
a.	Por emisiones atmosféricas	77
b.	Por ruidos/vibraciones	77
c.	Afectaciones de la circulación vehicular y/o peatonal	78
d.	Afectación del acceso a bienes y servicios	78
e.	Seguridad de la comunidad	78
f.	Afectación de actividades turísticas	79
g.	Afectación de actividades culturales/sociales/comunitarias	79
h.	Generación de nuevos puestos de trabajo	79
i.	Seguridad pública	79
j.	Efectos sobre la salud de la población	80



- EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	81
Introducción	81
a. Usos de Hidrógeno a nivel mundial - Actual y futuro	81
b. Perspectivas a futuro.....	83
Riesgos del proyecto.....	84
a. Productos peligrosos a manejar en la planta piloto	84
b. Hidrógeno	85
c. Normas básicas de seguridad.....	86
d. Antecedentes de accidentes a nivel mundial	87
e. Metodología evaluación de riesgos	90
f. Evaluación de riesgos de la etapa de operación.....	90
- PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL	93
Lineamientos de Plan de Gestión Ambiental de Construcción	93
a. Gestión del obrador	93
b. Gestión de residuos.....	93
c. Drenaje de pluviales	94
d. Gestión de efluentes líquidos	94
e. Gestión de emisiones atmosféricas	94
f. Gestión de Ruido	94
g. Gestión de sustancias peligrosas	94
h. Tránsito.....	94
i. Contingencias.....	94
Lineamientos de Plan de Gestión Ambiental de Operación	95
a. Gestión de Residuos	95
b. Gestión de efluentes líquidos	95
c. Ruido	96
d. Almacenamiento de productos químicos	96
e. Emisiones a la atmósfera.....	96
f. Plan de Contingencias	96
g. Plan de Gestión Social.....	96



- CLASIFICACIÓN DE PROYECTO PROPUESTA	98
- BIBLIOGRAFÍA	99
- ANEXO I: VERSIÓN ELECTRÓNICA DE FOLLETO INFORMATIVO	101



CUADROS

Cuadro 1 Acceso al proyecto	11
Cuadro 2 Características, riesgos y medidas de control relacionadas a proyectos de hidrógeno.....	26
Cuadro 3 Clasificación de los impactos de acuerdo con la Guía para la SAAP	60
Cuadro 4 Actividades del proyecto por etapa	60
Cuadro 5 Características de productos químicos.....	84
Cuadro 6 Características, riesgos y medidas de control relacionadas a proyectos de hidrógeno.....	86
Cuadro 7 Criterios para la valoración de los riesgos ambientales	90

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Platea de hormigón para la instalación de la planta	28
Fotografía 2 Visuales desde la zona del proyecto.....	44
Fotografía 3 Platea donde se ubicará el proyecto	45
Fotografía 4 Espacios verdes dentro del Polo logístico e Industrial Capurro y al este del proyecto.....	47
Fotografía 5 CAIF en el acceso al predio por Capurro	53

FIGURAS

Figura 1 Localización del proyecto sobre carta del SGM.....	11
Figura 2 Localización del proyecto	12
Figura 3 Infraestructura existente	13
Figura 4 Semirreacciones y tecnologías de electrólisis consideradas	15
Figura 5 Diagrama de fases del hidrógeno.....	17
Figura 6 Módulos componentes de las estaciones de recarga de hidrógeno	17
Figura 7 Esquema de proceso para la planta piloto de generación de H ₂	19
Figura 8 Esquemas de posibles layouts para el proyecto	21
Figura 9 Tanques para almacenamiento de H ₂ comprimido.....	23
Figura 10 Compresor tipo diafragma instalado con equipos auxiliares	24
Figura 11 Compresor de líquido iónico	25
Figura 12 Dispensador de hidrógeno tipo	25



Figura 13 Vías de acceso y salida para tránsito pesado	29
Figura 14 Ciclo de vida del hidrógeno a partir de energía renovable, modificado.	30
Figura 15 Histograma de velocidades y rosa de los vientos a 15 m de altura	37
Figura 16 Estaciones de monitoreo de calidad de aire IM	38
Figura 17 Puntos de monitoreo de calidad de agua	41
Figura 18 Segmentos censales y área de influencia	48
Figura 19 Emprendimientos cercanos al proyecto	55
Figura 20 Infraestructura existente	65
Figura 21 Tecnologías utilizadas para producción de H ₂ en el mundo – proyectos operativos	82
Figura 22 Tecnologías utilizadas para producción de H ₂ en el mundo – proyectos operativos + proyectos futuros	83
Figura 23 Cantidad de Accidentes Unión Europea 1995-2014	88
Figura 24 Causas de Accidentes – Unión Europea (1995-2014)	89
Figura 25 Etapas de Accidentes en Cadena de Producción de hidrógeno	89

TABLAS

Tabla 1 Coordenadas de ubicación del proyecto	12
Tabla 2 Valores de referencia para calidad de aire	39
Tabla 3 Parámetros monitoreados	39
Tabla 4 Parámetros monitoreados por la IM	42
Tabla 5 Datos socio demográficos – Censo 2011	51
Tabla 6 Comparación de parámetros relevantes para la seguridad	85
Tabla 7 Eventos ocurridos en Unión Europea 1995-2014	87
Tabla 8 Gestión de residuos en obra	93



SIGLAS Y ABREVIATURAS

A

Administración Nacional de Puertos: ANP	49
AI: Área de Influencia	57
ANCAP: Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Portland	10

C

CAIF: Centro de Atención a la Infancia y a la Familia	29
CDN: Contribuciones Determinadas Nacionales	9
CdP: Comunicación de Proyecto	9
Centro Comunal Zonal: CCZ	48
CONAMA: Comisión Nacional Asesora de Medio Ambiente	39
COP: Convención sobre el Cambio Climático 21º	9

D

DINACEA: Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental	9
---	---

I

INCAire: Índice de Calidad de Aire	40
Instituto Nacional de Estadística: INE	47
ISCA: Índice Simplificado de Calidad de Agua	42

M

MIEM: Ministerio de Industria, Energía y Minería	10
Monumento Histórico Nacional: MHN	48
MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas	66

N

Necesidades básicas insatisfechas: NBI	52
--	----

O

OMS: Organización Mundial de la Salud	39
---	----

P

PEM: Proton Exchange Membrane	14
PGR: Plan de Gestión de Residuos	31
Planta de Tratamiento de Efluentes: PTE	33, 69

R

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	34
Resolución Ministerial: RM	55

S

SDFR: Sitio de Disposición Final de Residuos	34
SGM: Servicio Geográfico Militar	11



T	
TPDA: transito promedio diario anual	66
U	
UTE: Usinas y Transmisiones Eléctricas	10
V	
VAL: Viabilidad Ambiental de Localización	9



INTRODUCCIÓN

Objetivo del informe y su marco jurídico

El siguiente documento tiene como objetivo presentar la Comunicación de Proyecto (CdP) y la Viabilidad Ambiental de Localización (VAL) del proyecto de construcción de una planta piloto de producción de hidrógeno, a localizarse en la planta de Capurro de ANCAP, en el departamento de Montevideo.

La construcción de la planta piloto debe ser comunicada a la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA) a los efectos de que esta:

- Clasifique el proyecto. Ello se enmarca en el alcance que consagra el Artículo 2 del Decreto 349/005 referente al ámbito de aplicación, el cual se transcribe a continuación:
Requerirán la Autorización Ambiental Previa, las actividades, construcciones u obras que se detallan a continuación, sean las mismas de titularidad pública o privada... 19) Construcción de unidades o complejos industriales o agro industriales o puesta en funcionamiento de unidades que no hubieren operado continuamente por un periodo ininterrumpido de más de 2 (dos) años, que presenten alguna de las siguientes características:...c) fabricación de sustancias o productos químicos peligrosos cualquiera sea su capacidad de producción.
- Se expida acerca de la viabilidad ambiental de la localización del proyecto, en virtud de que se trata de una actividad considerada en el Art. 20 del mencionado decreto y por tanto que requiere este tipo de comunicación.

Antecedentes y justificación del proyecto

En 2008 Uruguay inicia sus esfuerzos en pro de la descarbonización de la matriz energética.

En 2015 se realiza la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21) de la que surge el Acuerdo de París, en el que se establecen medidas para reducir las emisiones generadas por los gases de efecto invernadero, entre ellos el dióxido de carbono. Estas serían aplicadas a partir de 2020, luego de que finalizara la vigencia del Protocolo de Kioto. Uruguay es uno de los países firmantes de ese acuerdo en 2016 y, a pesar de no ser vinculante, representa una iniciativa mundial para combatir los efectos del calentamiento global. (1)

En 2018 el 97 % de la generación de energía eléctrica en Uruguay correspondió a energías renovables, con excedentes aproximados del 18 %. Sin embargo, en lo que respecta a la matriz de abastecimiento de energía, el 38 % del suministro proviene de origen fósil importado, donde el 70 % del petróleo es utilizado en el sector transporte, el que resulta ser responsable del 64 % de las emisiones de CO₂ del sector energético en su conjunto. Es por ello uno de los sectores más relevantes en lo que respecta a las medidas específicas planteadas para lograr los objetivos de las Contribuciones Determinadas Nacionales (CDN). (2)



Uruguay se encuentra realizando esfuerzos para la descarbonización del sector transporte mediante la sustitución de la flota vehicular por vehículos eléctricos a batería del tipo particulares, utilitarios livianos y transporte público urbano. En el segmento de transporte pesado y de larga distancia esto es técnica y económicamente inviable, existiendo un consenso en la industria automotriz sobre que el hidrógeno es un vector energético adecuado para su descarbonización.

El potencial de reemplazo de consumo de diésel en este segmento asciende a 475.000 m³ al año, un 53 % del total, lo que representa 1,2 millones de toneladas de CO₂ por año. Asimismo, una matriz eléctrica casi 100 % renovable permitirá producir hidrógeno verde enteramente con recursos autóctonos, lograr mayor independencia energética, disminuir la vulnerabilidad a la volatilidad de los precios del petróleo, ahorrar divisas y lograr una estabilidad de precios para un sector estratégico de la economía.

La Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Portland (ANCAP) pretende instalar una planta piloto de producción y utilización de hidrógeno para su uso en ómnibus de pasajeros y/o camiones de transporte carretero de carga, de modo de obtener insumos para enfrentar los desafíos del desarrollo de un ecosistema de hidrógeno en el país. En el marco de este proyecto piloto se llevará a cabo un proceso competitivo para la construcción, operación y mantenimiento de una planta de producción, compresión, almacenamiento y dispensado de hidrógeno, generado a partir de agua potable y energía eléctrica. En dicho proceso competitivo ANCAP ofrecerá la posibilidad de brindar servicios para la operación y mantenimiento de la planta.

En 2019 se comunica tanto a la Intendencia de Montevideo como a la DINACEA el desarrollo del proyecto para la producción de hidrógeno verde y su uso en vehículos eléctricos con celda de combustible, donde se señala que es un proyecto interinstitucional cuyos principales participantes son el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) y las estatales Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) y ANCAP.

Entre los objetivos del proyecto se encuentran:

- Desarrollar una experiencia inicial de producción y uso de hidrógeno verde en ómnibus de pasajeros y camiones de transporte carretero de carga
- Servir como base para identificar barreras y vacíos de información en todas las dimensiones (técnicas, normativas, regulatorias, comerciales, capital humano, concienciación pública, etc.)
- Contribuir a desarrollar una hoja de ruta nacional del hidrógeno para alcanzar un mercado potencial de 3.600 autobuses y 20.000 camiones de transporte carretero; además de otras aplicaciones como la producción de metanol, la inyección de hidrógeno a la red de gas directamente o mediante metano sintético, e incluso la exportación de hidrógeno verde



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Localización y área de influencia

El proyecto se localiza en los padrones urbanos N° 110.619, 110.226 y 56.454 de la 7° sección judicial, dentro del polo industrial de Capurro, en la planta de Capurro de ANCAP, departamento de Montevideo.

Cuadro 1 Acceso al proyecto

- Desde Montevideo por Av. Uruguayana, seguir 900 m desde su inicio hasta doblar por la calle Capurro, donde se sigue por 860 m y luego se dobla por Rambla Baltasar Brum aproximadamente 300 m.
- Desde Montevideo por Av. Agraciada, seguir 3,1 km aproximadamente desde su inicio y luego doblar por calle Capurro donde se sigue por 1,8 km hasta que se dobla por Rambla Baltasar Brum y se sigue aproximadamente 300 m.

En la siguiente figura se muestra la localización sobre carta del Servicio Geográfico Militar (SGM).

Figura 1 Localización del proyecto sobre carta del SGM

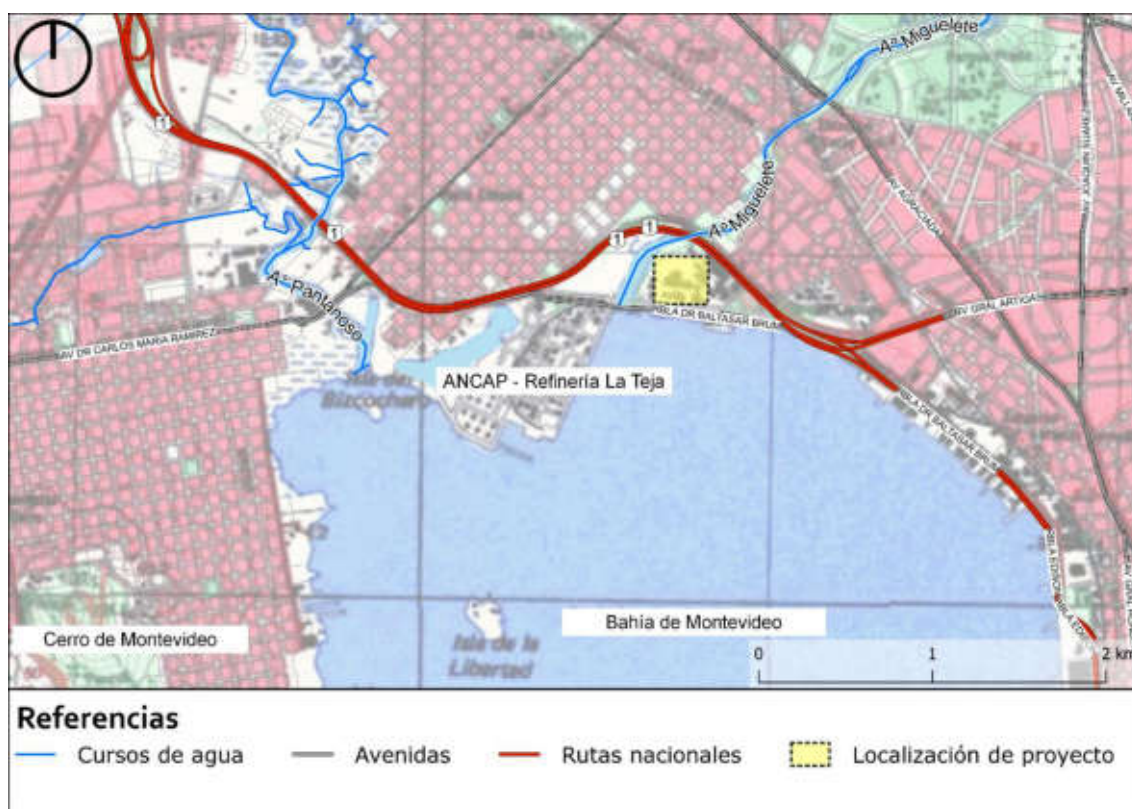
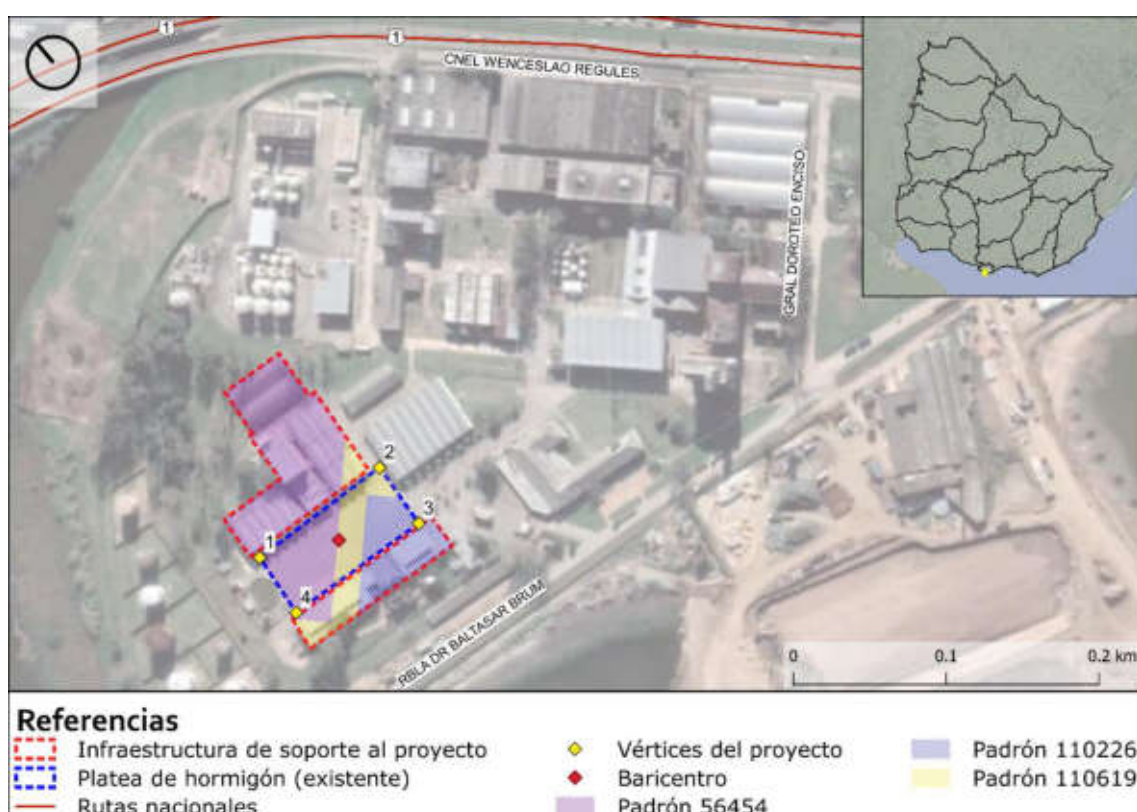


Figura 2 Localización del proyecto



Las coordenadas de ubicación donde se ejecutará el proyecto, expresadas en grados decimales, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1 Coordenadas de ubicación del proyecto

Vértice	Latitud	Longitud
Baricentro	-34.871916°	-56.222502°
1	-34.871698°	-56.223019°
2	-34.871739°	-56.221948°
3	-34.872140°	-56.221986°
4	-34.872086°	-56.223069°

Justificación de la localización

La selección de la localización del proyecto se basó en los siguientes criterios:

- Área industrial.
- Proximidad a la terminal de Tres Cruces, punto de partida y llegada de los autobuses.
- Disponibilidad de área para instalaciones de producción, almacenamiento y dispensado de hidrógeno, con posibilidad de ampliación futura.
- Disponibilidad de área para acceso, maniobra y estacionamiento de autobuses y camiones (y eventualmente a futuro locales para limpieza y mantenimiento).



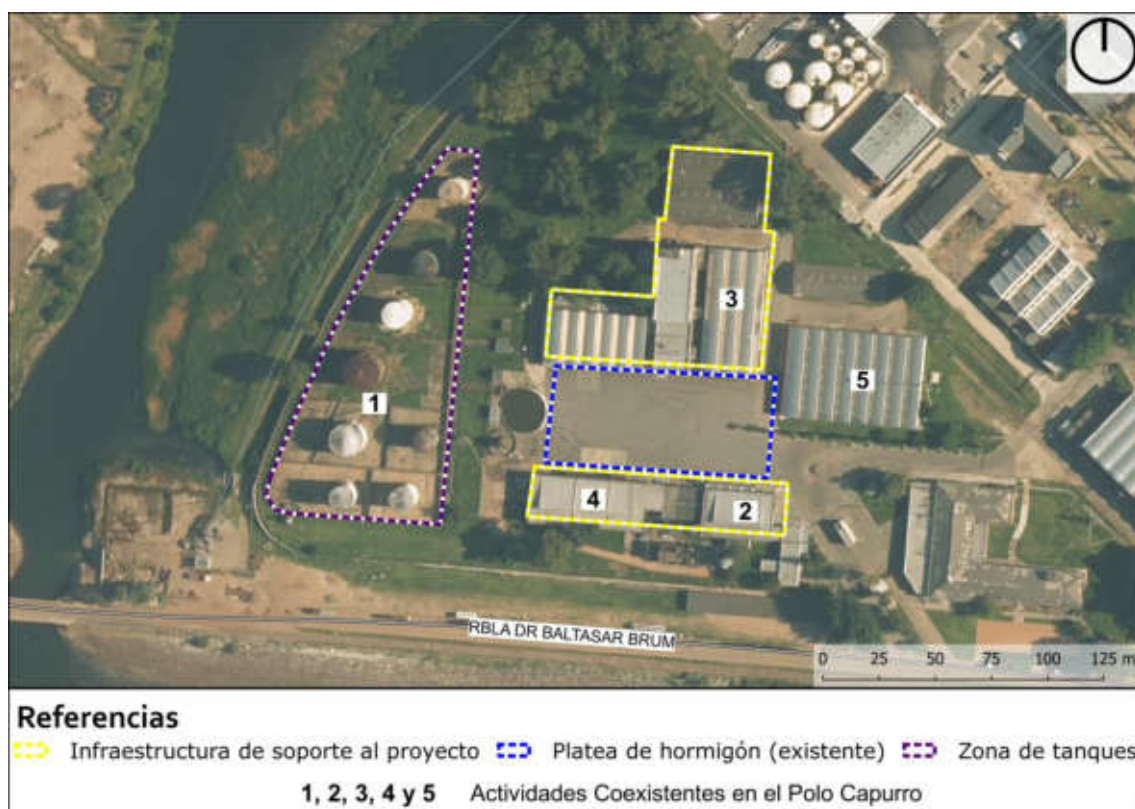
- Disponibilidad de conexiones de potencia eléctrica a 30 kV y agua potable (insumos del proceso).

En función de ello se evaluaron las opciones de planta La Tablada, estación ANCAP próxima al aeropuerto de Carrasco y Polo Industrial de Capurro, siendo esta última la que contempla todos los requisitos con mejor viabilidad.

La planta Capurro de ANCAP es una antigua destilería de alcohol y planta de elaboración y envasado de bebidas alcohólicas, en la que hoy se desarrollan actividades por parte de ANCAP (depósitos, Laboratorio de Medio Ambiente, servicios de sistema contra incendios) y ALUR (planta de Biodiesel, oficinas).

Cuenta con una platea de hormigón de aproximadamente 4.000 m² adecuada para la instalación de la planta de producción de H₂. Además, dispone de infraestructura actualmente desocupada que brinda grandes posibilidades para ampliación y/o servicios anexos y de soporte al proyecto, tales como talleres, oficinas o salas de capacitación. En la siguiente figura se visualizan tales instalaciones.

Figura 3 Infraestructura existente



Fuente: Elaboración propia

En el Polo Capurro, terrenos de la conocida como planta de alcoholes de ANCAP, la cual cerró la producción de bebidas alcohólicas en 2016, conserva con ALUR comercialización de alcohol y solventes, la que en 2013 inaugura en el predio una nueva Planta de Biodiesel. Allí coexisten actividades de ANCAP, CABA y ALUR, dentro de las cuales se destacan en la figura anterior aquellas cercanas al proyecto:

1. Tanques vacíos pertenecientes a ANCAP. No está definida su futura utilización.
2. Línea de envasado de bebidas y alcoholes actualmente fuera de operación.



3. Antiguo depósito de envasado de CABA, actualmente sin operación.
4. Depósito de Desnaturalizado: actualmente está siendo utilizado por DUCSA pero que dejarán de utilizarlo a la brevedad.
5. Nuevo depósito de CABA (Depósito Alborotra)

Vínculo jurídico en relación con los predios

ANCAP tiene el siguiente vínculo jurídico con los predios del emprendimiento:

- Padrón 110.619 – Propiedad de la Intendencia de Montevideo
- Padrón 110.226 – Propiedad de ANCAP afectada al uso público
- Padrón 56.454 – Propiedad de ANCAP

Descripción del proceso, equipos e instalaciones

El proyecto consiste en la instalación de una planta de producción de hidrógeno mediante el proceso de electrólisis, utilizando energía eléctrica proveniente de la red de UTE y agua de OSE, equipos de compresión, tanques de almacenamiento y equipamiento de dispensado (surtidor).

También considera contar con taller para dar servicio de mantenimiento a los vehículos vinculados al proyecto en lo que respecta a los sistemas de hidrógeno, celda de combustible y tren motriz eléctrico.

La capacidad productiva de la planta quedará definida al finalizar el proceso competitivo. La potencia nominal del electrolizador será como mínimo de 1,5 MW y hasta un máximo de 5MW. Las horas y tipo de operación (continua o discontinua) dependerán de la elección de las ofertas de energía eléctrica definido por UTE para el proyecto. A continuación se plantean dos posibles escenarios respecto a la capacidad de producción de hidrógeno para el caso de operación de 12 horas.

El primer escenario constituye un dimensionamiento para abastecer una flota de 10 vehículos que recorran aproximadamente 400 km/d cada uno, con un consumo estimado de 7 a 9 kg H₂/100km; es decir, un requerimiento de producción diaria de hidrógeno de 280 a 360 kg/d. Para lograrlo se requiere un electrolizador de aproximadamente 1,5 MW.

En el segundo escenario los 10 vehículos realizarían dos recorridos por día, el electrolizador debería ser de 3 MW para poder producir entre 560 y 720 kg/d.

Hay dos tecnologías comercialmente disponibles para la producción de H₂ a esta escala, de tipo alcalino o PEM (Proton Exchange Membrane). La selección dependerá principalmente de la compatibilidad técnica con el régimen de suministro eléctrico que se acuerde con UTE.



a. Proceso

a1. Generación de hidrógeno

El hidrógeno se genera por el proceso de electrólisis del agua a través de dos semirreacciones químicas, la reacción de evolución de hidrógeno y la de evolución de oxígeno, separadas por un electrolito conductor de iones.

Para los procesos que se consideran en este proyecto la diferencia radica principalmente en el electrolito que utilizan, pudiendo ser una solución de KOH en la opción de electrólisis alcalina o una membrana polimérica de intercambio de protones en el caso de la tecnología PEM. Ambas opciones se encuentran comercialmente en forma modular e incluyen los stacks o celdas electrolíticas apiladas, sistemas de purificación de gas, gestión del agua, sistema de enfriamiento, sistemas de control y de suministro de energía.

En la siguiente ecuación se muestra la reacción general de electrólisis del agua y en la figura las semirreacciones para ambas opciones tecnológicas.

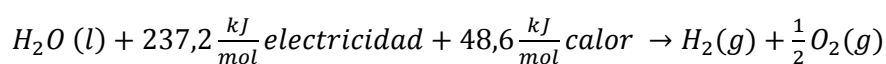
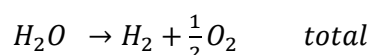
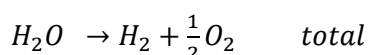
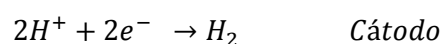
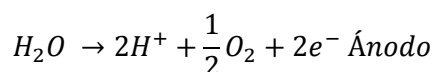
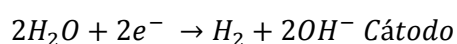
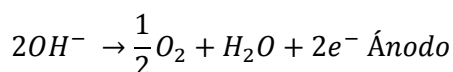
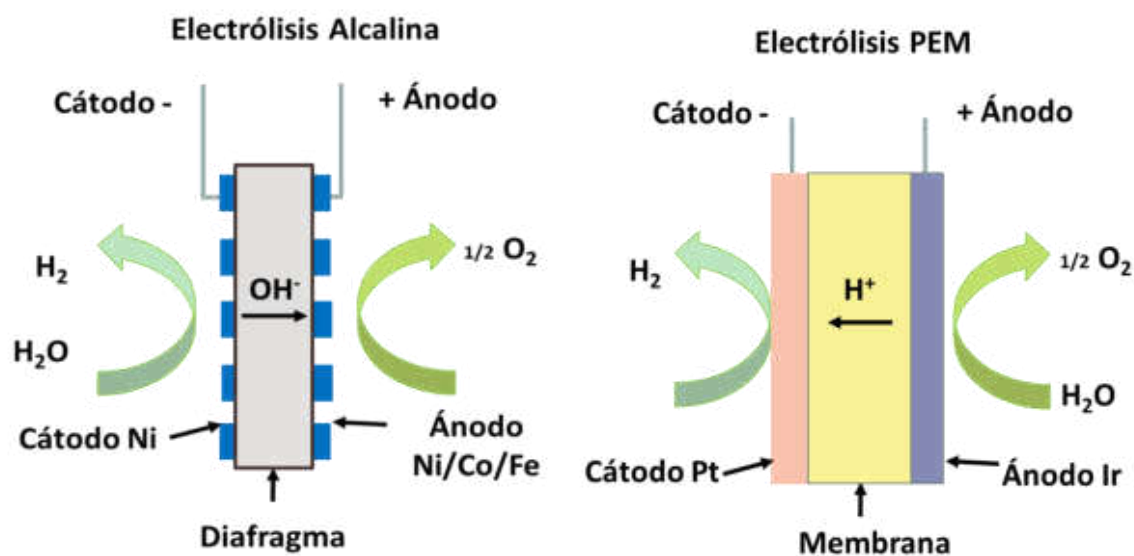


Figura 4 Semirreacciones y tecnologías de electrólisis consideradas



Fuente: ANCAP



En la electrólisis alcalina los iones OH^- reaccionan en el ánodo formando O_2 gaseoso y agua; simultáneamente en el cátodo el agua genera H_2 gaseoso e iones OH^- que atraviesan el diafragma hacia el ánodo. Por su parte, en la electrólisis con PEM, en el ánodo ocurre la descomposición del agua generando O_2 y protones H^+ los cuales atraviesan la membrana y reaccionan en el cátodo para formar H_2 .

Dividir un mol de agua líquida para producir un mol de hidrógeno a 25°C requiere 285,8 kJ de energía (237,2 kJ como electricidad y 48,6 kJ como calor). En electrolizadores alcalinos y tipo PEM el calor necesario es suministrado por resistencias internas de las corrientes de electrones e iones a través de la celda. Este requerimiento de calor puede vincularse directamente a la energía eléctrica suministrada. Por lo tanto, 285,8 kJ (no 237,2 kJ) de electricidad es el mínimo requerido para dividir el agua en estas celdas, lo cual se traduce a un voltaje de 1,481 V. (3)

a2. Almacenamiento de hidrógeno

Las cuatro formas más comunes de almacenar hidrógeno para aplicaciones de movilidad son:

- Tanques de hidrógeno comprimido operando a altas presiones (700 bar) y temperatura cercana a la temperatura ambiente.
- Tanques de hidrógeno frío-comprimido operando a altas presiones (500 bar) pero bajas temperaturas ($<275\text{ K}$ y $>150\text{ K}$).
- Tanques de hidrógeno crio-comprimido típicamente operando a presión $\leq 350\text{ bar}$ y temperaturas menores a 150 K.
- Tanques de hidrógeno líquido operando a bajas presiones ($<6\text{ bar}$) y bajas temperaturas cercanas al punto de ebullición del hidrógeno (20 K).

Tal como se observa en la figura a continuación, la curva de presión de vapor para el hidrógeno es bastante vertical y corta, por lo que la licuefacción se da principalmente por enfriamiento y no tanto por compresión. (4)

Asimismo, puede observarse en el diagrama de fases que el almacenamiento de hidrógeno comprimido a 350 o 700 bar, como es el caso de los tanques de los vehículos que funcionan con celdas de combustible, siempre tiene lugar como un fluido supercrítico.



Figura 5 Diagrama de fases del hidrógeno



Fuente: "Shell Hydrogen Study; Energy of the Future? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H₂"; J. Adolf et al., Hamburg, 2017.

Relacionado con el comportamiento relativo a cambios de presión y temperatura, el hidrógeno presenta una característica especial dada por el efecto Joule-Thomson negativo que hace que se caliente al expandirse (en vez de enfriarse como por ejemplo ocurre con el aire en condiciones normales). (4)

a3. Dispensado de hidrógeno

Los tanques de los vehículos pesados y montacargas están diseñados para cargar hidrógeno a 350 bar. Los componentes principales de las estaciones de recarga están dados por los módulos que se observan en la figura a continuación.

Figura 6 Módulos componentes de las estaciones de recarga de hidrógeno



Fuente: "Shell Hydrogen Study; Energy of the Future? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H₂"; J. Adolf et al., Hamburg, 2017.

El almacenamiento a baja presión puede hacerse con tanques de 20 a 200 bar.



La unidad de compresión, uno de los componentes clave de la estación de recarga, puede ser del tipo recíprocante, de diafragma, lineal o iónico. (5) Debido a que el hidrógeno debe ser puro para su uso en la celda de combustible, no puede haber ningún tipo de contaminación durante la compresión.

El almacenamiento a alta presión contiene el hidrógeno a la presión requerida para realizar la recarga a las presiones estandarizadas por la industria, que actualmente son 350 y 700 bar.

Existen varias opciones para realizar la carga. Una posibilidad es usar un tanque de presión intermedia con el cual se llena el tanque del vehículo hasta que las presiones se equiparan. Para terminar de cargar el tanque del vehículo completamente la recarga puede continuar desde un almacenamiento a alta presión (recarga en cascada) o el hidrógeno del tanque de presión intermedia se puede comprimir a la presión requerida usando un compresor "booster". A diferencia de los compresores comunes, que se encuentran funcionando todo el tiempo, los compresores tipo booster se utilizan solo durante la recarga del vehículo. (6)

Debido a la compresión, la conversión de energía cinética en energía interna y el efecto Joule-Thomson, la temperatura en el tanque a bordo del vehículo aumenta durante la carga. El protocolo SAEJ2601 para carga de hidrógeno en vehículos apunta a asegurar que el tanque a bordo del vehículo no se caliente por encima de los 85 °C, por lo que puede requerirse un sistema de enfriamiento, consistente en un intercambiador de calor.

En el caso de que el hidrógeno se encuentre almacenado en forma líquida, se utiliza un evaporador desde el cual puede introducirse directamente en el tanque del vehículo sin requerir enfriamiento previo. (4)

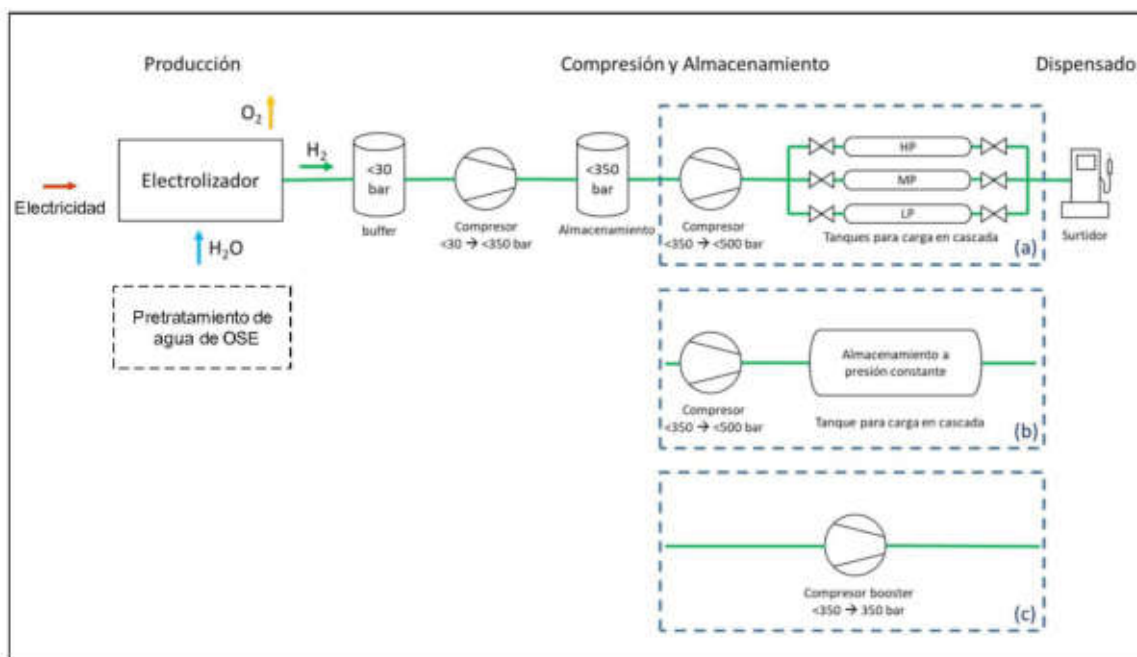
El dispensador incluye el pico y la manguera para entregar el hidrógeno al tanque del vehículo. Asimismo, contiene la interfaz con varias pantallas indicando presión, nivel de llenado y cantidad medida, etc.



a4. Proceso industrial a escala piloto

En la siguiente figura se muestra el diagrama de procesos general para ambas tecnologías electrolíticas consideradas, indicando las tres alternativas más comunes respecto a las configuraciones de las últimas etapas de compresión y almacenamiento. La única diferencia si se opta por una u otra tecnología electrolítica es la incorporación de solución de KOH al electrolizador, si se elige la tecnología alcalina, ingreso no considerado en el esquema.

Figura 7 Esquema de proceso para la planta piloto de generación de H₂



Fuente: ANCAP (modificado)

Cabe aclarar que dentro del bloque "Electrolizador" se consideran incluidos procesos auxiliares necesarios tales como enfriamiento, separación de agua del hidrógeno y recirculación de electrolito (para el caso alcalino) ya que generalmente estos procesos se encuentran incluidos en las soluciones modulares que actualmente ofrecen los fabricantes de electrolizadores.

- Pre tratamiento del agua

Previo al ingreso del agua de OSE al proceso podrá ser necesario realizar un tratamiento para que cumpla con el grado de conductividad de entrada requerido, el cual dependerá de las especificaciones del fabricante de la tecnología. Se estima que la electrólisis PEM requiera agua con conductividad del orden de 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que la alcalina requiera agua con conductividad del orden de los 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Varios proveedores incluyen el proceso de tratamiento de agua dentro de sus soluciones modulares de electrólisis.

El pretratamiento del agua incluye generalmente tecnología de ósmosis inversa.



- Producción de hidrógeno

El agua tratada ingresa al electrolizador en el que ocurre la reacción de generación de H_2 , ya sea con electrólisis PEM o alcalina, formando como subproducto oxígeno que se libera a la atmósfera.

- Almacenamiento buffer

El H_2 producido se almacena en recipiente buffer a una presión < 30 bar. Su función es evitar potenciales daños en el electrolizador en situaciones donde presente fallas, mientras el compresor continúe funcionando. La presión de almacenamiento dependerá de la presión de salida del electrolizador, que estará definida a su vez por la tecnología y fabricante seleccionados. Asimismo, se estima que se almacene como máximo en esta etapa 50 kg de H_2 .

- Compresión

Esta etapa es requerida para alcanzar la presión de almacenamiento, que será menor a 350 bar.

- Almacenamiento

Corresponde al almacenamiento principal del H_2 en la planta, en el que la cantidad y presión a la que se encontrará el gas dependerá de la solución que presente la empresa o consorcio que resulte seleccionado del proceso competitivo. A modo de ejemplo podría tratarse de hasta 2.000 kg de hidrógeno almacenado a 200 bar.

- Sistema de enfriamiento

En principio no se espera requerir de una etapa de enfriamiento para el proyecto dado que se operará a 350 bar para cargar camiones u ómnibus.

- Dispensado

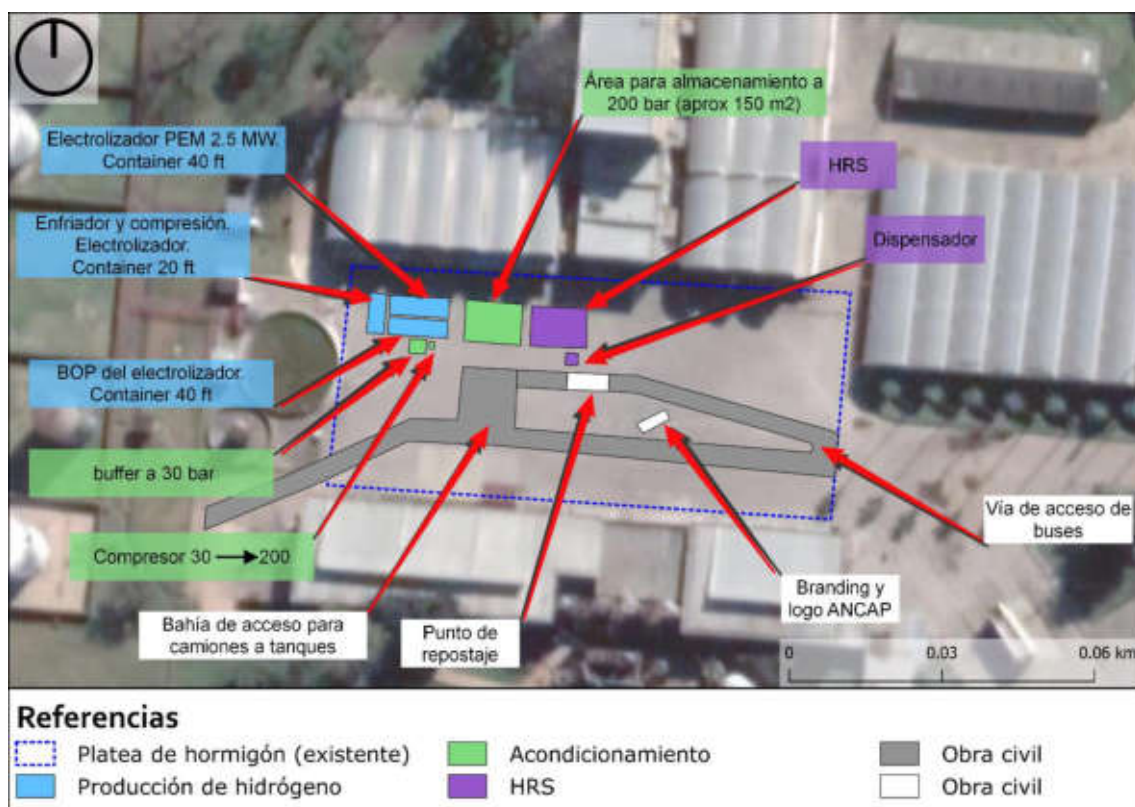
De la figura anterior las opciones a y b corresponden al proceso de carga en cascada, donde no se utiliza un compresor para cargar directamente los vehículos, sino que esto se realiza por diferencia de presión entre el almacenamiento estacionario y el tanque del vehículo.

En la opción c se utiliza un compresor booster para cargar directamente el tanque. Este es el concepto que requiere el compresor de mayor capacidad. Para una presión de entrada mínima de 100 bar y un caudal de 160 kg H_2 /h (de forma de cargar un tanque de 40 kg en 15min) se requeriría un compresor de una potencia aproximada de 170 kW.

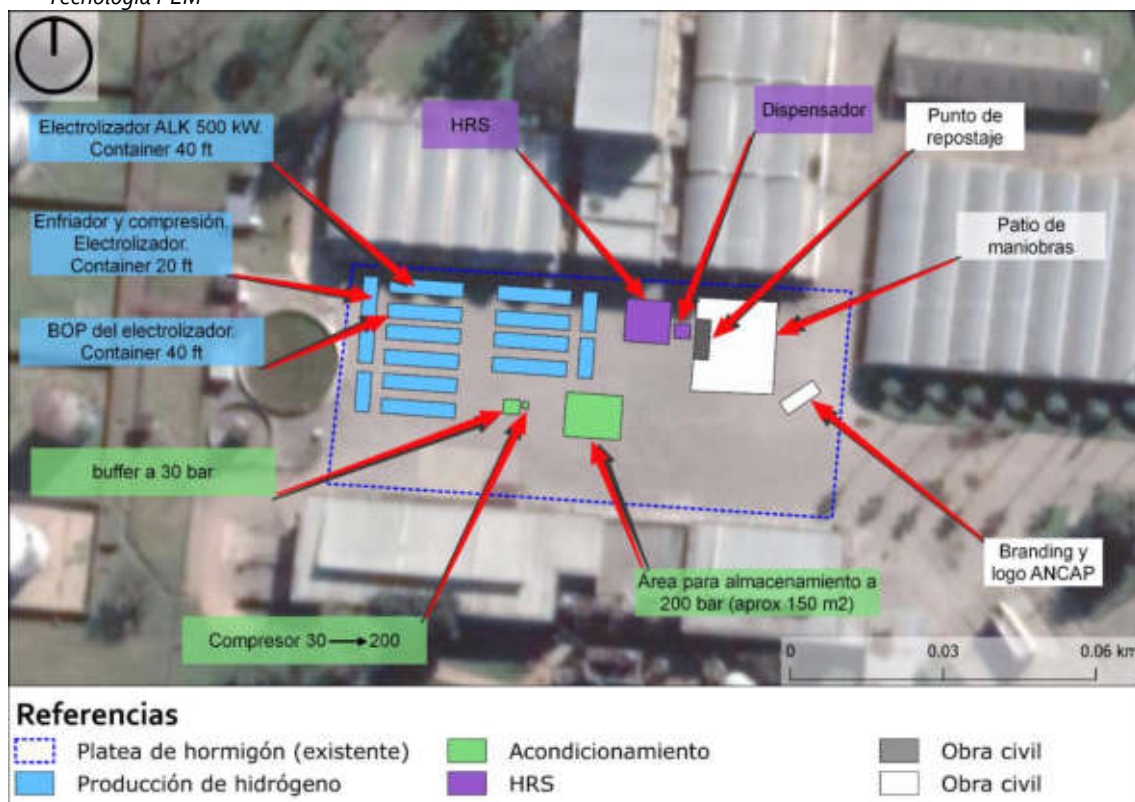
A continuación se presentan esquemas de dos posibles layouts para la planta, según si se utiliza tecnología de electrólisis PEM o alcalina respectivamente. En este caso el concepto de carga corresponde al tipo cascada. Estos esquemas deben considerarse como preliminares y meramente indicativos ya que, en primer lugar, en esta etapa no se han considerado distancias mínimas de seguridad. Y además, el número de contenedores y otros equipos, así como su disposición final dependerá de la empresa o consorcio al que el proyecto resulte adjudicado de acuerdo al proceso competitivo.



Figura 8 Esquemas de posibles layouts para el proyecto



Tecnología PEM



Tecnología alcalina

Fuente: ANCAP



Tal como puede observarse en las figuras, la tecnología PEM es más compacta que la alcalina. Según IEA 2019 "The Future of Hydrogen", el valor típico de área ocupada por un electrolizador tipo PEM es de $0,048\text{m}^2/\text{kW}$ mientras que para un electrolizador alcalino es de $0,095\text{m}^2/\text{kW}$. Estos valores son estimativos ya que el tamaño final de las instalaciones depende del fabricante, servicios auxiliares y layout. Tomando en cuenta los valores de IEA para el rango de potencias considerado en este proyecto (de 1,5 a 2,5 MW) el área destinada al proceso de electrólisis equivale a un rango de entre 72 a 120m^2 para la tecnología PEM y entre 143 a 238m^2 para la tecnología alcalina. (7)

Cabe aclarar que en ambas alternativas dentro del bloque "Electrolizador" se consideran incluidos procesos auxiliares necesarios tales como enfriamiento, separación de agua del hidrógeno y recirculación de electrolito (para el caso alcalino) ya que generalmente estos procesos se encuentran incluidos en las soluciones modulares que actualmente ofrecen los fabricantes de electrolizadores.

b. Equipos

El proceso involucra los siguientes equipos principales:

b1. Electrolizador

La electrólisis alcalina se lleva a cabo en un electrolizador operando con una solución de KOH en un rango de concentración del 20-40 %, a una temperatura de operación de aproximadamente $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y densidades de corriente en el rango de $0,2\text{-}0,4\text{ A/cm}^2$. Es la tecnología más madura y debido a su desarrollo, la más económica. Su eficacia se sitúa en torno al 62-82 %, siendo mayor cuanto mayor sea el tamaño del electrolizador (Chisholm and Cronin, 2016). Un electrolizador alcalino convencional, consta de ánodo y cátodo (normalmente de níquel) y un separador entre las cámaras de ambos electrodos que es permeable a los iones de hidróxido y a las moléculas de agua. La membrana es un diafragma que separa las semiceldas anódica y catódica, siendo algunos de los materiales de los que se utilizan: asbestos, titanato de potasio, polipropileno (Vincent, Kruger and Bessarabov, 2017).

En cambio, la electrólisis PEM se lleva a cabo en un electrolizador que utiliza una membrana fabricada con un polímero fluorado y sulfonado, que tiene como función evitar que los gases de H_2 y O_2 que se generan se mezclen, permitiendo únicamente el paso de protones. Dependiendo de los requerimientos de la aplicación la membrana puede variar su grosor, la cual está en el rango de $25\text{-}250\text{ }\mu\text{m}$ (Chisholm and Cronin, 2016). La más comúnmente utilizada es la de Nafion, un polímero sintético con propiedades iónicas, es decir, un ionómero. El uso de catalizadores se ve limitado a metales de transición raros que ante condiciones ácidas ofrecen un comportamiento estable, por ejemplo, rodio, rutenio, platino, iridio, y sus óxidos (Miles, 1976), por lo que requiere mayor inversión. En la tecnología actual se usa platino para el cátodo y óxido de iridio en el ánodo. Presenta una eficiencia similar al electrolizador alcalino, pero trabaja con densidades de corriente más altas ($0,6\text{ - }2,0\text{ A/cm}^2$).



b2. Tanques

Existen cuatro tipos de tanques o cilindros para el almacenamiento de gases comprimidos:

- Tipo I: completamente metálico (menor costo pero mayor masa), utilizado en aplicaciones estacionarias y de baja presión.
- Tipo II: encamisado metálico con recubrimiento de material compuesto alrededor de la sección cilíndrica (por ej. fibra de carbono).
- Tipo III: encamisado metálico con recubrimiento completo de material compuesto.
- Tipo IV: encamisado no metálico (por ej. polietileno de alta densidad), con recubrimiento completo de material compuesto (menor masa y alto costo, usado para altas presiones).

Para aplicaciones estacionarias la solución más utilizada es la de tanques de acero. El almacenamiento con material compuesto se utiliza principalmente cuando la superficie disponible es limitada y/o se requieren presiones mayores a 400 bar. (8) (9)

Figura 9 Tanques para almacenamiento de H₂ comprimido



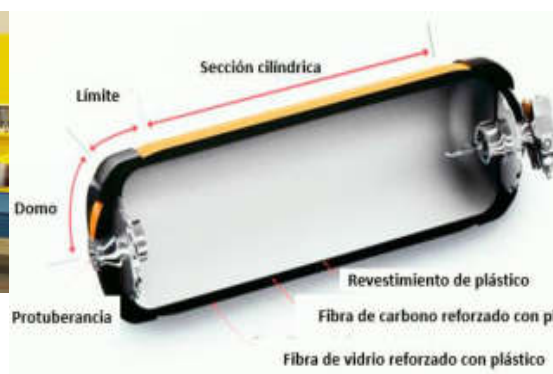
Tipo I



Tipo III



Tipo II



Tipo IV

Fuente: <http://apilados.com/blog/almacenamiento-hidrogeno-comprimido-tipos-tanques/>



b3. Compresores

Los diferentes compresores que se utilizan para comprimir hidrógeno pueden ser del tipo recíprocante, de diafragma, lineales o iónicos. Algo a considerar es que no debe generarse ningún tipo de contaminación durante los procesos de compresión ya que el H_2 debe estar puro para su uso.

Estos equipos son diseñados para cada proyecto en particular. Los fabricantes los diseñan de manera tal que aseguren el cumplimiento de los límites establecidos en la normativa legal aplicable, por ejemplo en lo referente a emisiones sonoras. En términos generales se puede decir que los compresores iónicos presentan bajo nivel de ruido en comparación con los recíprocantes.

Se muestra a continuación un compresor de diafragma del fabricante PDC Machines. Un sistema similar se encuentra instalado en una hidrogenera piloto en Korea.

Figura 10 Compresor tipo diafragma instalado con equipos auxiliares



Fuente: Estado del Arte de Sistemas de Compresión de Hidrógeno a Alta Presión. Emilio Maíllo García. Depto. Ingeniería Energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. 2015.

El compresor de líquido iónico, patentado por la empresa Linde, se basa en un compresor de tipo pistón convencional con la diferencia de que cada pistón se encuentra sellado por una columna de líquido iónico casi incompresible, que es quien actúa sobre el hidrógeno para comprimirlo. Además, este líquido tiene función separadora evitando la contaminación del hidrógeno con la lubricación del pistón y minimizando las fugas. La imagen a continuación muestra un compresor de este tipo.



Figura 11 Compresor de líquido iónico



Fuente: Estado del Arte de Sistemas de Compresión de Hidrógeno a Alta Presión. Emilio Maíllo García. Depto. Ingeniería Energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. 2015.

b4. Dispensador

Incluye el boquerel y la manguera para suministrar el hidrógeno al tanque del vehículo. También contiene una interfaz con varias pantallas en el que se indica la presión, nivel de llenado, cantidad, entre otros. En la siguiente figura se muestra un ejemplo.

Figura 12 Dispensador de hidrógeno tipo



Fuente: <https://www.glpautogas.info/es/repostar-hidrogeno.html>

c. Aspectos de seguridad

Los aspectos de seguridad del proyecto serán acorde a las normativas internacionales: tales como las normas ISO (Europa/Global) o las NFPA (EEUU)



A continuación se enumeran los aspectos y equipamientos de seguridad más relevantes:

- Contar con materiales apropiados que sean compatibles con el hidrógeno
- Respetar distancias seguras
- Emplear donde corresponda materiales no combustibles
- Evitar calefacción por medios directos
- Ventilación adecuada
- Sistemas de detección de hidrógeno
- Detectores de llama especiales (puede verse con una cámara infrarroja).
- Arrestallamas
- Dispositivos de detección de fuego

Además se realizarán capacitaciones en prácticas adecuadas para el manejo de hidrógeno y se realizarán de forma periódica simulacros de emergencias.

En la tabla que sigue se describe las características inherentes al hidrógeno, sus peligros potenciales y las medidas de control asociadas que se implementarán.

Cuadro 2 Características, riesgos y medidas de control relacionadas a proyectos de hidrógeno

Característica	Peligro potencial	Medidas de control
Incoloro, inodoro, insípido	Imposible de detectar por un humano	Sensores de detección
Baja viscosidad, átomo muy pequeño (puede ser absorbido en materiales)	Fugas, debilitamiento de ciertos materiales lo que podría resultar en fallas estructurales	Sistemas de detección de fugas, ventilación y selección adecuada de materiales
Baja densidad energética volumétrica	Almacenamiento a altas presiones	Diseño adecuado de contenedores de almacenamiento, dispositivos de alivio de presión
No respirable (sin oxígeno)	Peligro por acumulación en espacios confinados	Sistemas de detección de fugas, ventilación
Amplio rango de inflamabilidad	Las fugas de cualquier magnitud son de cuidado	Sistemas de detección de fugas, ventilación
Energía mínima de ignición muy baja	Una pequeña chispa lo puede encender	Ventilación, tomas de tierra, sistemas de eliminación de posibles fuentes de ignición
Baja temperatura de licuefacción	Quemaduras criogénicas y daño pulmonar	Sistemas de detección de fugas, equipos de protección personal
Rápido cambio de fase de líquido a gas	Explosiones de presión	Dispositivos de alivio de presión, sistemas de detección de fugas

Fuente: (10)



El diseño de las medidas de seguridad del proyecto se apoyará en la guía estadounidense elaborada por el Panel de seguridad en H₂ en noviembre de 2017: PNNL, "Safety Planning for Hydrogen and Fuel Cell Projects" y en la guía europea elaborada en julio de 2019: FCH, "Safety Planning for Hydrogen and Fuel Cell Projects", las que incluyen información sobre prácticas seguras en proyectos de hidrógeno y celdas de combustible, de modo de generar planes de seguridad adecuados.

Cabe destacar que ANCAP cuenta con experiencia en el manejo seguro de H₂, ya que en la refinería de la Teja se trabaja con este. Allí se realiza la compresión y almacenamiento para la puesta en marcha de las Unidades de Octanizing. Específicamente, se cuenta con un compresor de diafragma que comprime hidrógeno desde aproximadamente 21 a 150 bar y un sistema de almacenamiento a 150 bar, compuesto por una batería de 40 cilindros tipo I que totalizan aproximadamente 11.000 Nm³ (990kg). (10) Las presiones y cantidad de hidrógeno que se estima almacenar en este proyecto son del orden de las mencionadas.



Etapa de construcción

Se estima una etapa de construcción corta y acotada dado que la planta se instalará en una platea de hormigón existente (ver fotografía a continuación), además de que las opciones comerciales de equipos de electrólisis consisten en soluciones modulares, es decir, en contenedores.

Incluiría bases para los tanques, muros cortafuegos en caso de ser necesarios y cerco perimetral. También las correspondientes conexiones a la red de UTE y a la de OSE y red contra incendios.

Fotografía 1 Platea de hormigón para la instalación de la planta



Fuente: tomada por el equipo consultor

a. Cronograma y mano de obra

Las actividades de construcción tendrán una duración de 6 meses aproximadamente. Se espera que la obra requiera en el entorno de 10 trabajadores en promedio, con un pico de 20.

b. Maquinaria

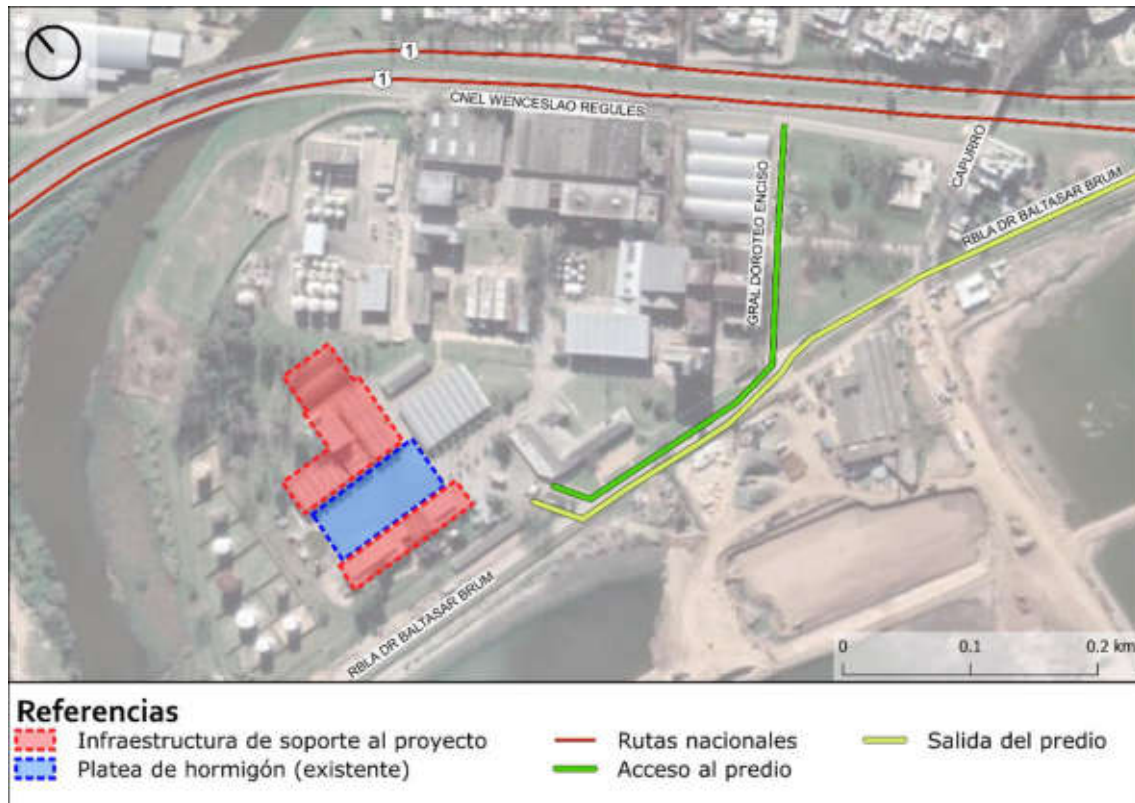
La maquinaria a utilizar consistirá en grúas para la instalación de los equipos, además de herramientas de tipo manual.



c. Acceso para el traslado de equipos

Se prohibirá el ingreso de camiones por la calle Capurro, dada la presencia de un Centro de Atención a la Infancia y a la Familia (CAIF) en el acceso al predio por esa calle, como puede apreciarse en las fotografías a continuación. En cambio se utilizarán las vías de acceso y salida marcadas en la figura que sigue.

Figura 13 Vías de acceso y salida para tránsito pesado

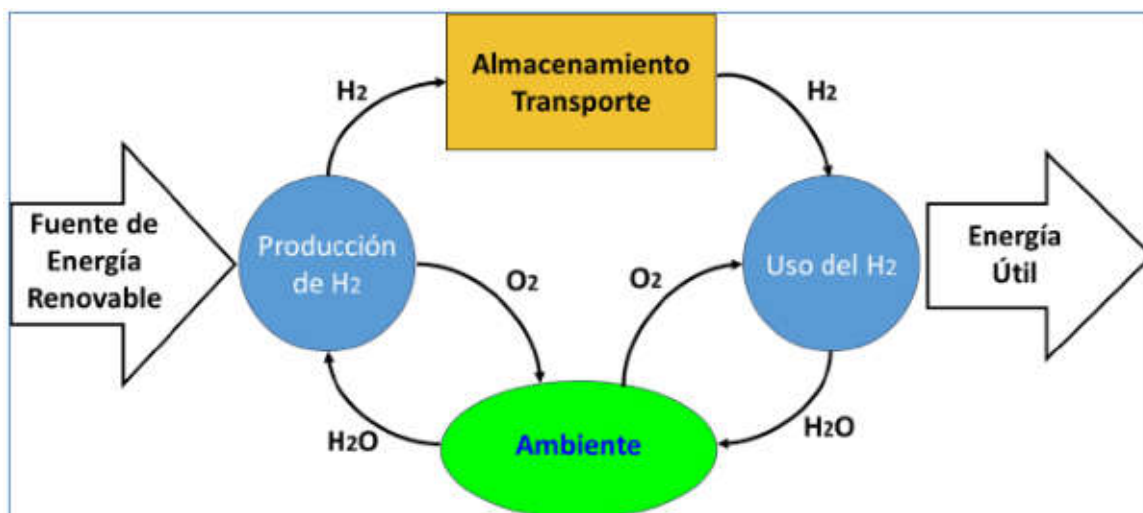


Etapa de operación

a. Consumos

En la figura a continuación se presenta el ciclo de vida del hidrógeno producido a partir de energía renovable.

Figura 14 Ciclo de vida del hidrógeno a partir de energía renovable, modificado.



Fuente: C. Koroneos, A. Dompros, G. Roumbas, and N. Moussiopoulos, "Life cycle assessment of hydrogen fuel production processes," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 29, no. 14, pp. 1443–1450, 2004.

Si bien no está indicado en la figura, cabe aclarar que los procesos de producción y uso de hidrógeno también generan calor.

Considerando la etapa de producción, almacenamiento y dispensado, objeto de este proyecto, se consume energía eléctrica y agua para producir hidrógeno y oxígeno, siendo este último ventado a la atmósfera, dado que no se ha identificado actualmente un mercado desarrollado para su comercialización.

En cuanto al consumo de agua (OSE), la producción de 1 kg de hidrógeno requiere aproximadamente 15 L de agua potable, (8) por lo que para una producción de entre 280 y 720 kg de hidrógeno por día, el consumo de agua estimado es de entre 4 y 11 m³/d.

En cuanto a la energía eléctrica el consumo es de la red (que en el caso de Uruguay es de origen casi 100% renovable) y se estima una potencia de entre 1,5 y 2,5 MW y un consumo aproximado de entre 9 y 15 GWh/a (estos valores no incluyen consumos de energía del rectificador de corriente ni bombas).

En el caso de que la tecnología del electrolizador sea la alcalina, la que utiliza una solución de KOH al 30% como electrolito, se requeriría un recambio del mismo aproximadamente dos veces por año (basado en la medición de la concentración). Asimismo, se reemplaza esta solución cuando se realiza el recambio del stack o pila, entre las 60.000 y 90.000 h de funcionamiento acumulado. Para la potencia requerida por el proyecto, el volumen de solución de KOH al 30% en los electrolizadores corresponde a aproximadamente 6,25 m³.



Etapa de abandono

Al finalizar el proyecto (a los 10-12 años) se evaluará la posibilidad de la continuación de la operación o el desmantelamiento.

En caso de optar por la finalización de las operaciones, los equipamientos podrán ser comercializados o desmantelados y vendidos como chatarra. La infraestructura podrá ser reutilizada para otra actividad productiva o desmantelada a los efectos de un cambio de uso del suelo.

Aspectos ambientales del proyecto

En la siguiente tabla se presentan los aspectos ambientales vinculados con las actividades del proyecto, tanto en su fase constructiva como operativa.

a. Construcción

Aspecto ambiental	Actividad	Descripción/Gestión prevista
Generación de efluentes líquidos	• Implantación, operación y retiro del obrador.	Se generarán efluentes domésticos provenientes de los servicios higiénicos del obrador. El personal utilizará las instalaciones sanitarias del sitio, las que se encuentran conectadas a saneamiento.
Generación de emisiones atmosféricas	• Implantación, operación y retiro de obradores.	Será exigido al contratista contar con un parque de maquinaria en buen estado de mantenimiento y un plan de mantenimiento preventivo de ésta. Además se exigirá que todos los vehículos de transporte de materiales cuenten con la habilitación de SUCTA. Cabe destacar que todos los accesos se encuentran pavimentados.
	• Operación de maquinaria	
	• Traslado de equipos y personal	
Generación de emisiones sonoras	• Implantación, operación y retiro de obradores.	Será exigido al contratista contar con un parque de maquinaria en buen estado de mantenimiento y un plan de mantenimiento preventivo de ésta.
	• Operación de maquinaria	
	• Traslado de equipos y personal	
Generación de residuos sólidos	• Implantación, operación y retiro del obrador.	Generación de residuos sólidos de varias tipologías: ROC, residuos especiales, peligrosos, asimilables a urbanos. Le será exigido al contratista contar con un Plan de Gestión de Residuos (PGR) en el que deberá definir las características de todos los eslabones de la gestión (clasificación, almacenamiento, transporte, destino final,



Aspecto ambiental	Actividad	Descripción/Gestión prevista
		etc.). Dicho plan deberá atender los requisitos de la normativa vigente.
	Mantenimiento de maquinaria	No se permitirán reparaciones o realización de mantenimiento preventivo de maquinaria dentro del predio de la planta, salvo que sea imprescindible
Tránsito inducido	Traslado de equipos y personal.	Se prohibirá el ingreso de camiones por la calle Capurro, dada la presencia de un CAIF en el acceso al predio por esa calle.
Presencia física	Obra	Las actividades de construcción se realizarán dentro del predio industrial.  Referencias Infraestructura de soporte al proyecto Placa de hormigón (existente) Zona de tanques 1, 2, 3, 4 y 5 Actividades Coexistentes en el Polo Capurro



b. Operación

Aspecto ambiental	Actividad	Gestión prevista
Presencia física	Operación de la planta	La nueva infraestructura se ubica dentro de la planta industrial existente.  Referencias --- Infraestructura de soporte al proyecto --- Plata de hormigón (existente) --- Zona de ta 1, 2, 3, 4 y 5 Actividades Coexistentes en el Polo Capurro
Interferencia con potenciales usos del predio	Operación de la planta	Se realizó reunión con todos los actores del Polo Capurro para verificar que no exista interferencia del nuevo proyecto con potenciales usos del predio.
Generación de efluentes	Operación de la planta	Efluentes domésticos: Considerando una generación de 70 L/persona/d y que trabajarán 2 a 4 personas en la operación de la planta, la generación de efluentes domésticos se encontrará en un rango aproximado de 140 a 180 L/d. El personal utilizará las instalaciones sanitarias del sitio, las que se encuentran conectadas a saneamiento. Efluentes de rechazo de la planta de ósmosis inversa: Además de los efluentes domésticos se contará con el rechazo de la planta de ósmosis inversa (en caso de que se requiera pretratamiento del agua). Su caudal típico es del orden de un tercio del de entrada, por lo que en este caso se estima en entre 1 y 4 m³/d. Su calidad estará determinada por los requerimientos del electrolizador, pero dado que el tratamiento es básicamente un proceso de filtración, tendrá los mismos contaminantes que el agua de OSE en concentraciones superiores. Se estima que será unas 3 veces la concentración de entrada, ya que la eficiencia de remoción de esta tecnología es de entre 90 y 99 % para los iones y entre 95 y 100 % para la materia orgánica. A modo de ejemplo, en



Aspecto ambiental	Actividad	Gestión prevista
		el caso de Jemena, 2019, proyecto aplicando electrólisis PEM en Australia, el agua efluente tiene una salinidad media de 500 ppm. Parte de estos efluentes se pueden aprovechar en los acopios de agua para lucha contra incendios o las instalaciones sanitarias (llenado de cisternas en la misma planta). El sobrante que deba ser gestionado, en caso de que cumpla con los parámetros del decreto 253/79 y sus modificativos será vertido a colector. De lo contrario se almacenará en un tanque en el predio y serán trasladados periódicamente a la Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE) de la Planta La Teja para su tratamiento. Esto se definirá al realizar el proyecto ejecutivo. ● Efluentes del recambio de solución alcalina: En caso de optarse por la tecnología de electrólisis alcalina se generará aproximadamente 12 m³ al año de recambio de solución de KOH. El mismo será trasladado a la Refinería La Teja y allí podrá ser utilizado como neutralizante en la PTE o en la planta de tratamiento de agua para producción, o bien descargado en la PTE para su tratamiento ● Pluviales: Cabe destacar que dado que no se realizará ninguna ampliación del área pavimentada no habrá un aumento en el volumen de pluviales generados. Los mismos serán conducidos por las instalaciones ya existentes hacia el colector.
Generación de residuos	● Operación de la planta y taller de mantenimiento	En el nuevo proyecto se generarán los siguientes residuos: Residuos Asimilables a Domésticos, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), envases de lubricantes del mantenimiento de la planta de ósmosis inversa y el taller de mantenimiento, e inertes resultante del mantenimiento de la planta de ósmosis inversa. ● El personal del proyecto generará residuos asimilables a domésticos en las áreas de oficinas, comedor y baños. La fracción no reciclable se almacenará temporalmente en recipientes con bolsa, tapa e identificación, para luego enviarse al SDFR Felipe Cardoso de la Intendencia de Montevideo. El papel y cartón se segregarán para su reciclaje así como el plástico limpio. ● Los RAEE al final de su vida útil se almacenarán temporalmente en sitio específico para tal fin, hasta tener un volumen suficiente para su retiro



Aspecto ambiental	Actividad	Gestión prevista
		por parte de gestor habilitado para su reciclaje, o un plazo máximo de un año, lo que suceda antes. La misma gestión aplica para residuos provenientes del mantenimiento del electrolizador, como por ejemplo los electrodos y para los generados en el taller de mantenimiento de vehículos en lo que respecta a los sistemas de hidrógeno, celda de combustible y tren motriz eléctrico. - Se generará una pequeña cantidad de envases de lubricantes, dada la necesidad de lubricar las partes móviles de compresores, etc. y los resultantes del mantenimiento de los sistemas de hidrógeno, celda de combustible y tren motriz eléctrico. Se acopiarán debidamente identificados en un sector destinado a tal fin en el mismo sitio de almacenamiento del producto, para ser retirados oportunamente por gestor autorizado. - De requerirse el uso de ósmosis inversa, su mantenimiento generará residuos inertes no peligrosos como puede ser el relleno de los prefiltros o el recambio de membranas los cuales serán gestionados con un gestor autorizado.
Almacenamiento y trasiego de productos químicos.	Operación de la planta	Se contará con un área específica para el almacenamiento de productos químicos la cual será ventilada, contendrá piso impermeable y contención perimetral para derrames. Los productos químicos a almacenar son: solución concentrada de KOH (que requerirá un recipiente resistente a la corrosión), aceites lubricantes y antincrustantes y metabisulfito de sodio (para el equipo de ósmosis inversa). La manipulación se realizará siguiendo los lineamientos de seguridad pertinentes para el correcto uso de los mismos de manera de no generar afectaciones en el personal o en el medio ambiente.
Generación de emisiones a la atmósfera	- Operación de la planta - Tránsito generado por ingreso de vehículos para carga de combustible	La emisión atmosférica para la etapa de operación corresponde al oxígeno generado en la electrólisis, el cual es venteado a la atmósfera. El proyecto está dimensionado para abastecer una flota de 10 vehículos eléctricos con celda de combustible, del tipo ómnibus de pasajeros y/o camiones de transporte carretero de carga, los cuales realizarán un máximo de 2 cargas/d. Todos los accesos se encuentran pavimentados, además se exigirá que todos los vehículos del proyecto cuenten con la habilitación de SUCTA.



Aspecto ambiental	Actividad	Gestión prevista
Generación de emisiones sonoras	Operación de la planta	Las fuentes de emisiones sonoras más significativas del proyecto corresponden a los compresores. Como medida de gestión se realizará mantenimiento preventivo de los mismos.
	Tránsito generado por ingreso de vehículos para carga de H₂	El proyecto está dimensionado para abastecer una flota de 10 vehículos eléctricos con celda de combustible, del tipo ómnibus de pasajeros y/o camiones de transporte carretero de carga, los cuales realizarán un máximo de 2 cargas/d.
Transito inducido	Tránsito generado por ingreso de vehículos para carga H₂	El proyecto está dimensionado para abastecer una flota de 10 vehículos eléctricos con celda de combustible, del tipo ómnibus de pasajeros y camiones de transporte carretero de carga, los cuales realizarán un máximo de 2 cargas/d. Se prohibirá el ingreso de vehículos por la calle Capurro, dada la presencia de un CAIF en el acceso al predio por esa calle.
Contingencias	Operación de la planta	Los términos del proceso competitivo incluirán la capacitación de todos los involucrados (UTE, ANCAP, operadores de flota, Bomberos, Servicios de emergencia, otros), además se exigirán elementos de seguridad y materiales acordes a las exigencias internacionales. Se realizarán simulacros periódicos para asegurar una adecuada respuesta del personal ante un acontecimiento de este tipo.



CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO RECEPTOR

Medio físico

a. Clima

La estación meteorológica más cercana se ubica en el Prado, la misma se encuentra a 1,8 km al nor-este del proyecto. A continuación, se presentan los datos meteorológicos característicos para la misma.



La temperatura media anual registrada para el periodo 1961-1990 fue de 16,7 °C. El mes de mayor media fue enero con 23,0°C y el mes con menor media, julio con 10,9 °C. La temperatura máxima media anual fue de 21,4 °C, siendo enero el mes con la máxima en 28,4 °C. La temperatura mínima media anual fue de 2.5 °C siendo la mínima en el mes de junio con -5.6 °C **Fuente especificada no válida..**



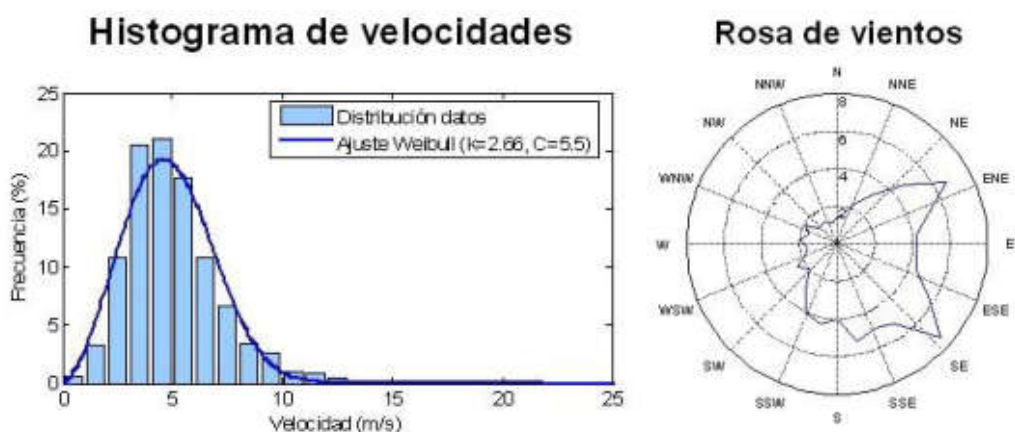
Para el período de 1961 a 1990, la precipitación acumulada anual media registrada fue de 1.101 mm. El mes con mayor media registrada fue octubre con 109 mm y el mes con mínima registrada fue junio con 89 mm. Para el periodo 1961-1990 se registraron 77 días por año con precipitaciones **Fuente especificada no válida..**



La velocidad del viento horizontal registrada en el periodo 1961-1990 presentó una media de 3,7 m/s. La media máxima mensual registrada se dio en octubre con 4,2 m/s. La mínima registrada, se da en abril y mayo con 3,3 m/s **Fuente especificada no válida..**

El proyecto queda ubicado en la cuadrícula J5 del mapa eólico del Uruguay **Fuente especificada no válida..**, en la cual predominan los vientos del este-noreste y sureste. Las velocidades medias a 15 m de altura se encuentran en el entorno de los 4 m/s.

Figura 15 Histograma de velocidades y rosa de los vientos a 15 m de altura



Fuente: Facultad de Ingeniería, 2009



Para el período de 1961-1990, se registraron medidas de humedad relativa medias anuales de un 74 %. La media máxima mensual se registró en junio con 82 %, la media mínima mensual se registró en diciembre con 67 % **Fuente especificada no válida..**



Las medidas registradas para presión atmosférica a nivel medio del mar, del año 1971 al 1990, tuvieron una media anual de 1.015,0 hPa; el mes con la media máxima fue septiembre con 1.018,6 hPa; y la media mínima se registró en enero con 1.010,8 hPa **Fuente especificada no válida..**



b. Calidad de aire

La IM realiza monitoreos sistemáticos de calidad de aire en base a una red de estaciones ubicada en distintos puntos de la ciudad y con el objetivo de determinar la concentración relativa de los principales contaminantes del aire. La red se compone por estaciones de base próximas a las principales vías de circulación vehicular y estaciones orientadas a captar fuentes significativas en convenio con otras instituciones (11).

b1. Estaciones de monitoreo calidad de aire

A efectos de realizar una caracterización local se tomarán en cuenta los datos provenientes del año 2018 y su comparativa con años anteriores para las estaciones orientadas a fuentes fijas de La Teja y Bella vista. En la figura siguiente se visualiza la ubicación de las estaciones con respecto al proyecto.

Figura 16 Estaciones de monitoreo de calidad de aire IM



Fuente: elaboración propia en base a IM, 2019



b2. Parámetros de monitoreo

Debido a que el país no cuenta con estándares nacionales para calidad de aire, la IM realiza la comparación con la propuesta de la Comisión Nacional Asesora de Medio Ambiente (CONAMA) de 2011 y en base a los valores guías de calidad de aire, publicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2005. En la siguiente tabla se presentan los valores de referencia considerados por la IM para evaluar la calidad de aire.

Tabla 2 Valores de referencia para calidad de aire

Parámetros	Periodo	DINACEA (ug/m ³)	OMS (ug/m ³)	Unión (ug/m ³)	Europea
Material Particulado (PM 2.5)	24 hs	50		25	
	Anual	35	25	10	
Material Particulado (PM 10)	24 hs	100	50	50	
	Anual	50	20	20	
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	24 hs	200	200	200	
	Anual	40	40	40	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	1 hora	300		300	
	24 hs	125	20	125	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30.000			
	8 hs	10.000	10.000	10.000	

Fuente: Intendencia de Montevideo, 2018.

En la siguiente tabla se presentan los parámetros monitoreados en cada estación y su frecuencia en el año 2018 (11).

Tabla 3 Parámetros monitoreados

Estación	Parámetros	Frecuencia
La Teja	Material Particulado (PM 2,5)	Horaria
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	
	Dióxido de Azufre (SO ₂)	
	Monóxido de Carbono (CO)	
Bella Vista	Material Particulado (PM 10)	Horaria
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	
	Dióxido de Azufre (SO ₂)	
	Monóxido de Carbono (CO)	

Fuente: Intendencia de Montevideo 2018



La IM realiza el Índice de Calidad de Aire (INCAire) para la comunicación de los resultados de los diversos parámetros determinados a efectos de simplificar su análisis y presentación. El Índice de Calidad de Aire se calcula a partir de valores medidos de concentración. El marco conceptual y metodología de cálculo del Índice de Calidad de Aire está publicada en el sitio web de la Intendencia de Montevideo (12).

b3. Resultados

En la estación de La Teja y para el año 2018 solo se superaron los parámetros de referencia para el PM_{2,5} en cuatro días al año. En general se presentó una calidad de aire muy buena en base al INCAire, existiendo solo valores inadecuados (0,8 %) y malos (0,3%) para el PM_{2,5} (11). En esta estación en particular se ha observado una mejora sostenida de la calidad del aire desde 2014, a partir de la instalación de la planta desulfuradora de ANCAP (11).

En la estación de Bella Vista no se registraron valores superiores a los estándares de referencia en los parámetros relevados. El INCAire fue muy bueno para CO, SO₂ y PM₁₀ y entre muy bueno y bueno para NO₂ (11).

c. Suelos

El carácter urbanizado de la zona del proyecto y el entorno del Ao. Miguelete, hace que la descripción de suelos presente un interés relativo producto de la temprana urbanización del territorio y las diversas modificaciones e intervenciones realizadas desde hace dos siglos, en especial en la zona costera de la bahía, como ser: rellenos, cambios en la línea de costa, eliminación de humedales y otros (13) (14). Dentro de las principales modificaciones que se realizaron en la zona fue el relleno casi total de la playa Capurro a partir de comienzos del siglo XX y en particular a partir de 1930 con la construcción de la Refinería de La Teja e instalaciones aledañas (13). La canalización del Ao. Miguelete y la conformación de taludes también implicó movimiento de suelos en la zona, transformando el área que hoy se destina al proyecto (14).

d. Aguas superficiales

El proyecto se ubica en la bahía de Montevideo, próximo a la desembocadura del Ao. Miguelete en la misma. A 160 m al este se encuentra el Ao. Miguelete y a 250 m al sur la nueva línea de costa de la bahía, a partir de la construcción del Puerto Pesquero de Capurro. A continuación se presentan las caracterizaciones y resultados de monitoreos de calidad de agua más recientes tanto para el Ao. Miguelete como para la bahía de Montevideo.



d1. Calidad de agua Ao. Miguelete

El Ao. Miguelete atraviesa de norte a sur el departamento y transita la mayor parte de su recorrido por zonas urbanas, entre las que se incluyen asentamientos irregulares sin saneamiento y que debido a que parte de esa población que se instala irregularmente en sus riberas se dedica a la clasificación de residuos, esto genera aportes de materiales de diverso tipo al curso de agua. A su vez durante años recibió descargas sin tratamiento de industrias y su conexión con los pluviales de la ciudad implica el arrastra de sustancias y elementos que quedaran en la vía pública (14) (15). Por esta situación sufre desde hace décadas un proceso de degradación que repercute en la calidad de agua de este y también en la Bahía de Montevideo, que suma aportes de otro curso con signos de elevada degradación ambiental como el Ao. Pantanoso (13) (14). El Ao. Miguelete fue canalizado en 1946 con la impermeabilización de su lecho y la construcción de una presa que impide el paso de agua en sentido contrario a partir de las crecientes en la bahía (16).

En cuanto a la calidad de agua, la IM realiza el monitoreo en los cursos de agua del departamento y el Ao. Miguelete es uno de los cuales donde se realizan monitoreos anualmente. En particular próximo al proyecto se ubica el punto M8 en el puente de los accesos a Montevideo (14). Por su ubicación en la cuenca baja, los factores que inciden en la calidad de agua corresponden a las actividades en prácticamente toda la cuenca del Ao. Miguelete.

- Puntos de monitoreo

Figura 17 Puntos de monitoreo de calidad de agua



Fuente: elaboración propia en base a IM, 2019.



El punto M8 es monitoreado cuatro veces al año y en la siguiente tabla se indican los parámetros relevados por la IM (14).

- Parámetros relevados

En la siguiente tabla se presentan los parámetros monitoreados por la IM en la cuenca del Ao. Miguelete y en el punto M8 en particular. Los mismos son contrastados con los valores del decreto 253/79 y modificativos para cuerpos de agua de clase 3 (14).

Tabla 4 Parámetros monitoreados por la IM

Parámetros	
Fisicoquímicos	Temperatura, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales y Sulfuros
Microbiológicos	Coliformes fecales
Parámetros orgánicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno
Nutrientes	Fósforo Total, Nitrógeno Total y Amonio
Metales	Plomo y Cromo

Fuente: Intendencia de Montevideo, 2018

Simultáneamente se realizan bioensayos, los organismos implicados son: *Vibrio fischeri* (Bacteria), *Hydra attenuata* (Cnidario), *Daphnia magna* (Crustáceo) y *Hyalella curvispina* (Crustáceo). La elección de *V. fischeri* se debe a que es altamente sensible a la contaminación por detergentes e hidrocarburos. En tantos los crustáceos son sensibles a los metales pesados. *H. attenuata* es sensible a productos de la degradación de materia orgánica (14).

En aras de contar con una evaluación sintética, se realiza el Índice Simplificado de Calidad de Agua (ISCA), basado en la Agencia Catalana del Agua y que se determina para los cursos principales, incluido el Ao. Miguelete (14).

- Resultados

En cuanto a parámetros fisicoquímicos, se destaca que el Oxígeno Disuelto registró valores de incumplimiento en los cuatro monitoreos del año. Para el año 2019 en cuanto a nutrientes se registraron valores de fosforo total, nitrógeno y amonio superiores a los límites normativos en todas las estaciones de la cuenca del Ao. Miguelete, incluida la estación M8. El DBO₅ registro también valores superiores en el monitoreo de enero. Las coliformes fecales registraron valores de incumplimiento salvo en el monitoreo de abril (14).

En cuanto al índice ISCA en 2019 se registró para el punto un nivel de calidad correspondiente a aguas brutas (nivel intermedio en el índice), desde 2010 en el punto M8 se registra la misma clasificación en forma estable (14).

En cuanto a los bioensayos, se observan niveles de toxicidad con tendencia estable o de disminución en algunos casos, con respecto a los 5 años previos. Para el caso de *H. attenuata* los niveles de toxicidad de verano han descendido respecto de los 5 años previos y los de invierno se encuentran en un nivel medio respecto del mismo periodo (14).



Los demás ensayos (*Daphnia magna* y *Vibrio fischeri*) mantienen la tendencia histórica de valores no tóxicos o levemente tóxicos. Los resultados generales observados para el arroyo Miguelete en 2019 solo marcan como relevante un descenso de los niveles registrados en el verano para el ensayo de *H. attenuata*. El comportamiento de *H. attenuata* en invierno y lo observado para *D. magna* y *V. fischeri* no presentan cambios para destacar respecto de los 5 años previos (14).

e. Presión sonora

La zona del proyecto se encuentra enclavada entre dos fuentes de presión sonora, al oeste la Refinería de la Teja y al este los accesos a Montevideo. Por un lado la propia infraestructura existente de ANCAP en la zona reviste una fuente de ruido y por otro los accesos a Montevideo como una de las principales vías de acceso a la ciudad y la más relevante para tránsito pesado por su acceso al puerto de Montevideo.

f. Paisaje

La zona baja de la cuenca del Ao. Miguelete y el entorno de la bahía han sido caracterizados como paisajes altamente modificados, que si bien pueden albergar elementos naturales como cursos de agua y vegetación en sus márgenes, las diversas intervenciones y procesos urbanos datan de varios siglos y han sido relevantes en la transformación del territorio (13). Cabe mencionar que la bahía de Montevideo registra transformaciones importantes desde hace más 150 años, como ser el relleno de playas y humedales, la construcción de infraestructura portuaria, construcción de ramblas y la instalación de emprendimientos industriales (16).

En particular, la zona de La Teja presenta como característica distintiva el paisaje urbano-industrial, con la dominancia de la Refinería de ANCAP como elemento de mayor visualización desde el entorno inmediato y en el área de la bahía. En particular la zona de proyecto se encuentra rodeada hacia el norte, oeste y este por instalaciones de ALUR, ya sea galpones, oficinas o tanques de almacenamiento. La mayor visual que existe se da hacia el sur, desde donde se observa la bahía de Montevideo. Esta zona también está sufriendo transformaciones producto de la obra del Puerto Pesquero de Capurro y es de esperar por tanto que la visual del proyecto desde su entorno sea aún más acotada (ver Fotografía siguiente).



Fotografía 2 Visuales desde la zona del proyecto



Vista desde la entrada del proyecto hacia el sur-este (Puerto Pesquero Capurro y Bahía)



*Visual desde la platea del proyecto hacia el norte
(galpones de ALUR)*

*Visual desde la platea del proyecto hacia el oeste
(tanques de almacenamiento)*

Medio biológico

a. Consideraciones generales

El área sobre la que se desarrolla el proyecto forma parte del Polo Logístico e Industrial Capurro, estos predios fueron transformados por actividades previas y presentan una ocupación para uso industrial desde hace muchos años. Como se visualiza en la siguiente fotografía, en la actualidad esta zona se conforma por varias instalaciones: el área donde se instalará la planta principal corresponde con una platea de hormigón y en su entorno, donde se ubicarían las actividades auxiliares a la planta, se conforma por varios galpones, tanques de almacenamiento y oficinas.



Fotografía 3 Platea donde se ubicará el proyecto



Fuente: tomada por el equipo consultor.

Las características de uso industrial y logístico del predio disminuyen significativamente su grado de naturalidad y por tanto las posibilidades como potencial sitio para el hábitat de flora y fauna. En tal sentido, el área con cierto grado de naturalidad más cercana, son las riberas del Ao. Miguelete, ubicado hacia el oeste del proyecto. Como se ha mencionado en el apartado *de Aguas Superficiales*, este curso presenta un importante deterioro ambiental, asociado a un historial de intervenciones en su cuenca que limita el funcionamiento ecosistémico normal del sistema lótico y por tanto la posibilidad de hábitat para aquellas especies no adaptadas a los niveles de contaminación.

En sentido estricto las áreas aledañas al Ao. Miguelete y que forman parte de su cuenca, no corresponde que se consideren como áreas naturales, debido a la modificación de más de dos siglos. Incluso la mejora de la calidad de agua y de intervenciones en el entorno no implican una recuperación del ambiente original (13) (16).



Sin embargo a partir de que el Ao. Miguelete conforma una de las cuñas verdes definidas por el ordenamiento territorial departamental, se ha puesto interés en la recuperación de la calidad ambiental, en la medida en que se atiendan situaciones como los asentamientos irregulares y los riesgos de inundación. El Plan Estratégico del Ao. Miguelete ha impulsado acciones de recuperación de este curso y su entorno, pero dichas acciones no han abarcado la zona inmediata aledaña al proyecto, si se entiende que las intervenciones aguas arriba permiten mejorar la calidad ambiental a nivel general del curso y siguen los lineamientos generales para recuperación de la conexión natural entre la zona rural del departamento y la bahía (13). El Plan Estratégico del Ao. Miguelete ha propuesto la realización de un parque lineal en las riberas que permita la conexión desde la desembocadura en la bahía hasta la Av. Agraciada, sin embargo esto requiere la coordinación institucional de ANCAP con la IM (13).

b. Flora y Fauna

Debido a la impermeabilización completa que presenta el área destinada al proyecto no se encuentran formaciones o individuos de interés que destacar. Las áreas verdes existentes corresponden con el perímetro complejo industrial de ALUR, donde se mantiene cobertura herbácea con cortas periódicas y algunos ejemplares árboles, destacándose por su porte, la especie de palma exótica *Washingtonia robusta* (ver Fotografía 4).

A pesar de su cercanía con la zona costera de la bahía de Montevideo, en la zona del proyecto no se registra vegetación costera autóctona (15).

En cuanto a la fauna presente en el área baja de la cuenca del Ao. Miguelete se tienen registros en base a relevamientos de campo y referencias de lugareños recopilados en el Plan Especial del Ao. Miguelete (13).

Se registraron 4 especies de mamíferos, comadreja mora (*Didelphis albiventris*) y 3 especies de ratón y ratas domésticas (13), 44 especies de aves, siendo la familia *Columbidae* (palomas) la que registro mayor cantidad de especie, incluidas exóticas (6). En segundo lugar la familia *Tyrannidae* con especies nativas como ser benteveo (*Pitangus sulphuratus*), tijereta (*Tyrannus savana*) y benteveo real (*Tyrannus melancholicus*). La familia *Hirundinidae* (golondrinas) también registra 5 especies en la zona baja del Ao. Miguelete (13).

En cuanto a reptiles se registran dos especies en la zona, al igual que anfibios (13).

Se registró solo una especie de moluscos, *Cornus aspersa* (13).



Fotografía 4 Espacios verdes dentro del Polo logístico e Industrial Capurro y al este del proyecto



Fuente: tomada por el equipo consultor.

Medio humano

a. Población y vivienda

El proyecto se ubicará en el extremo Suroeste del barrio Capurro de la ciudad de Montevideo, en el límite con el barrio de La Teja, separados ambos por el arroyo Miguelete.

A efectos del análisis socio-demográfico del territorio, se define un área de 1 km de radio como área de influencia.

En el área considerada, se identifican los segmentos censales definidos por el Instituto Nacional de Estadística correspondientes al departamento de Montevideo.



Figura 18 Segmentos censales y área de influencia



a1. Capurro Fuente especificada no válida.

El barrio de Capurro cuenta con un proceso histórico muy particular vinculado a su proximidad a la Bahía de Montevideo. La calle Capurro es el eje vertebrador del barrio que vincula el Prado, la zona Este y el barrio de Bella Vista con la zona Oeste y la bahía y los accesos. Por la calle Capurro hacia el Oeste se puede encontrar el predio de la Escuela Pública N° 47.

En esta zona también se encuentran vestigios del llamado Caserío de los Negros, sitio en donde fueron alojados los esclavos que llegaban a estas tierras, que fue declarado Monumento Histórico Nacional y Bien de Interés Departamental por sus restos históricos y arqueológicos.

Se destaca como característica la existencia de una política de recuperación de la zona, llevada a cabo por los Municipios A y C, con la intención de que el barrio se convierta en un polo cultural.

El barrio Capurro se ubica administrativamente como perteneciente al Centro Comunal Zonal 16 del Municipio C.



Se trata de una zona rodeada de un entorno industrial, así como una ruta nacional altamente transitada y, por lo tanto, con alto impacto sonoro.

A menos de 100 m de la playa Capurro se encuentra ubicada la Planta de Alcoholes de ANCAP (ALUR), así como a unos 200 m de la Refinería de ANCAP de la Teja. La Playa Capurro se encuentra deteriorada por la acumulación de residuos sólidos. Se han realizado acciones de limpieza con trabajo voluntario y apoyo de la Intendencia de Montevideo, ANP y ONGs.

En terrenos de la conocida como planta de alcoholes de ANCAP, si bien cerró la producción de bebidas alcohólicas en 2016, conserva con ALUR comercialización de alcohol y solventes, la que en 2013 inaugura en el predio una nueva Planta de Biodiesel. Dos de los padrones del Parque Logístico e Industrial Capurro (pero no afectados por el proyecto) han sido declarados como MHN. Estos padrones son el 56466 y el 56467 que se corresponden con el “Caserío de los Negros”, declarados MHN en 2007 (17).

Frente a la planta de alcoholes, la Administración Nacional de Puertos ha dispuesto reestructurar sus operaciones, ubicando en este territorio las actividades portuarias de pesca comercial nacional e internacional, y a futuro las operaciones del dique Tsakos.

En el barrio se ubica el Parque Capurro, proyectado y ejecutado en 1900. Es Monumento Histórico Nacional desde 1975. Está delimitado por las calles: Rambla Dr. Baltasar Brum, Capurro, Juan María Gutiérrez. A principios de siglo XX la Sociedad Tranviaria “La Transatlántica” creó un balneario en la zona de Capurro. Se encargó al arquitecto italiano Veltroni y al alsaciano Knab el proyecto de parque, y al ingeniero paisajista Racine todo lo referente a árboles, quioscos y arriates.

Hoy el parque tiene una función más de plaza que de parque. Este parque tuvo un fuerte cambio después de que el trazado de la vía de acceso a la ciudad desde el Oeste cortó el acceso directo a la bahía desde el parque.

El barrio aparece marcado por límites que limitan el flujo de personas y vehículos, tales como el Arroyo Miguelete al Oeste, la vía de ingreso de la ruta 1 a Montevideo hacia el Sur, al Sureste el entronque del acceso Ruta 1 con Bvar. Artigas.

La IdeM tiene en carpeta implementar el Proyecto Parque Capurro (18), con el fin de integrar en forma armónica las instalaciones portuarias, relacionadas con la pesca nacional e internacional en la zona de la Bahía. Buscará asimismo rescatar el tan reclamado balcón de la ciudad hacia la bahía, procurando el disfrute de la población a través de la generación de espacio público de calidad. Se prevé que el proyecto integre ordenadamente usos diferentes: torres de funciones mixtas, vivienda y oficinas; centro de convenciones; parques, con especial énfasis en la restauración del histórico Parque de Capurro; equipamientos deportivos; parque de actividades infantiles; hotel de cuatro o cinco estrellas dotado de los más avanzados servicios.

a2. La Teja

El barrio La Teja corresponde al CCZ 14 del Municipio A.



La Teja se ubica al oeste de la ciudad de Montevideo, sobre la bahía. Sus límites están definidos al Este por el curso del Arroyo Miguelete; al Noreste por la Avenida Luís Batlle Berres; al Noroeste por la Avenida Carlos María Ramírez; al Oeste la desembocadura del Arroyo Pantanoso y su límite al sur lo forma el contorno de la bahía de Montevideo sobre el Río de la Plata.

El 12 de setiembre de 1842, pocos meses antes que la fuerza militar comandada por el General Manuel Oribe sitiara Montevideo, fue autorizada la fundación de un nuevo pueblo (el segundo fuera de Montevideo) entre las desembocaduras de los arroyos Miguelete y Pantanoso.

Compuesto por 122 manzanas, las tierras pertenecían al comerciante inglés Samuel Lafone, quien en 1841 instaló un establecimiento saladeril modelo. Tenía numerosos galpones, construcciones y viviendas para sus obreros, cuyos techos, imitando las construcciones de las Islas Británicas, eran a dos aguas y de tejas, razón por la cual el pueblo el pueblo, oficialmente llamado Pueblo Victoria en homenaje a la Reina de Gran Bretaña, fue conocido popularmente como La Teja, nombre que hoy lo identifica.

El varadero de La Teja y los terrenos que ocupaban el saladero, así como en un área ganada al mar por la obra del puerto de Montevideo, se instalaría la refinería de petróleo de ANCAP. Gran parte de la población original de la zona estuvo constituida por obreros de la piedra y de los saladeros. Otras fuentes de trabajo fueron proporcionadas por el embarcadero de Lussich y el peladero de cueros y mataderos.

La zona de los terrenos más bajos de La Teja, hacia la margen Oeste (derecha) del arroyo Miguelete, es más popularmente conocida como pueblo Victoria, o La Victoria.

Es un barrio de fuerte impronta obrera, y en el área de influencia social delimitada para el proyecto, fuertemente influenciado por la presencia de la refinería de petróleo de ANCAP.



a3. Indicadores socio-demográficos

En el área de influencia considerada, donde se han identificado los segmentos censales correspondientes, se registran los valores de población, hogares y viviendas registrados en el Censo 2011 que se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 5 Datos socio demográficos – Censo 2011

Segmento	Hombres	Mujeres	Total personas	Hogares	Viviendas
Capurro - al Este del arroyo Miguelete					
114001	3	1	4	2	2
114002	277	340	617	231	240
114003	334	365	699	267	296
114004	319	362	681	249	266
114105	502	614	1116	418	452
114114	356	470	826	353	389
114205	410	533	943	348	372
114214	392	453	845	311	329
Total	2593	3138	5731	2179	2346
La Teja - al Oeste del arroyo Miguelete					
120005	13	11	24	9	9
120006	262	305	567	203	219
120010	622	705	1327	483	534
120011	495	590	1085	386	394
120013	600	689	1289	451	467
120014	618	694	1312	488	530
120019	431	527	958	365	373
Total	3041	3521	6562	2385	2526
Total área	5634	6659	12293	4564	4872

En resumen, en el área de influencia residían 6.659 mujeres y 5.634 hombres, conformando 4.564 hogares, habiendo en el área un total de 4.872 viviendas. Como puede verse, el número de pobladores, hogares y viviendas es algo superior en el área correspondiente a La Teja con respecto al área correspondiente a Capurro.

De acuerdo a la Encuesta Continua de Hogares 2019, los valores del mercado de trabajo para el departamento de Montevideo eran los siguientes:

- tasa de actividad = 64,5
- tasa de empleo = 58,8
- tasa de desempleo = 8,8



Existen diferencias entre ambos barrios, en lo que hace a los indicadores de educación de la población, y a las necesidades básicas insatisfechas (NBI) de las mismas:

- Promedio de años de educación de personas de 25 a 59 años por barrio para los años 2015-17
 - ▶ Capurro = 12,03
 - ▶ La Teja = 9,96
- % de población con al menos una Necesidad Básica Insatisfecha (según Censo 2011) (19)
 - ▶ Capurro = 17,7
 - ▶ La Teja = 28,5.

b. Infraestructura social y comunitaria

b1. Centros educativos, de salud, sociales y culturales

En el área de estudio se ubican, sobre Capurro, las escuelas públicas N° 47 y la N° 237 (CAIF sobre calle Capurro) y sobre territorio de La Teja, el liceo N° 66 (Parque Tejano) y la escuela N° 170.



Fotografía 5 CAIF en el acceso al predio por Capurro



Fuente: tomada por el equipo consultor



Dos policlínicas se ubican en el área de estudio, una al Este del arroyo Miguelete (policlínica Capurro) y otra al Oeste (Policlínica Casa de Mario – La Teja).

En el área correspondiente a Capurro, se destacan las organizaciones culturales, tales como el Centro Cultural “La Cuadra”, el Centro Juvenil de Capurro, el Circo “El Picadero” y Escuela de Samba Unidos du Norte, así como las organizaciones deportivas Club Capurro y Club Fénix, y el skate park Capurro sobre la calle Uruguayana.

En el área correspondiente a La Teja – Pueblo Victoria, se destacan las organizaciones deportivas, tales como los clubes de baby fútbol Nueva Juventud, Los Magos, Progreso, La Comparsa y Universal, así como el club Uruguay Montevideo.

c. Infraestructura vial

El proyecto se ubica en una zona con buena conectividad vial tanto a nivel departamental como nacional, su proximidad con los accesos a Montevideo permite la circulación de camiones hacia y desde el mismo y transitando menos de 500 m por la calle Doroteo Enciso para su ingreso y por la Rambla Dr. Baltasar Brum para su salida. Según la reglamentación de cargas del Departamento de Montevideo, el proyecto se ubica en la zona “B” donde se habilita la circulación de hasta 24 toneladas de peso bruto máximo autorizado, sin restricción horaria y por toda la malla vial. La Rambla Dr. Baltasar Brum es una de las vías preferentes de carga, esto implica que es una vía prioritaria para dar soporte a la operativa de carga (20)

d. Usos y actividades

La zona presenta un uso industrial desde comienzos del siglo XX, producto de la instalación de industrias, infraestructuras de apoyo a la operativa portuaria y desde 1930 con la Refinería La Teja de ANCAP (13). A su vez la zona se encuentra en proceso de transformación con la instalación de nuevos emprendimientos, entre los que se destacan el Puerto Pesquero de Capurro. En la siguiente figura se visualizan los emprendimientos cercanos al proyecto y se listan a continuación.



Figura 19 Empreimientos cercanos al proyecto



Fuente: elaboración propia en base a OAN & Google, 2020.

- ▶ 1-Refinería La Teja ANCAP: cuenta con sucesivas autorizaciones ambientales, la última Autorización Ambiental de Operación para la elaboración de combustibles sin azufre (Resolución Ministerial 9/2014).
- ▶ 2-Planta de producción de Biodiesel ALUR. ubicada dentro del predio del Parque Logístico e Industrial Capurro, cuenta con Autorización Ambiental de Operación (RM 428/013)
- ▶ 3-Puerto Pesquero Capurro: clasificado como "C", cuenta con Autorización Ambiental Previa según la RM. Actualmente se encuentra en construcción.
- ▶ 4-Estación de Saneamiento: forma parte del sistema de saneamiento de la ciudad, la misma conecta la unidad funcional Miguelete, cuya red cubre aproximadamente el área de la cuenca del Ao. Miguelete. En esta estación se conecta con el interceptor costero y bombea hacia el emisario subacuático de Punta Yeguas.
- ▶ 5-Dique Tsakos: en la actualidad se está realizando la excavación de la fosa, cuenta con Autorización Ambiental Previa y se encuentra clasificado como "A".

e. Ordenamiento Territorial

Respecto del suelo donde se ubicará el proyecto, está clasificado como suelo suburbano no habitacional intensivo, identificado como zona ANCAP en el Decreto Departamental N° 34.870, que está delimitada por: la Bahía de Montevideo límite Noroeste del padrón N° 38.565, calle Humboldt ambos frentes, Acceso de las Ruta Nacionales N° 1 y N° 5, calle Capurro, y límite Este del padrón N° 56.442.



Aplican otros dos instrumentos de ordenamiento territorial, en el entorno de la zona ANCAP. Estos son:

- Decreto N° 35.617/2015 (11) Plan Especial de Ordenación, Protección y Mejora del Prado y Capurro

El plan busca la recuperación y revitalización del mismo que apunta al reequilibrio socio-urbano del departamento, desarrollando sectores con deficiencia de servicios y equipamiento.

Declara de interés departamental mantener y valorizar el patrimonio cultural, testimonial, artístico y paisajístico que poseen las construcciones, casas quintas, entornos urbanos, espacios verdes públicos y privados, ejemplares vegetales y conjuntos vegetales de valor patrimonial y ambiental en el área testimonial del Prado.

- Decreto N° 37.157/2019: Plan Especial Bella Vista - Capurro - La Teja.

Aprueba el área correspondiente a los Sectores del Plan Especial de Bella Vista - Capurro - La Teja como área prioritaria de actuación en virtud de su capacidad de inducción de transformaciones positivas y deroga el Decreto No. 33.066/2009.

El decreto define un Sector Planta de Alcoholes / Complejo Cultural, donde se prevé realizar un Proyecto de detalle conjuntamente con ANCAP para las áreas comunes, en particular las liberadas al uso público de la calle Bernabé Caravia de innegable interés urbano y edilicio. En este sector la IM actuará a través de Convenios de Co-gestión con ANCAP.



f. Percepción social

f1. Resumen de características del medio humano

Se puede señalar que la zona en la que se ubica el proyecto está altamente antropizada ya desde principios del siglo XX, primero por la ocupación del territorio con fines turísticos y de esparcimiento (playa y parque Capurro), y posteriormente por la instalación de industrias de importante porte: una lanera, la planta de Alkoholes de ANCAP (luego ubicación de las empresas CABA y ALUR y la refinería de petróleo de ANCAP), mientras que actualmente está en construcción un puerto pesquero destinado a alojar las flotas comerciales de pesca.

Históricamente desde hace más de un siglo hay emprendimientos de combustibles en el AI (Área de Influencia) del proyecto, y la propia refinería de ANCAP cercana al emprendimiento se produce y almacena hidrógeno desde hace varias décadas.

Respecto de las características sociales de la zona, se han identificado las organizaciones sociales existentes, de las cuales se consideran para el relevamiento de percepción social las que se identifican como potencialmente interesadas en el proyecto y se describen más adelante en este documento. En el área de influencia se destaca la presencia del Parque Capurro, monumento histórico nacional, que ha recibido fuerte apoyo de la IdM para recuperar parte de su antiguo protagonismo en el barrio en términos de entretenimiento y esparcimiento. El padrón mismo donde se ubicará el proyecto incluye edificaciones declaradas monumento histórico nacional.

El emprendimiento consumirá agua potable y energía del suministro industrial al que ya tiene acceso el predio donde se implantará, así como el resto de los servicios públicos a los que se tiene acceso de forma centralizada en la zona (saneamiento, telecomunicaciones, etc.). Corresponde destacar que hace parte de la propuesta del proyecto contar con el servicio de bomberos disponible en la refinería de petróleo adyacente al predio del proyecto.

f2. Definición del área de influencia

La determinación del Área de Influencia, en términos generales, se realiza de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- Descripción del proyecto y relevamiento de iniciativas similares.
- La identificación de las actividades del proyecto que pueden generar efectos socio-ambientales, según la etapa del proyecto.
- Identificación de receptores pasibles de sufrir los efectos identificados, a partir de su relación con las actividades del proyecto.
- Definición del Área de Influencia: identificación del área dentro de la cual se estima que el efecto podría tener lugar sobre los elementos receptores identificados.

De acuerdo a lo anterior, se entiende que una proyección conservadora para la mayor seguridad de la evaluación social, establece en un máximo de 1 km de radio el área de influencia del proyecto a este respecto, tal como fuera mencionado anteriormente (ver Figura 18).



f3. Información y consulta

Actividades realizadas

Como se mencionó, para el estudio de percepción social, como objetivo para identificar insumos y aportes para la evaluación social del proyecto, se han identificado un grupo de actores sociales que se puede considerar representativo de los diferentes intereses comunitarios en el área de influencia.

En 2019 se comunica por nota tanto a la Intendencia de Montevideo como a la DINACEA el desarrollo del proyecto para la producción de hidrógeno verde y su uso en vehículos eléctricos con celda de combustible, donde se señala que es un proyecto interinstitucional cuyos principales participantes son el MIEM y las estatales UTE y ANCAP.

En materia de actividades de información, el proyecto ha sido difundido ampliamente a nivel nacional, y entre los meses de diciembre 2020 y abril 2021 ha sido materia de una gran variedad de artículos en prensa en los principales medios de prensa (El País, El Observador, La República, canales de TV abierta, y programas periodísticos varios). El equipo técnico del proyecto ha participado en variedad de presentaciones públicas y entrevistas, y logró gran difusión la realización de un dataroom virtual de presentación del proyecto a empresas privadas, técnicos y asesores.

Dado que la producción de hidrógeno como combustible para tránsito pesado es muy poco conocida en el mundo, y más aún en Uruguay, se hizo llegar previamente a los consultados, material informativo sobre el proyecto piloto de producción de hidrógeno en análisis (se incluye versión electrónica en Anexo I). Adicionalmente, las actividades de consulta a representantes de estas partes interesadas se realizan con la participación de técnicos de ANCAP que trabajan en el desarrollo del proyecto, a fin de profundizar en la información requerida por los actores sociales, y como aporte que permite precisar en detalle los temas de mayor interés de los mismos.

Se identificaron como actores sociales relevantes para el área de influencia determinada para el proyecto, las siguientes instituciones:

- Centro Comunal Zonal 16 (por el conocimiento de los principales aspectos del barrio que pueden aportar las autoridades locales).
- Comisión Vecinal Capurro (forma de organización vecinal que aborda temas locales en el área de implantación del proyecto).
- Escuela N° 47 (principal escuela de la zona, y posible receptora de temas de interés y preocupación relacionados con la población infantil de la zona)
- CAIF Capurro (centro educativo más cercano al emprendimiento, y que involucra un importante movimiento de población infantil vulnerable).
- Al grupo anterior, se consideró importante incluir la opinión del MIEM, en su carácter de evaluador general de aspectos estratégicos de esta iniciativa.

Se realizaron las entrevistas planificadas con representantes del MIEM, el Municipio C y el Centro Comunal Zonal 16, la Escuela N°47 de Capurro, el CAIF Capurro y la Comisión Vecinal Capurro (también autoreferenciada como Seguridad y Comunidad Capurro).



Los temas registrados al momento de estos actores sociales respecto de temas que generan interés son:

- Generación de vibraciones o movimientos a nivel local.
- Contaminantes que pueda generar la actividad productiva.
- Efectos sobre la seguridad pública como resultado del proyecto.
- Generación de nuevos puestos de trabajo.
- Riesgo de acceso a los servicios públicos (electricidad, agua potable).
- Circulación vehicular de tránsito pesado.
- Seguridad de las operaciones de producción, almacenamiento y suministro de hidrógeno.
- Actividades de información a concejo vecinal y vecinos sobre gestión ambiental y social del proyecto, la actividad productiva es aún muy poco conocida.
- Actividades educativas y de difusión sobre las características del proyecto en los centros educativos del barrio.



IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

El objetivo de este apartado es presentar “el detalle de los posibles impactos ambientales que pudieran producirse, indicando para los impactos negativos o nocivos, las medidas de prevención, mitigación o corrección previstas”, tal como lo establece el Decreto 349/05.

Para ello:

- La identificación de impactos potencialmente negativos se aborda inicialmente identificando las actividades principales del proyecto por cada etapa, considerando las condiciones normales de ejecución.
- A continuación, para cada actividad se identifican: los efectos potenciales de la actividad (considerando en este proceso los aspectos ambientales) y los factores de primero orden y orden superior que tienen la potencialidad de verse afectados.
- Definidos los factores y los efectos se describe el impacto potencial, se clasifica (ver siguiente cuadro) y se aborda una significancia inicial y el fundamento de esta.

Cuadro 3 Clasificación de los impactos de acuerdo con la Guía para la SAAP

▪ Directos:	Directos: se manifiestan en el mismo tiempo y en el mismo lugar que la actividad.
▪ Indirectos:	Indirectos: el factor ambiental es afectado a través de otra variable y no directamente por la acción del proyecto o actividad.
▪ Simples:	Se manifiestan sobre un único factor ambiental, sin consecuencias en la inducción de nuevas alteraciones ni en la de su acumulación ni en la de sinergia.
▪ Acumulativos:	Impactos que generan un efecto que se acumula con el efecto generado por otro impacto de acciones pasadas o presentes y que no se vinculan al proyecto en estudio.
▪ Sinérgicos:	El efecto sobre el factor ambiental, sumado a otros efectos sobre el mismo factor, implica un efecto mayor que la mera suma.

Elaborado con base a DINACEA, 2009.

Una vez obtenida esta matriz de identificación, se ordenan los impactos identificados por factor ambiental. Para cada factor ambiental identificado se confeccionan fichas de acuerdo con el formato de Tabla que se presenta más adelante, las que resumen la metodología explicitada.

Para los casos en que la evaluación preliminar de impacto resulte significativa, se realiza una propuesta de medidas potenciales de mitigación a implementar.

Cuadro 4 Actividades del proyecto por etapa

Construcción	Operación
▪ Implantación, operación y retiro del obrador. ▪ Operación y mantenimiento de la maquinaria ▪ Traslado de equipos y personal. ▪ Presencia física de la obra.	▪ Presencia física de la nueva infraestructura ▪ Operación de la planta ▪ Operación del taller de mantenimiento ▪ Presencia física del nuevo personal. ▪ Tránsito generado por el ingreso de vehículos para carga de combustible ▪ Utilización de productos químicos



Identificación de impactos en la etapa construcción

Factores ambientales	FP: Nivel de presión sonora	FFSS: Población
Actividad	Efecto de la actividad	
Implantación, operación y retiro de obradores.	Generación de emisiones sonoras provenientes de la presencia física del personal y del equipamiento vinculado a actividades a desarrollarse en el obrador (soldaduras, montajes, etc.).	
Operación de maquinaria.	Generación de emisiones sonoras provenientes del funcionamiento de motores y de la operación de la maquinaria en sí misma.	
Traslado de equipos y personal	Generación de emisiones sonoras provenientes del funcionamiento de motores.	
Descripción del impacto potencial	La modificación del nivel de presión sonora en el entorno podría afectar a la población cercana.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☐	Acumulativo ☒
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	El ruido generado será debido al funcionamiento de vehículos y maquinaria de la obra y a las actividades propias de la etapa. La zona del proyecto se encuentra enclavada entre varias fuentes de emisión sonora importantes: Refinería La Teja ANCAP, Planta de producción de Biodiesel ALUR, Puerto Pesquero Capurro (Actualmente en construcción), Estación de Saneamiento, Dique Tsakos y los Accesos a Montevideo. Dichas infraestructuras además de la generación de ruido por parte de su operativa propia, incluyen el acceso y tránsito de vehículos. Por otro lado los accesos a Montevideo constituyen una de las vías de tránsito más importantes y frecuentadas del país, con vehículos de todo tipo. Cabe destacar que para la etapa de construcción, la cual es de apenas 6 meses, se emplearán 10 personas con un pico de 20. Esto sumado a un máximo de dos camiones diarios de transporte de equipos y materiales implican un aumento prácticamente despreciable considerando el tránsito en los accesos al proyecto (Ruta 1 y Rambla Dr. Baltasar Brum). Se entiende que el aporte de nivel sonoro de estas actividades no será relevante.	



Factores ambientales	FP: Cuerpos de agua	FFSS: Biota acuática
Actividad	Efecto de la actividad	
Implantación, operación y retiro de obradores.	Generación de efluentes domésticos (servicios higiénicos, vestuarios, comedor).	
Descripción del impacto potencial	Ante una mala gestión se podría producir afectación del cuerpo de agua cercano por vertido de efluentes.(Afectacion al arroyo Miguelete)	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☒	Acumulativo ☐
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	Los efluentes líquidos correspondientes a la etapa de construcción serán efluentes domésticos generados por la presencia de las personas que trabajarán en la obra. Considerando una generación de 70 L/persona/d y que trabajarán de 10 a 20 personas en la obra, la generación de efluentes estará por debajo de los 1.400 L/d. El personal utilizará las instalaciones sanitarias del sitio, las que se encuentran conectadas a saneamiento.	



Factores ambientales	FP: Suelos	FFSS: Cuerpos de agua/ Biota acuática
Actividad	Efecto de la actividad	
Implantación, operación y retiro de obradores.	Generación de residuos sólidos de varias tipologías: ROC, residuos especiales, peligrosos, asimilables a urbanos.	
Mantenimiento de maquinaria.	Generación de residuos especiales.	
Descripción del impacto potencial	Ante una mala gestión se podría producir afectación del suelo y el cuerpo de agua cercano (Arroyo Miguelete) ya sea por voladura o arrastre de residuos por pluviales, o debido a otros fenómenos químicos más complejos (lixiviación, elutriación, etc.).	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☒	Acumulativo ☐
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	Le será exigido al contratista contar con un PGR en el que deberá definir las características de todos los eslabones de la gestión (clasificación, almacenamiento, transporte, destino final, etc.). Dicho plan deberá atender los requisitos de la normativa vigente. No se permitirán reparaciones o realización de mantenimiento preventivo de maquinaria dentro del predio de la planta, salvo que sea imprescindible. Adicionalmente, se solicitará al contratista contar con un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria.	



Factores ambientales	FP: Aire	FFSS: Población
Actividad	Efecto de la actividad	
Implantación, operación y retiro de obradores.	Generación de emisiones gaseosas y material particulado provenientes de la combustión de motores y rodaduras.	
Operación de maquinaria.	Generación de emisiones gaseosas y material particulado provenientes de la combustión de motores.	
Traslado de equipos y personal	Generación de emisiones gaseosas y material particulado provenientes de la combustión de motores y rodaduras.	
Descripción del impacto potencial	La modificación local de la calidad del aire podría afectar a la población cercana.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☐	Acumulativo ☒
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	Las emisiones atmosféricas serán de escasa envergadura constituyendo principalmente las derivadas de los procesos de combustión de los vehículos y maquinaria, dado que todos los accesos al sitio se encuentran pavimentados. Se exigirá que todos los vehículos de transporte de materiales cuenten con la habilitación de SUCTA. Y para el caso de maquinarias se exigirá al contratista que la misma este en buen estado y un plan de mantenimiento preventivo. La zona del proyecto se encuentra enclavada entre varias fuentes de emisiones atmosféricas: Refinería La Teja ANCAP, Planta de producción de Biodiesel ALUR, Puerto Pesquero Capurro (Actualmente en construcción), Estación de Saneamiento, Dique Tsakos. Dichas infraestructuras además de la generación de emisiones atmosféricas por parte de su operativa propia, incluyen el acceso y tránsito de vehículos que genera emisiones atmosféricas por la combustión de motores. La obra de corta duración. Se emplearán 10 personas con un pico de 20 y se preve un máximo de dos camiones diarios de transporte de equipos y materiales. Por estos motivos se entiende que el aporte de generación de emisiones gaseosas y material particulado provenientes de la combustión de motores para el traslado de equipos y personal de obra, así como la operación de maquinaria dentro de la misma no será relevante.	



Factores ambientales		FP: Población	FFSS:	
Actividad	Efecto de la actividad			
Obra	Presencia física de la obra.			
Descripción del impacto potencial	La presencia de la obra en su conjunto será motivo de percepción social.			
Clasificación:	Directo	☒	Indirecto	☐
	Simple	☐	Acumulativo	☒
	Sinérgico	☐		
Significancia inicial	No significativo			
Fundamento	No se prevé conflictos con la población local ya que las actividades de construcción se realizarán dentro del predio industrial.			

Figura 20 Infraestructura existente



Referencias

--- Infraestructura de soporte al proyecto --- Placa de hormigón (existente) --- Zona de tanques

1, 2, 3, 4 y 5 Actividades Coexistentes en el Polo Capurro

Fuente: Elaboración propia



Factores ambientales	FP: Infraestructura vial	FFSS: Población
Actividad	Efecto de la actividad	
Traslado de equipos y personal	Transito inducido	
Descripción del impacto potencial	Posible afectación al nivel de servicio de las rutas (Accesos a Montevideo).	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☐	Acumulativo ☒
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	El tránsito inducido será el necesario para el traslado de los equipos y del personal de la obra, el cual accederá al predio por medios propios. El proyecto se encuentra enclavado entre varias fuentes que inducen tránsito: Refinería La Teja ANCAP, Planta de producción de Biodiesel ALUR, Puerto Pesquero Capurro (Actualmente en construcción), Estación de Saneamiento, Dique Tsakos y los Accesos a Montevideo. Los accesos a Montevideo constituyen una de las vías de tránsito más importantes y frecuentadas del país, con vehículos de todo tipo, de acuerdo al MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Publicas) el TPDA (transito promedio diario anual) de la Ruta 1 es 3.871. Para la etapa de construcción, la cual es de apenas 6 meses, se emplearán 10 personas con un pico de 20. Esto sumado a un máximo de dos camiones diarios de transporte de equipos y materiales implican un aumento máximo en 22 vehículos diarios en el tránsito en los accesos al proyecto (Ruta 1 y Rambla Dr. Baltasar Brum). Este aumento de tránsito corresponde a un 0,57% del TPDA de la Ruta 1, es por este motivo que se entiende que el aporte de tránsito inducido de estas actividades no será relevante.	



Identificación de impactos en la etapa de operación

Factores ambientales	FP: Paisaje y visuales	FFSS: Población
Actividad	Efecto de la actividad	
Presencia física de la nueva infraestructura	Existencia de nuevas estructuras. Generación de percepción social.	
Descripción del impacto potencial	La nueva infraestructura determinará una modificación del paisaje respecto de la situación actual.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☐	Acumulativo ☒
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	El proyecto se emplaza dentro de una zona con importante desarrollo industrial. La nueva infraestructura se ubica dentro de la planta industrial existente por lo que no se prevé conflictos con la población local ya que no habrá un cambio relevante en paisajes y visuales actualmente existente.	



Factores ambientales	FP: Empresas localizadas en el área de emplazamiento	FFSS:
Actividad	Efecto de la actividad	
Operación de la planta	Interferencia con potenciales usos del predio	
Descripción del impacto potencial	El nuevo proceso podría interferir con potenciales usos del predio por parte de otros actores del Polo Capurro	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☒	Acumulativo ☐
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	El martes 2 de febrero del 2021 se realizó una reunión con representantes de los diferentes actores del Polo Capurro: ALUR, ANCAP, CABA y el Área de Gestión de Instalaciones del Polo Capurro para verificar la inexistencia de interferencias con la localización del proyecto. De la reunión se desprende que no existen interferencias entre el proyecto y los diferentes usuarios del Polo Capurro, por lo que se entiende que este impacto no es significativo.	



Factores ambientales	FP: Cuerpos de agua	FFSS: Biota acuática
Actividad	Efecto de la actividad	
Presencia física de nuevo personal.	Generación de efluentes domésticos (servicios higiénicos, vestuarios, comedor).	
Operación de la planta	Generación de efluentes: rechazo de ósmosis inversa	
	Generación de efluente de recambio de solución alcalina (en caso de optarse por tecnología de electrólisis alcalina)	
Descripción del impacto potencial	Ante una mala gestión se podría producir afectación del cuerpo de agua cercano por vertido de efluentes.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☒	Acumulativo ☐
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	Efluentes domésticos: El personal utilizará las instalaciones sanitarias del sitio, las que se encuentran conectadas a saneamiento. Efluentes de rechazo de la planta de ósmosis inversa: Se estima una generación entre 1 y 4 m³/d, con los mismos contaminantes que el agua de OSE en concentraciones superiores (se estima una salinidad media de 500 ppm. Fuente especificada no válida.). Parte de estos efluentes pueden aprovecharse en los acopios de agua para lucha contra incendios o las instalaciones sanitarias (llenado de cisternas). El sobrante que deba ser gestionado, en caso de que cumpla con los parámetros del decreto 253/79 y sus modificativos será vertido a colector. De lo contrario se almacenará en un tanque en el predio y serán trasladados periódicamente a la PTE de la Planta La Teja para su tratamiento. Esto se definirá al realizar el proyecto ejecutivo. Efluentes del recambio de solución alcalina: En caso de optarse por la tecnología de electrólisis alcalina se generará aproximadamente 12 m³ al año de recambio de solución de KOH. El mismo será trasladado a la Refinería La Teja y allí podrá ser utilizado como neutralizante en la PTE o en la planta de tratamiento de agua para producción, o bien descargado en la PTE para su tratamiento.	



Factores ambientales	FP: Suelos	FFSS: Cuerpos de agua/Biota acuática
Actividad	Efecto de la actividad	
Presencia de nuevo personal.	Generación de residuos sólidos.	
Operación de la planta y el taller de mantenimiento	Generación de residuos sólidos.	
Descripción del impacto potencial	Ante una mala gestión de los residuos podría producirse afectación del suelo y el cuerpo de agua cercano ya sea por voladura o arrastre de residuos por pluviales, o debido a otros fenómenos químicos más complejos (lixiviación, etc.).	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☒	Acumulativo ☐
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	En el nuevo proyecto se generarán los siguientes residuos: RAEE, envases de lubricantes del mantenimiento de la planta de ósmosis inversa y el taller de mantenimiento, e inertes, resultante del mantenimiento de la planta de ósmosis inversa. Todos los residuos generados en este nuevo proceso serán acopiados en un período menor a un año en condiciones adecuadas y gestionados con transportistas y gestores aprobados por DINACEA. Es por ello que se estima que no se generarán impactos significativos.	



Factores ambientales	FP: Suelos	FFSS: Cursos de agua/ Biotá acuática
Actividad	Efecto de la actividad	
Utilización de productos químicos.	Almacenamiento y trasiego de productos químicos.	
Descripción del impacto potencial	Posible ocurrencia de derrames con la consecuente contaminación de suelos y cuerpos de agua.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☒	Acumulativo ☐
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	Se contará con un área específica para el almacenamiento de productos químicos el cual será ventilado, contendrá piso impermeable y contención perimetral para derrames. Los productos químicos a almacenar son: solución concentrada de KOH (que requerirá un recipiente resistente a la corrosión), aceites lubricantes y anticrustantes y metabisulfito de sodio (para el equipo de ósmosis inversa). En cuanto a la manipulación de productos químicos ésta será realizada en cumplimiento con los lineamientos pertinentes para el correcto uso de los mismos de manera de no generar afectaciones. Se entiende que no se generarán impactos significativos.	



Factores ambientales	FP: Fuentes de energía	FFSS:
Actividad	Efecto de la actividad	
Operación de la planta	Consumo de energía	
Descripción del impacto potencial	Agotamiento del recurso.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☒	Acumulativo ☐
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	Durante la operación el único consumo será de energía eléctrica de la red, se estima una potencia de entre 1,5 y 2,5 MW y un consumo aproximado de 20 GWh/a. Cabe destacar que en el caso de Uruguay la energía eléctrica es de origen casi 100% renovable por lo que no se estiman impactos significativos.	



Factores ambientales	FP: Nivel de presión sonora	FFSS: Población
Actividad	Efecto de la actividad	
Operación de la planta	Generación de emisiones sonoras provenientes de la presencia física del personal y de los compresores.	
Tránsito generado por ingreso de vehículos para carga de combustible	Generación de emisiones sonoras provenientes del funcionamiento de motores.	
Descripción del impacto potencial	La modificación del nivel de presión sonora en el entorno podría afectar a la población cercana.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☐	Acumulativo ☒
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	Las fuentes de emisiones sonoras más significativas del proyecto corresponden a los compresores, para los cuales se realizará un mantenimiento preventivo periódico, y el ingreso de la flota de vehículos para el abastecimiento de combustible. El proyecto está dimensionado para abastecer una flota de 10 vehículos eléctricos con celda de combustible, del tipo ómnibus de pasajeros y camiones de transporte carretero de carga, los cuales realizarán un máximo de 2 cargas/d. La vivienda más cercana se ubica a 230 m, y se encuentra mediada por la presencia de la ruta de acceso a Montevideo, la cual constituye una de las vías de tránsito más importantes y frecuentadas del país, con vehículos de todo tipo. Por otro lado, la zona del proyecto se encuentra enclavada entre varias fuentes de emisión sonora: Refinería La Teja ANCAP, Planta de producción de Biodiesel ALUR, Puerto Pesquero Capurro (actualmente en construcción), Estación de Saneamiento, Dique Tsakos y los Accesos a Montevideo. Dichas infraestructuras además de la generación de ruido por parte de su operativa propia, incluyen el acceso y tránsito de vehículos. En resumen, se entiende que dada la distancia a la vivienda más cercana y la ubicación del proyecto, el aporte de nivel sonoro del mismo no será relevante.	



Factores ambientales	FP: Aire	FFSS: Población
Actividad	Efecto de la actividad	
Tránsito generado por ingreso de vehículos para carga de hidrógeno	Generación de emisiones por combustión y rodaduras	
Descripción del impacto potencial	Posible afectación a la población del entorno debido al cambio en la calidad del aire local.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☐	Acumulativo ☒
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	El proyecto está dimensionado para abastecer una flota de 10 vehículos eléctricos con celda de combustible, del tipo ómnibus de pasajeros y/o camiones de transporte carretero de carga, los cuales realizarán un máximo de 2 cargas/d. Los mismos serán los responsables de las emisiones de gases de combustión y material particulado por rodadura. En primer lugar, al ser vehículos eléctricos alimentados por celda de combustible de hidrógeno, el único gas de combustión será vapor de agua. Por otro lado todos los accesos se encuentran pavimentados por lo que la emisión de material particulado será despreciable.	



Factores ambientales	FP: Infraestructura vial	FFSS: Seguridad vial
Actividad	Efecto de la actividad	
Tránsito generado por ingreso de vehículos para carga de combustible	Presencia del tránsito.	
Descripción del impacto potencial	Molestias a la población e incremento del riesgo de accidentes. Deterioro de la infraestructura vial.	
Clasificación:	Directo ☒	Indirecto ☐
	Simple ☐	Acumulativo ☒
	Sinérgico ☐	
Significancia inicial	No significativo	
Fundamento	La zona del proyecto se encuentra enclavada entre varias fuentes que inducen tránsito: Refinería La Teja ANCAP, Planta de producción de Biodiesel ALUR, Puerto Pesquero Capurro (actualmente en construcción), Estación de Saneamiento, Dique Tsakos y los Accesos a Montevideo. Los accesos a Montevideo constituyen una de las vías de tránsito más importantes y frecuentadas del país, con vehículos de todo tipo, de acuerdo al MTOP el TPDA de la Ruta 1 es 3.871. Se prohibirá el ingreso de vehículos por la calle Capurro, dada la presencia de un CAIF en el acceso al predio por esa calle. El aumento en del transito será de un 0,5 % del TPDA de la Ruta 1, (10 vehículos que realizarán 2 cargas/d), por lo que el impacto sobre el tránsito y la seguridad vial no será significativo.	



Impactos positivos

Algunos de los tantos impactos positivos del proyecto se resumen a continuación:

- Desarrollo de experiencia en la producción y uso de hidrógeno verde en ómnibus de pasajeros y/o camiones de transporte carretero de carga.
- Base para identificar barreras y vacíos de información en todas las dimensiones (técnicas, normativas, regulatorias, comerciales, capital humano, concienciación pública, etc.)
- Generación de puestos de trabajo.
- Desarrollo de una hoja de ruta nacional del hidrógeno para alcanzar un mercado potencial de 3.600 autobuses y 20.000 camiones de transporte carretero; además de otras aplicaciones como la producción de metanol, la inyección de hidrógeno a la red de gas directamente o mediante metano sintético, e incluso la exportación de hidrógeno verde
- Reducción de emisiones de CO₂ debido a la sustitución de vehículos a combustión interna.



EVALUACIÓN DE ASPECTOS SOCIALES

Metodología

Para los impactos se buscará determinar su significancia, de modo de identificar los impactos con mayor importancia y que requieren de acciones específicas para hacer viable el emprendimiento. La significancia se establece como una función de la sensibilidad del receptor (número de receptores, percepción social, y la vulnerabilidad estimada de los receptores frente al impacto) y de la magnitud del efecto social (valor, intensidad, extensión geográfica y duración).

Dado que el proyecto tiene carácter de experiencia piloto, y por lo tanto será de reducida escala, lo que supone que será difícilmente perceptible para la población en el área de influencia, tanto su presencia como los resultados de su actividad, se hace una estimación cualitativa de los valores de sensibilidad y magnitud de cada efecto posible del proyecto, a fin de alcanzar una valoración de la significancia del efecto.

Efectos sociales evaluados (12) (13)

a. Por emisiones atmosféricas

Durante las etapas de construcción y operación del proyecto, las actividades asociadas a esas etapas motivarán básicamente la generación de material particulado (MP_{2,5}) y gases de combustión, derivados de la circulación vehicular.

Durante la etapa de construcción, previstas sobre suelo ya hormigonado, y con instalación de soluciones modulares, las emisiones provendrán básicamente de combustión interna de motores de vehículos y maquinarias, circulación de vehículos por caminos pavimentados y combustión de motores de grupos electrógenos. Durante la etapa de construcción las emisiones se generarán a partir del tránsito vehicular por calles pavimentadas, y emisiones fugitivas (venteos).

Por último, durante la etapa de cierre de la planta de hidrógeno, en caso de que ésta se realice, se generarán emisiones producto del tránsito vehicular por caminos pavimentados, desmantelamiento de las instalaciones y combustión de vehículos y maquinaria.

Cómo se señala el estudio de impacto ambiental, las emisiones serán reducidas. La sensibilidad de la población a esta emisión adicional será insignificante, y de existir, alcanzará a un muy bajo número de habitantes del área de influencia. Por tanto se considera el impacto no significativo.

b. Por ruidos/vibraciones

Cómo se señala en el estudio de impacto ambiental, el proyecto está rodeado de fuentes de emisión de ruido significativas, como la refinería de petróleo hacia el Oeste, por el Norte y Este el trazado de los Accesos Oeste de Montevideo que conectan las Rutas 1 y 5 con el centro de la ciudad y de intenso tránsito, y para cuando este proyecto pudiera implementarse, probablemente estará en operación el puerto pesquero comercial nacional al Sur.

La sensibilidad a los ruidos y vibraciones adicionales derivados del proyecto serán casi imperceptibles en relación a los generados por industrias y vías de circulación existentes. Eventualmente podrían ser percibidos por un grupo reducido de la población en el área de influencia. Se considera el impacto como no significativo.



c. Afectaciones de la circulación vehicular y/o peatonal

Como se ha mencionado, el tránsito asociado al proyecto (tanto operativo como de movilidad del personal) es muy bajo en relación al existente en el área de influencia en la actualidad, tanto durante la etapa de construcción como de operación.

Se ha definido un plan de circulación de transporte pesado, con ingreso por Doroteo Enciso y salida por rambla Baltasar Brum, que elude circular por dentro de los núcleos urbanos de la zona, así como delante de los centros educativos del barrio o la vía de acceso principal al Parque Capurro.

Es altamente improbable que la población en el área de influencia pueda sufrir/percibir alteraciones a la circulación vehicular o peatonal derivadas del proyecto piloto en estudio. De ser así, contados miembros de la población en el área de influencia podrían percibir estos cambios. Se considera el impacto como no significativo.

d. Afectación del acceso a bienes y servicios

Tal como se describe en el Medio Humano, el predio donde se ubicará el emprendimiento ya cuenta con acceso industrial a servicios públicos (saneamiento, agua potable, energía eléctrica, recolección de residuos, telecomunicaciones, etc.). Corresponde señalar que el proyecto contará también con servicio de bomberos compartido por la refinería de petróleo de La Teja, adyacente al proyecto. Por tanto no se afecta el acceso a los servicios públicos de la población residente en el área de influencia.

Respecto del consumo de productos y otros servicios, la planta está ubicada en una zona urbana de la capital del país, con pleno acceso a diferentes ofertas de productos y servicios. El potencial del proyecto para afectar ese acceso a la población local es insignificante. Tanto la sensibilidad como la magnitud de la afectación no alcanzan valores estimables, y el impacto resulta no significativo.

e. Seguridad de la comunidad

Respecto de las condiciones de producción y almacenamiento del hidrógeno, un compuesto volátil y naturaleza inflamable, corresponde señalar que en el área de influencia del proyecto ya se produce y almacena desde hace varias décadas el hidrógeno en el proceso de mejora de la calidad de los combustibles, en la adyacente refinería de petróleo de La Teja. Ello implica la existencia de conocimiento, experiencia, aplicación de regulaciones y normas, e implementación de medidas de seguridad asociadas con el manejo de este producto.

Los riesgos de seguridad con relación a accidentes, incendios y explosiones pueden eventualmente ser sobreestimados por la comunidad debido al muy bajo conocimiento existente sobre el sector productivo, y sobre la experiencia y conocimiento de la producción y manejo industrial del producto a nivel nacional, y en particular en la zona misma de implantación del proyecto.

Dado que tanto la sensibilidad de la población así como su número pueden alcanzar valores apreciables, se considera que el impacto es de moderada significancia. El plan de gestión social incluirá acciones de educación y difusión sobre las características del hidrógeno y la gestión de la seguridad de su manipulación y consumo, así como explorará instancias de participación de partes interesadas para abordar los intereses y preocupaciones que puede generar la introducción del novel producto para uso a nivel nacional.



f. Afectación de actividades turísticas

Los componentes con valor turístico identificados en el área son el Parque Capurro y los edificios de la ex-planta de alcoholes de ANCAP (luego CABA, luego ALUR) donde se instalará el proyecto.

Respecto del Parque Capurro, sus usuarios son básicamente habitantes de la zona, el arribo de los mismos se produce básicamente por vía peatonal. Existe apoyo departamental para que el parque recupere su impronta de referencia barrial, y promueve su uso y disfrute por los habitantes del barrio. Se presume que la asistencia de turistas es relativamente baja, y los servicios existentes en la zona están relacionados fundamentalmente con el acceso a productos y servicios de sus residentes permanentes.

El "consumo" del valor turístico de las edificaciones de ANCAP se produce fundamentalmente durante las celebraciones anuales del Patrimonio Nacional, en que las instalaciones se abren para la visita del público. Estas visitas han coexistido con el funcionamiento de la planta de producción de alcoholes, y más recientemente en el tiempo con la producción de biocombustibles en el predio.

Dado que la sensibilidad local a la afectación es baja y que la afectación en sí misma podría alcanzar un valor reducido en magnitud, se considera que el impacto no es significativo.

g. Afectación de actividades culturales/sociales/comunitarias

Respecto de lugares o sitios donde se realizan manifestaciones culturales o identitarias de la localidad, en el AI se presentan las actividades culturales que se desarrollan en el Parque Capurro fundamentalmente por la Cooperativa Cultural Capurro. Respecto de estas prácticas se descarta impacto significativo de las actividades de construcción y operación de la planta de hidrógeno. A modo de ejemplo, actividades de sensibilidad y magnitud mayor, como la actual (al momento de la redacción de este informe) construcción del puerto pesquero Capurro, cuya ubicación es más cercana que la zona de implantación de la planta piloto de producción de hidrógeno, no cuenta con registros conocidos de este tipo de afectación. Por tanto, se considera este impacto como no significativo.

h. Generación de nuevos puestos de trabajo

En el proyecto, para la etapa de construcción, por las características de montaje modular, requerirá una fuerza de trabajo reducida (10 a 15 trabajadores). Mientras que para la etapa de operación se estiman de 3 a 5 operarios, los cuales deberán contar con el adecuado nivel de conocimiento y capacitación previos.

i. Seguridad pública

El proyecto representará una mejora en la condiciones de seguridad pública, para el predio donde estará ubicado, dado que contará con guardia de seguridad, cámaras y tejido perimetral. Los efectos benéficos que pueda representar para el entorno que rodea la planta estará eventualmente muy acotado al alcance visual del personal y de las herramientas de vigilancia implementadas.



j. Efectos sobre la salud de la población

Se prevé que ni las emisiones ni los consumos asociados al proyecto generan riesgos adicionales para la salud de la población. La conclusión se fundamenta en:

- las emisiones atmosféricas son insignificantes en relación a las emisiones generadas por diferentes emprendimientos y vías de circulación en el área de influencia;
- las emisiones de ruido y vibraciones son insignificantes en relación a los factores de producción y circulación vial ya mencionados;
- ni los recursos hídricos ni el suelo de la zona reciben contaminantes, los que de generarse en condiciones de cumplimiento de los límites máximos de emisión, son canalizados hacia el sistema de saneamiento urbano existente;
- la generación de residuos, tanto domésticos como industriales, es canalizada a través de operadores autorizados;
- el plan de contingencias a incluir en el proceso licitatorio aborda el potencial riesgo de derrames y las medidas a implementar para evitar efectos nocivos sobre la población del área de influencia (cabe recordar que el proyecto se implementa sobre suelo ya históricamente dedicado a actividades industriales y con medidas existentes, como muros de contención, superficies impermeables, y pendientes para la recolección de derrames);
- la escorrentía de pluviales también está ya previamente implementada y derivada al sistema de saneamiento urbano, por lo que no tendrá influencia sobre la población de la zona.

Tanto la estimada sensibilidad a los elementos mencionados como el casi nulo número de pobladores del área de influencia que podría estar expuesto a ellos, permite estimar que el impacto es no significativo.



EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

La evaluación de riesgos considera los principales escenarios de accidentes provocados en las actividades relacionadas al proyecto. Dado que en la etapa de construcción, debido al tipo de obra, no hay riesgos importantes es que solo se tendrán en cuenta aquellos asociados a la fase de operación. Los mismos se centran en el manejo, transporte, almacenamiento y dispensado de hidrógeno.

Introducción

a. Usos de Hidrógeno a nivel mundial - Actual y futuro

Actualmente existen varios usos del hidrogeno:

- Refinería de petróleo (para el hidrotratamiento de combustibles pesados)
- Producción de amoníaco
- Producción de metanol
- Elaboración de alimentos
- Arenas bituminosas
- Producción de metales
- Producción de vidrio
- Licuefacción de carbón
- En el transporte:
 - ▶ Automóviles: existen prototipos de varias empresas Audi, BMW, Cadillac, Chrysler, Fiat, Ford, Mazda, Mercedes Benz, Mitsubishi Motors, Nissan, Peugeot, Renault, Hyundai, Honda, Suzuki, KIA, Toyota, Lezús, etc. (14)
 - ▶ Autobuses
 - ▶ Camiones: Nikola Motor lanzo al mercado en 2016 el primer camión de carga en base a celdas de combustible Toyota (14)
 - ▶ Trenes y tranvías: Desde el 2018 Alemania opera el tren Coradia iLint el cual transporta hasta 300 pasajeros por 96km. (14)
 - ▶ Barcos: En Noruega la constructora naval Fiskerstrand desarrolló un ferry que usa celdas de combustible y baterías. Desde noviembre del 2017 en Bélgica se está probando el Hydroville, el primer transbordador de pasajeros con motor de combustión de hidrógeno y diésel. Transporta personas de Kruibeke a Amberes. (14)
 - ▶ Montacargas: se calculan que ya existen más de 5000 unidades funcionando (La Poste, Francia, Walmart y Coca-Cola, EEUU, etc) (14)
 - ▶ Aviación: Aún está en desarrollo.
- Aplicaciones estacionarias: Las aplicaciones estacionarias consideran cualquier aplicación en la cual las celdas son operadas en una locación fija para energía primaria, energía de respaldo o electricidad y calor. Más de 100.000 dispositivos están siendo utilizados por distintas compañías alrededor del mundo. Uno de los usos más destacados es su uso como energía de respaldo para instalaciones de telecomunicaciones. No obstante, están comenzando a ser utilizadas como baterías de respaldo para dispositivos electrónicos.
- Varias empresas internacionales de gran tamaño están implementando sistemas de provisión de energía en base al hidrógeno. Entre estas están empresas como Adobe, Apple, AT&T, CBS, Coca-Cola, eBay; Google, Honda, Microsoft, Target, Walmart, entre otros. (14)



a1. Hidrógeno en el transporte

A principios de 2017, 106 estaciones de servicio con hidrógeno estaban en funcionamiento en Europa, 101 en Asia, 64 en América del Norte, 2 en América del Sur y 1 en Australia, totalizando 274 estaciones. Alrededor de 2/3 de estas (188 aprox.) están habilitadas para público general, al igual que las gasolineras convencionales. El resto de las estaciones están dentro de plantas industriales y solo son usadas para recargar los vehículos de trabajo como montacargas. (14)

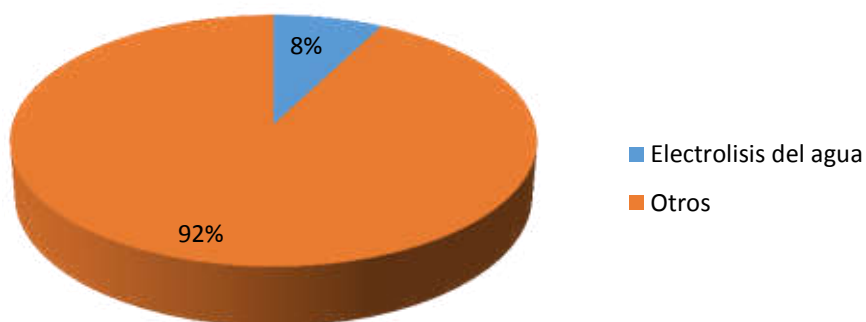
Existen planes ambiciosos para aumentar este número: Alemania piensa instalar una red de 100 estaciones al 2019 y en torno a 400 al 2030 ("H2 Mobility"), mientras que Japón busca instalar 160 para fines del 2020, 320 al 2025 y 900 al 2030, para atender a 800.000 vehículos con celda de combustible. Algunas de ellas están basadas en reformación de vapor a partir de metano y otras utilizan electrólisis del agua. Tanto en California como en Europa existen planes para lograr una serie de carreteras asociadas a la movilidad en base a hidrógeno, de tal forma de aumentar el espacio de movilidad de los vehículos. (14)

a2. Proyectos de producción de hidrógeno en el mundo

De acuerdo a la base de datos de la Agencia Internacional de Energía (15) actualmente se encuentran operativos 169 proyectos de producción de Hidrógeno con fines energéticos y de mitigación del cambio climático. La capacidad total de producción de los mismos es de 482.024 m³/h.

En el siguiente gráfico se puede observar las tecnologías utilizadas para la producción de hidrógeno con los objetivos antes mencionados, donde la electrólisis del agua corresponde a un 8 %.

Figura 21 Tecnologías utilizadas para producción de H2 en el mundo – proyectos operativos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de Energía (Hydrogen Project Database 2020)

Otra información relevante es que un 28% del hidrógeno producido es utilizado para movilidad utilizando como combustible el hidrógeno.



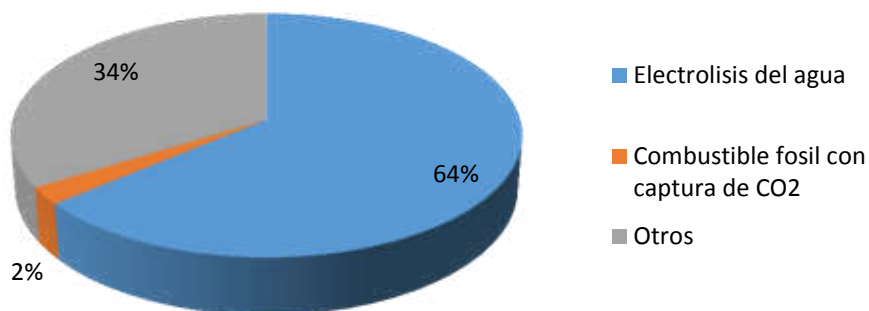
b. Perspectivas a futuro

En una entrevista realizada al Prof. K. Andreas. Friedrich de la Universidad de Stuttgart, Institute of Building Energetics, afirma que: *En el futuro el sistema energético, incorporará el hidrógeno, en distintas aplicaciones, donde la principal área será el transporte. Se estima para el año 2050, la demanda ascenderá a 550 millones de toneladas; esto resulta un gran desarrollo de este sector industrial y a su vez, una notable reducción de la emisión de gases efecto invernadero.* (16)

Tal como se mencionó anteriormente, de acuerdo a la base de datos de la Agencia Internacional de Energía (15) actualmente se encuentran operativos 169 proyectos de producción de Hidrógeno con fines energéticos y de mitigación del cambio climático. A esos 169 proyectos se le suman 275 proyectos que se encuentran en etapa de diseño y/o construcción declarados ante la Agencia Internacional de Energía en el 2020. Teniendo en cuenta los nuevos proyectos se estima una capacidad de producción en un futuro cercano de 16.657.924 m³/h, por lo que se aumentará la capacidad en unas 34 veces.

Cabe destacar que en este nuevo escenario el porcentaje de proyectos en los que se utilizará la electrólisis del agua como tecnología de producción de hidrógeno pasará de un 8% a un 64% de la capacidad de producción.

Figura 22 Tecnologías utilizadas para producción de H₂ en el mundo – proyectos operativos + proyectos futuros



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de Energía (Hydrogen Project Database 2020)

Estos nuevos proyectos se deben a un cambio de políticas energéticas a nivel mundial, en el que se ha evaluado desde los puntos de vista ambientales y económicos la producción del hidrógeno y se ha llegado a la conclusión de que es el camino a seguir. Es por ello que el 10 de marzo de 2020, la Unión Europea confirmó su llamada **Alianza para el hidrógeno limpio**, una organización impulsada por la Comisión Europea con el objetivo de desplegar y desarrollar proyectos basados en el hidrógeno renovable, en línea con el objetivo de neutralidad climática de la UE fijado para el año 2050.

Algunos de los proyectos más relevantes para la próxima década son los siguientes:



- Alemania tiene planeada la mayor planta de producción de hidrógeno verde del mundo, con hasta 1.000 MW de capacidad.
- China tiene un proyecto para elaborar 160.000.000 m³ H₂/año a través de electrólisis utilizando como fuente de energía una planta de energía solar de 200 megavatios (MW) ubicada en el noreste de China, en la región de Ningxia Hui. El proyecto contará con dos estaciones de servicio para el suministro del hidrógeno.

Riesgos del proyecto

a. Productos peligrosos a manejar en la planta piloto

Las sustancias químicas peligrosas serán manejadas y almacenadas en cumplimiento del SGA, y de normas y guías tales como la guía estadounidense elaborada por el Panel de seguridad en H₂ en noviembre de 2017: PNNL, "Safety Planning for Hydrogen and Fuel Cell Projects", la guía europea elaborada en julio de 2019: FCH, "Safety Planning for Hydrogen and Fuel Cell Projects" y las normas ISO (Europa/Global) y la NFPA (EEUU).

Cuadro 5 Características de productos químicos

	Hidróxido de Potasio	Hidrógeno gas comprimido
Número ONU	1813	1966
CAS	1310-58-3	1333-74-0
Estado	Líquido, granel	Gas
Volumen anual	12 m ³ /año	850 kg/d
Peligrosidad	Sustancia corrosiva, Incombustible, Nocivo	Sustancia Inflamable
Pictograma transporte		
Clase de peligro	8.1	2.1
Pictograma GHS	 	 
Propiedades	Líquido incoloro, corrosivo.	Gas a presión, incoloro, inodoro, insípido. Combustible.
Incompatibilidad Condiciones a evitar	Reacciona con diferentes metales, aluminio, cinc, estaño	Reacciona violentamente agentes oxidantes, líquidos y halógenos

Fuente: MSDS



b. Hidrógeno

Los riesgos asociados con el uso de hidrogeno pueden ser caracterizados como fisiológicos (congelación, enfermedades respiratorias y asfixia), físicos (cambios de fase y fallos de componentes) y químicos (ignición y combustión). Debido a la mínima energía que necesita el hidrogeno gaseoso para incendiarse a temperatura y presión ambiente, la experiencia demuestra que el mayor énfasis debe centrarse en la contención del hidrógeno, en la detección de fugas y en la ventilación de las zonas aledañas. (17)

Los principales riesgos asociados al manejo y uso de hidrógeno se han clasificado de la siguiente manera:

- Fuegos y Explosiones. Cabe aclarar que el hidrógeno no es explosivo, necesita de una fuente de ignición externa, y presencia de oxígeno en cantidades suficientes, para explotar o incendiarse.
- Fugas
- Falla en los tanques de almacenamiento
- Falla en los sistemas de apertura y cierre

Por otro lado el hidrogeno tiene otras propiedades que también pueden suponer un riesgo si no se las tiene en cuenta:

- Es un potente agente reductor, y en contacto con óxidos metálicos se oxida y produce calor y agua.
- Daña o es inadecuado para ser utilizado con muchos materiales que se usan normalmente en válvulas tuberías y juntas.
- Al contrario que con otros gases comprimidos, al disminuir la presión de hidrógeno aumenta su temperatura. Cuando se libera hidrógeno desde un contenedor a alta presión, el resultado es que este aumento de temperatura puede contribuir a la ignición, siempre que esté mezclado con oxígeno.
- Forma mezclas explosivas con muchos gases, incluido el cloro, oxígeno y otros halógenos.
- Difunde fácilmente a través de muchos materiales convencionales que se usan en las tuberías y válvulas a través de agujeros que son lo suficientemente pequeños como para retener de forma segura otros gases.

Si bien el hidrógeno tiene todos estos peligros, hay varias propiedades del hidrógeno que hacen que sea más seguro de utilizar que los combustibles más comúnmente usados actualmente. Entre otras, el hidrógeno no es tóxico. Además, debido a que es mucho más liviano que el aire (14 veces) se eleva rápidamente cuando se libera, lo que permite una dispersión relativamente ágil del combustible en caso de fuga. (18)

La tabla a continuación presenta una comparación de distintas características del hidrógeno relacionadas a la seguridad, con las de otros energéticos.

Tabla 6 Comparación de parámetros relevantes para la seguridad

	Hidrógeno	Gas natural	Propano	Vapor de gasolina	Observaciones
Densidad relativa respecto al aire	0,07	0,55	1,52	4	El H ₂ es 14 veces más ligero que el aire.
Temperatura de	1.085	1.003	914	450	El H ₂ y el gas natural tienen



	Hidrógeno	Gas natural	Propano	Vapor de gasolina	Observaciones
autoignición (°C)					temperaturas de autoignición similares y 2 veces mayor que el vapor de gasolina.
Rango de inflamabilidad (%)	4-75	5-15	2,1-10,1	1,4-7,6	El rango de inflamabilidad del H ₂ es muy amplio, especialmente cuando el ratio H ₂ -aire es 29%.
Energía mínima de ignición (mJ)	0,02	0,29	0,26	0,24	En condiciones óptimas de combustión el H ₂ puede encenderse con mínima energía (ej. una pequeña chispa).

Fuente: h2tools.org, tomado de (10).

c. Normas básicas de seguridad

El mayor énfasis debe centrarse en la contención, detección y ventilación.

Los aspectos de seguridad del proyecto serán acorde a las normativas internacionales: tales como las normas ISO (Europa/Global) y la NFPA (EEUU)

A continuación se enumeran los aspectos y equipamientos de seguridad más relevantes:

- Contar con materiales apropiados que sean compatibles con el hidrógeno
- Respetar distancias seguras
- Emplear donde corresponda materiales no combustibles
- Evitar calefacción por medios directos
- Ventilación adecuada
- Sistemas de detección de hidrógeno
- Detectores de llama especiales (puede verse con una cámara infrarroja).
- Arrestallamas
- Dispositivos de detección de fuego

Además se realizarán capacitaciones en prácticas adecuadas para el manejo de hidrógeno y se realizarán de forma periódica simulacros de emergencias.

En la tabla que sigue se describe las características inherentes al hidrógeno, sus peligros potenciales y las medidas de control asociadas que se implementarán.

Cuadro 6 Características, riesgos y medidas de control relacionadas a proyectos de hidrógeno

Característica	Peligro potencial	Medidas de control
Incoloro, inodoro, insípido	Imposible de detectar por un humano	Sensores de detección
Baja viscosidad, átomo muy pequeño (puede ser absorbido en materiales)	Fugas, debilitamiento de ciertos materiales lo que podría resultar en fallas	Sistemas de detección de fugas, ventilación y selección adecuada de materiales



Característica	Peligro potencial	Medidas de control
	estructurales	
Baja densidad energética volumétrica	Almacenamiento a altas presiones	Diseño adecuado de contenedores de almacenamiento, dispositivos de alivio de presión
No respirable (sin oxígeno)	Peligro por acumulación en espacios confinados	Sistemas de detección de fugas, ventilación
Amplio rango de inflamabilidad	Las fugas de cualquier magnitud son de cuidado	Sistemas de detección de fugas, ventilación
Energía mínima de ignición muy baja	Una pequeña chispa lo puede encender	Ventilación, tomas de tierra, sistemas de eliminación de posibles fuentes de ignición
Baja temperatura de licuefacción	Quemaduras criogénicas y daño pulmonar	Sistemas de detección de fugas, equipos de protección personal
Rápido cambio de fase de líquido a gas	Explosiones de presión	Dispositivos de alivio de presión, sistemas de detección de fugas

Fuente: (10)

d. Antecedentes de accidentes a nivel mundial

El *Laboratorio de Análisis de Sistemas de Energía* (Paul Scherrer Institut) de Suiza ha elaborado una base de datos de accidentes severos en toda la cadena de valor del hidrógeno. (19)

Las etapas de la cadena son Producción (tanto siendo el producto principal como subproducto), Transporte (cañerías, transporte carretero, etc.), Almacenamiento (en todos sus tipos) y Usos (para la producción de energía u otros usos).

La base de datos ha relevado información de diferentes fuentes comerciales y no comerciales. Enfocándose en los accidentes ocurridos en la Unión Europea en el período 1995 – 2014, en donde el hidrógeno fue el principal causante del evento y que por lo menos se haya generado alguna consecuencia (una fatalidad, una lesión, etc.).

Tabla 7 Eventos ocurridos en Unión Europea 1995-2014

Etapas	Fatalidades	Lesiones	Evacuaciones	Fugas	Daños en la propiedad
Producción	1	12	1	0	5
Transporte	4	13	7	2	2
Almacenamiento	1	9	1	2	0
Uso	2	5	1	0	2
Total	8	39	10	4	9

Fuente: Elaboración propia a partir de (19)

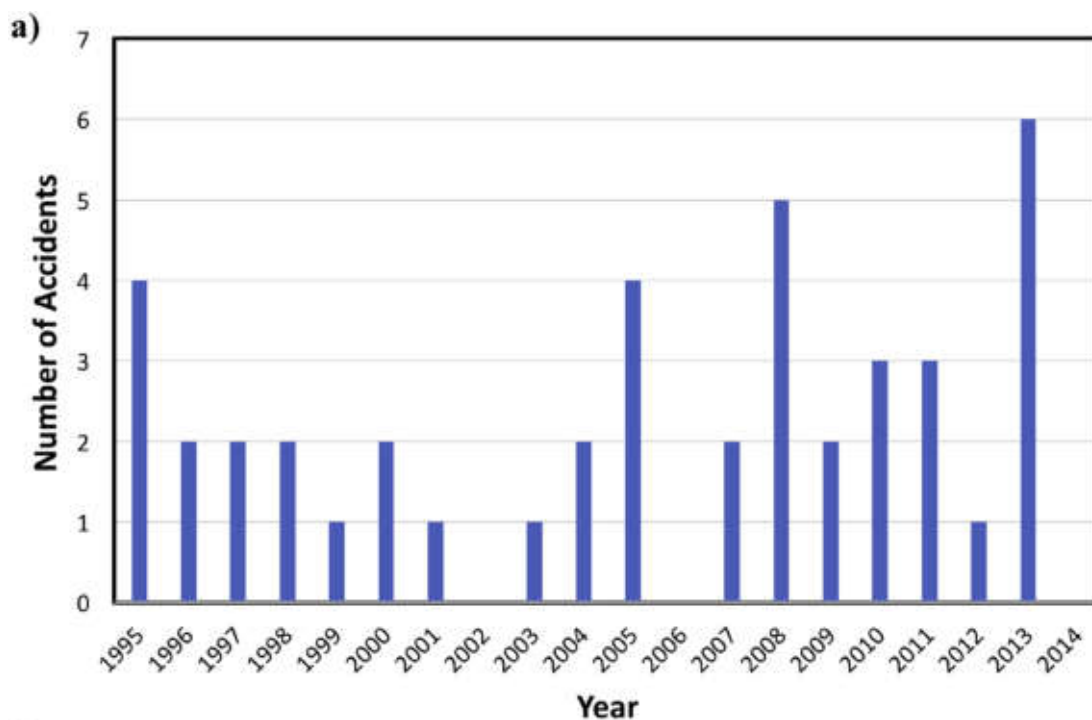
De la tabla anterior se puede concluir que:



- La mayoría de los accidentes generaron por lo menos una lesión.
- Solo 4 accidentes de fuga de hidrógeno fueron reportados.
- La mayoría de los accidentes que causaron al menos una muerte, lesión o evacuación ocurrieron durante el transporte.
- La mayoría de los accidentes con daños en la propiedad ocurrieron durante la fase de producción.

A continuación se presenta la variación de accidentes en el período 1995 – 2014 en la Unión Europea:

Figura 23 Cantidad de Accidentes Unión Europea 1995-2014



Fuente: (19)

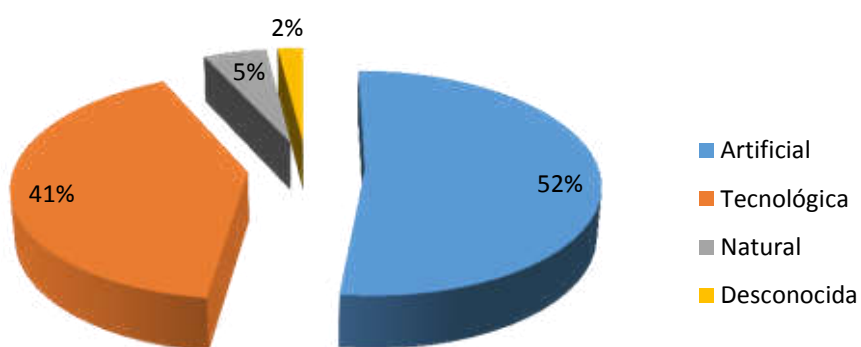
Del gráfico anterior se puede inferir que ocurrieron en promedio 2.2 accidentes/año. Si bien se percibe un aumento en la accidentabilidad hay que tomar en cuenta que la producción de hidrógeno también ha aumentado significativamente.

Por otro lado el estudio relevó las distintas causas de los accidentes y las dividió en las siguientes categorías:

- Artificial: Accidentes por causas antropogénicas como errores humanos, falta de mantenimiento, etc.
- Tecnológica: Accidentes referidos a fallas estructurales, fallas mecánicas, de tuberías, etc.
- Natural: Accidentes causados por desastres naturales como lluvia intensa, inundaciones, terremotos, etc



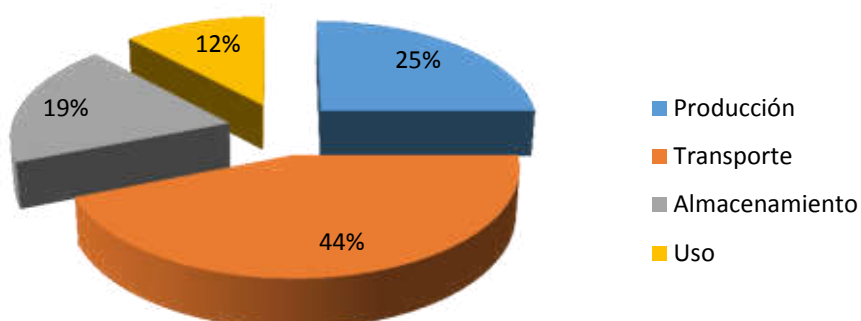
Figura 24 Causas de Accidentes – Unión Europea (1995-2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de (19)

La mayoría de los accidentes ocurrieron debido a causas artificiales (52%) y tecnológicas (41%). Por otro lado si se compara en qué etapa de la cadena de producción de hidrógeno ocurrieron más accidentes se puede observar que la mitad de los accidentes ocurrieron en la etapa de transporte, seguido por producción, almacenamiento y uso:

Figura 25 Etapas de Accidentes en Cadena de Producción de hidrógeno



Fuente: Elaboración propia a partir de (19)



e. Metodología evaluación de riesgos

Tal como se describe en la norma UNE 15008, la evaluación de riesgos es una herramienta que facilita la toma de decisiones a los actores involucrados del proyecto, por medio del aporte de elementos de juicio. En particular, en el presente capítulo se pretende identificar los principales riesgos del proyecto, jerarquizarlos por medio de la evaluación de la probabilidad y consecuencias de cada escenario.

Para el análisis de probabilidad se consideran registros históricos de incidentes o accidentes, en caso de estar disponibles, o en su defecto, mediante su estimación. La evaluación de las posibles consecuencias se realiza en función del posible daño que generaría el incidente o accidente, sobre la infraestructura, vida humana y/o medio ambiente. En este punto se valorará no solo la posible extensión del daño, sino la vulnerabilidad del factor ambiental receptor del daño. Por lo tanto, el riesgo se valorará como el producto entre la probabilidad y las consecuencias.

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencias}$$

A continuación se presentan los criterios para la valoración de los riesgos ambientales, la valoración de la probabilidad y de las consecuencias. Luego, se presenta la evaluación de riesgos de las principales situaciones de emergencia identificadas. Esta se realizó considerando posibles sucesos iniciadores, es decir, considerando aquellas situaciones que pueden “salir mal” o desviarse de una operación normal.

Cuadro 7 Criterios para la valoración de los riesgos ambientales

Magnitud de riesgo		Impacto (consecuencias)					
		Menor (1)	Intermedio (2)	Significativo (3)	Mayor (4)	Catástrofe (5)	Gran Catástrofe (6)
Probabilidad	Muy probable (4)	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Probable (3)	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto	Muy alto
	Posible (2)	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
	Muy poco probable (1)	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

Elaborado en base a Pöyry, 2018

f. Evaluación de riesgos de la etapa de operación

Rotura de tanque de almacenamiento de hidrógeno/ rotura de cañerías / Fugas de hidrógeno	
Causas posibles	Falla en el material del tanque de almacenamiento, de las válvulas u otros equipos, roturas en el sistema de apertura y escape, error humano.
Descripción	Existe riesgo de que se produzca una rotura en el tanque de almacenamiento de hidrógeno, cañerías u otros equipos generándose una liberación del mismo.
Impacto	La liberación de hidrógeno puede producir una ignición y combustión que provoque fuegos y explosiones. Incendio de toda el área del proyecto, causando heridos, emisiones atmosféricas mayores y daño extensivo a todo el Polo Capurro, dañando



Rotura de tanque de almacenamiento de hidrógeno/ rotura de cañerías / Fugas de hidrógeno						
varios emprendimientos del área. Atención regional de medios.						
Medidas para minimizar el impacto y la probabilidad	• Materiales cumplirán con las normativas internacionales para el almacenamiento de hidrógeno. • Sistema de alarmas, sprinklers, extintores y red contra incendios. • Arrestallamas • Ventilación adecuada para evitar explosiones • Sistema de detección de hidrógeno • Dispositivo de detección de fuego • Desarrollo de procedimientos operativos, capacitación y entrenamiento del personal. • Realización de mantenimiento preventivo del equipamiento, materiales y herramientas de seguridad. • Desarrollo y entrenamiento en procedimientos de respuesta ante emergencias. • Las autoridades locales de emergencia (Bomberos) están familiarizadas con la respuesta a incendios y están disponibles para dar asistencia en la respuesta.					
Valoración	Probabilidad	Muy poco probable (1)	Impacto	Significativo (3)	Riesgo	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Incendio o explosión	
Causas posibles	Fallas de equipos, error humano
Descripción	Existe riesgo de incendios en caso de roturas de se produzca una rotura en el tanque de almacenamiento de hidrógeno, cañerías u otros equipos generándose una liberación del mismo.
Impacto	Incendio de toda el área del proyecto, causando heridos, emisiones atmosféricas mayores y daño extensivo a todo el Polo Capurro, dañando varios emprendimientos del área. Atención regional de medios.
Medidas para minimizar el impacto y la probabilidad	• Materiales cumplirán con las normativas internacionales para el almacenamiento de hidrógeno. • Sistema de alarmas, sprinklers, extintores y red contra incendios. • Arrestallamas • Ventilación adecuada para evitar explosiones • Sistema de detección de hidrógeno • Dispositivo de detección de fuego • Desarrollo de procedimientos operativos, capacitación y entrenamiento del personal. • Realización de mantenimiento preventivo del equipamiento, materiales y herramientas de seguridad. • Desarrollo y entrenamiento en procedimientos de respuesta ante emergencias. • Las autoridades locales de emergencia (Bomberos) están familiarizadas con la



Incendio o explosión

respuesta a incendios y están disponibles para dar asistencia en la respuesta.

Valoración	Probabilidad	Muy poco probable (1)	Impacto	Significativo (3)	Riesgo	Bajo
------------	--------------	-----------------------	---------	-------------------	--------	------

Fuente: Elaboración propia



PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Lineamientos de Plan de Gestión Ambiental de Construcción

a. Gestión del obrador

El ingreso a la obra estará restringido al personal de la obra, proveedores, subcontratistas y personas autorizadas. Se controlará el ingreso de vehículos o maquinaria para asegurar que se cumpla con las disposiciones de seguridad establecidas.

Se mantendrá la limpieza de todas las instalaciones del obrador, incluyendo todos los elementos de trabajo y cosas personales de los trabajadores.

b. Gestión de residuos

Se generarán los siguientes residuos:

- Asimilables a urbanos: generados por las actividades del personal en obra (comedor, oficinas).
- Residuos de construcción (RCD): restos de materiales de construcción inertes, escombros, materiales granulares, madera de encofrados, chatarra, bolsas de cemento, entre otros.
- Residuos especiales: envases de pintura, arena con restos de combustibles.
- Residuos de mantenimiento: No se permitirán reparaciones o realización de mantenimiento preventivo de maquinaria dentro del predio de la planta, salvo que sea imprescindible.

Tabla 8 Gestión de residuos en obra

Tipología de residuo	Composición	Origen	Clasificación	Gestión
Asimilables a urbanos	Papel, cartón, plásticos, metales	Comedor	Materiales reciclables	Disposición en contenedores para luego destinar a su reciclaje.
	Plásticos o papel sucios, materia orgánica	Comedor	Residuos Mezclados	Se derivarán al SDFR Felipe Cardoso.
Residuos de construcción	Restos de materiales de construcción (inertes), escombros, materiales granulares, lodos de la sedimentación de lavado de herramientas de hormigón, etc.	Construcción de la planta	RCD	Se promoverá la segregación de los escombros del resto de los residuos, para su entrega a proyectos de valorización. Los flujos de materiales que no puedan ser valorizados, serán derivados al SDFR Felipe Cardoso. Chatarra: se acopiará transitoriamente en el obrador previo a su envío a Gerdau Laisa para su valorización.
Residuos especiales	Aditivos para cemento, envases de	Construcción, contención de derrames.	Residuos especiales	Deberán ser segregados según su peligrosidad. Los envases y otros residuos



Tipología de residuo	Composición	Origen	Clasificación	Gestión
	pinturas, arena con restos de combustible.			categoría I deberán ser enviados a un gestor autorizado o al Relleno de Seguridad de la CIU. Los residuos categoría II podrán ser enviados al SDFR Felipe Cardoso.

c. Drenaje de pluviales

Los mismos serán conducidos por las instalaciones ya existentes hacia el colector.

d. Gestión de efluentes líquidos

El personal utilizará las instalaciones sanitarias del sitio, las que se encuentran conectadas a saneamiento.

e. Gestión de emisiones atmosféricas

Será exigido al contratista contar con un parque de maquinaria en buen estado de mantenimiento y un plan de mantenimiento preventivo de ésta. Además se exigirá que todos los vehículos de transporte de materiales cuenten con la habilitación de SUCTA.

f. Gestión de Ruido

Será exigido al contratista contar con un parque de maquinaria en buen estado de mantenimiento y un plan de mantenimiento preventivo de ésta

g. Gestión de sustancias peligrosas

Las sustancias peligrosas como aceites, lubricantes, aditivos, pinturas se almacenarán dentro de un depósito en el pañol o cercano a este. El depósito será techado, con pavimento impermeable y cartelería identificativa.

Todos los envases que contengan sustancias peligrosas deberán estar correctamente etiquetados indicando las características del producto. Se tendrá a disposición del personal las hojas de seguridad de cada uno de los productos utilizados en obra.

h. Tránsito

Se prohibirá el ingreso de camiones por la calle Capurro, dada la presencia de un CAIF en el acceso al predio por esa calle.

i. Contingencias

Se dispondrá de kits antiderrames comerciales en el obrador y se contará con extintores para responder en caso de detectar focos de incendio, así como cartelería de servicios de urgencia.



Lineamientos de Plan de Gestión Ambiental de Operación

a. Gestión de Residuos

Los residuos generados serán gestionados atendiendo los requisitos de la normativa vigente.

- Los residuos asimilables a domésticos se clasificarán de acuerdo a su potencial de valorización. La fracción no reciclable se almacenará temporalmente en recipientes con bolsa, tapa e identificación, para luego enviarse al SDFR Felipe Cardoso. El papel y cartón se segregarán para su reciclaje así como el plástico limpio.
- Los RAEE al final de su vida útil se almacenarán temporalmente en sitio específico para tal fin, hasta tener un volumen suficiente para su retiro por parte de gestor habilitado para su reciclaje, o un plazo máximo de un año, lo que suceda antes. La misma gestión aplica para residuos provenientes del mantenimiento del electrolizador, como por ejemplo los electrodos y para los generados en el taller de mantenimiento de vehículos en lo que respecta a los sistemas de hidrógeno, celda de combustible y tren motriz eléctrico.
- Se generará una pequeña cantidad de envases de lubricantes, dada la necesidad de lubricar las partes móviles de compresores, etc y los resultantes del mantenimiento de los sistemas de hidrógeno, celda de combustible y tren motriz eléctrico. Se acopiarán en un sector destinado a tal fin en el mismo sitio de almacenamiento del producto, para ser retirados oportunamente por gestor autorizado.
- De requerirse el uso de ósmosis inversa, su mantenimiento generará residuos inertes no peligrosos como puede ser el relleno de los prefiltros o el recambio de membranas los cuales serán gestionados con un gestor autorizado.

b. Gestión de efluentes líquidos

Efluentes domésticos: Dado que el personal utilizará las instalaciones sanitarias del sitio, las que se encuentran conectadas a saneamiento.

Efluentes de rechazo de la planta de ósmosis inversa: Parte de estos efluentes se pueden aprovechar en los acopios de agua para lucha contra incendios o las instalaciones sanitarias (llenado de cisternas). El sobrante que deba ser gestionado, en caso de que cumpla con los parámetros del decreto 253/79 y sus modificativos será vertido a colector. De lo contrario se almacenará en un tanque en el predio y serán trasladados periódicamente a la PTE de la Planta La Teja para su tratamiento. Esto se definirá al realizar el proyecto ejecutivo.

Efluentes del recambio de solución alcalina: En caso de optarse por la tecnología de electrólisis alcalina se generará efluente de recambio de solución de KOH. El mismo será trasladado a la Refinería La Teja y allí podrá ser utilizado como neutralizante en la PTE o en la planta de tratamiento de agua para producción, o bien descargado en la PTE para su tratamiento.

Pluviales: Cabe destacar que dado que no se realizará ninguna ampliación del área pavimentada no habrá un aumento en el volumen de pluviales generados. Los mismos serán conducidos por las instalaciones ya existentes hacia el colector.



c. Ruido

Se realizará el mantenimiento preventivo de la maquinaria para mantener los niveles correspondientes de ruido.

d. Almacenamiento de productos químicos

Se contará con un área específica para el almacenamiento de productos químicos la cual será ventilada, contendrá piso impermeable y contención perimetral para derrames.

Los productos químicos a almacenar son: solución concentrada de KOH (que requerirá un recipiente resistente a la corrosión), aceites lubricantes y antincrustantes y metabisulfito de sodio (para el equipo de ósmosis inversa).

En cuanto a la manipulación de productos químicos se seguirán los lineamientos pertinentes para el correcto uso de los mismos de manera de no generar afectaciones en el personal o en el medio ambiente.

e. Emisiones a la atmósfera

Todos los accesos se encuentran pavimentados, además se exigirá que todos los vehículos del proyecto cuenten con la habilitación de SUCTA.

f. Plan de Contingencias

Los términos del proceso competitivo incluirán la realización de un plan de contingencias, capacitación de todos los involucrados (UTE, ANCAP, operadores de flota, Bomberos, Servicios de emergencia, otros), además se exigirán elementos de seguridad y materiales acordes a las exigencias internacionales.

Tal como se mencionó anteriormente se solicitará que el diseño de las medidas de seguridad del proyecto se apoye en la guía estadounidense elaborada por el Panel de seguridad en H₂ en noviembre de 2017: PNNL, "Safety Planning for Hydrogen and Fuel Cell Projects" y en la guía europea elaborada en julio de 2019: FCH, "Safety Planning for Hydrogen and Fuel Cell Projects", las que incluyen información sobre prácticas seguras en proyectos de hidrógeno y celdas de combustible, de modo de generar planes de seguridad adecuados.

Se realizarán simulacros periódicos para asegurar una adecuada respuesta del personal ante un acontecimiento de este tipo.

Los planes de contingencia del proyecto incluirán los aspectos de comunicación e información a la comunidad del entorno que operarán para este tipo de situaciones.

g. Plan de Gestión Social

Como se señala en la evaluación, los efectos sociales esperados de la implementación del proyecto se prevé que serán escasamente perceptibles para la población en el área de influencia del proyecto. No obstante, no se puede descartar que emerjan situaciones que deban ser consideradas en la gestión social del proyecto.



En función de ello, se difundirá tanto a nivel local como en general, su mecanismo de gestión de reclamos y relacionamiento con la comunidad, a fin de recibir y abordar todos los planteos de las diferentes partes interesadas respecto del proyecto a ser implementado. El mecanismo de gestión de reclamos debe explicitar las etapas de consideración del reclamo a nivel del emprendimiento, y el plazo de tiempo estimado para responder a los planteos recibidos.

Como se ha concluido en la evaluación, las preocupaciones sobre la seguridad de las operaciones, puede eventualmente llegar a ser un tema de interés público local en el futuro, a medida que el proyecto reciba mayor atención pública y esté en conocimiento de la comunidad. En tal sentido, se implementarán actividades de educación y difusión sobre el proyecto piloto y su gestión ambiental y social (según las posibilidades y herramientas que puedan aplicarse de acuerdo a evolución de la situación sanitaria pública), y sobre el nuevo sector productivo en general, en coordinación con el equipo técnico involucrado con el proyecto. Se priorizará para las actividades educativas a nivel comunitario, el relacionamiento con los centros educativos en el área de influencia del proyecto.

Se implementarán actividades de difusión e información a autoridades y técnicos del Municipio, así como a los vecinos y vecinas en el entorno, sobre las principales características del proyecto y su gestión ambiental y social.



CLASIFICACIÓN DE PROYECTO PROPUESTA

La evaluación preliminar realizada permite afirmar que no se identifican impactos potenciales negativos significativos del proyecto de la instalación de una Planta Piloto de generación de Hidrógeno y que habrá un adecuado desempeño ambiental.

En dicho marco, se solicita que el proyecto sea clasificado bajo la Categoría A, de acuerdo al literal a) del Art.5 del decreto 349/005: *Incluye aquellos proyectos de actividades, construcciones u obras, cuya ejecución solo presentaría impactos ambientales negativos no significativos, dentro de lo tolerado y previsto por las normas vigentes.*

Sandra Castro Scarone

Responsable de la Comunicación de Proyecto



BIBLIOGRAFÍA

1. Naciones Unidas. [En línea] [Citado el: 4 de 11 de 2020.] <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20Paris%20agrupa,y%20adaptarse%20a%20sus%20efectos.&text=De%20esta%20manera%2C%20define%20una,para%20frenar%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico..>
2. **Ministerio de Industria, Energía y Minería.** Balance Energético Nacional Uruguay. [En línea] [Citado el: 8 de noviembre de 2020.] <https://ben.miem.gub.uy/descargas/1balance/1-1-Libro-BEN2018.pdf>.
3. **K. Harrison, R. Remick, G. D. Martin, and A. Hoskin.** Hydrogen production: fundamentals and case study summaries. 2010.
4. **al., J. Adolf et.** Shell Hydrogen Study; Energy of the Future? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H2. Hamburg : s.n., 2017.
5. **G. Sdanghi, G. Maranzana, A. Celzard, and V. Fierro.** Review of the current technologies and performances of hydrogen compression for stationary and automotive applications. *Renew. Sustainable Energy Rev.* 2019. Vol. 102, December 2018.
6. **B. Reuter, M. Faltenbacher, O. Schuller, N. Whitehouse, and S. Whitehouse.** New bus refuelling for european hydrogen bus depots: High level techno-economic project summary report. 2017.
7. **IEA.** "The Future of Hydrogen". 2019.
8. **TRACTEBEL-HINICIO.** Early business cases for h2 in energy storage and more broadly power to h2 applications. 2017.
9. **Vásquez Rodrigo, F. Salinas, and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.** Tecnologías del HIDRÓGENO y perspectivas para Chile. 2019.
10. **TECHINT.** Sistema de Almacenamiento de Hidrógeno - Manual de Operación (ANCAP -Expansion of la Teja Refinery). 2002.
11. **MVOTMA.** <https://sit.mvotma.gub.uy/docs/instrumentos/5179/Plan%20Prado%20Capurro.pdf>. [En línea]
12. **2017, Australia National Hydrogen Strategy. Issue 5: Community concerns. Noviembre.** https://consult.industry.gov.au/national-hydrogen-strategy-taskforce/national-hydrogen-strategy-issues-papers/supporting_documents/NationalHydrog. [En línea]
13. **2019, Gobierno de Nueva Zelanda. A vision for hydrogen in New Zealand: Green Paper. Setiembre.** <https://www.mbie.govt.nz/dmsdocument/6798-a-vision-for-hydrogen-in-new-zealand-green-paper>. [En línea]
14. **R. Schröer, R. Vásquez.** *Tecnologías del Hidrógeno y perspectivas para Chile.* s.l. : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH coordinación con Ministerio de Energía de Chile, 2018.
15. **Energía, Agencia Internacional de.** <https://www.iea.org/>. [En línea]



16. **Friedrich, Prof. K. Andreas.** Universidad de Stuttgart, Institute of Building Energetics. *Energía Estratégica*. 17 de Julio de 2019.
17. **B.Badía, C.Fernandez y.** *Energética del hidrógeno. Contexto, estado actual y perspectivas del futuro.* . s.l. : Universidad de Sevilla, 2005.
18. [En línea] [Citado el: 13 de Noviembre de 2020.] <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/safe-use-hydrogen>.
19. **M. Spada, P. Burgherr, P. Rouelle.** Comparative risk assessment with focus on hydrogen and selected fuel cells: Application to Europe. s.l. : ELSEVIER, 2018.



ANEXO I: VERSIÓN ELECTRÓNICA DE FOLLETO INFORMATIVO





Ministerio
de Industria
Energía y Minería



Proyecto de producción de hidrógeno verde para uso en vehículos pesados con celda de combustible

hidrogeno@ancap.com.uy

Antecedentes y justificación del proyecto

Como medida de mitigación del cambio climático, Uruguay se encuentra realizando esfuerzos para reducir las emisiones de gases efecto invernadero en el Sector Transporte, que es responsable del 60% de las emisiones de CO₂ del país.

Unas de las iniciativas que se están instrumentando, consiste en la introducción de vehículos eléctricos cero emisiones, en sustitución de los vehículos que utilizan nafta y gasoil cuya combustión genera emisiones de gases efecto invernadero, así como material particulado y otros gases que afectan la calidad del aire y la salud.

Estos vehículos utilizan energía eléctrica que, en nuestro país, proviene en alto porcentaje de fuentes renovables (hidráulica, eólica y solar), lo cual representa una ventaja, dado que estas fuentes no generan emisiones de gases efecto invernadero.

Para la electrificación vehicular existen dos alternativas:

- **BATERÍAS:** para los vehículos livianos, de corta distancia y baja utilización. En estos vehículos, la energía eléctrica se almacena en baterías durante la carga, y luego se utiliza para mover el motor eléctrico.

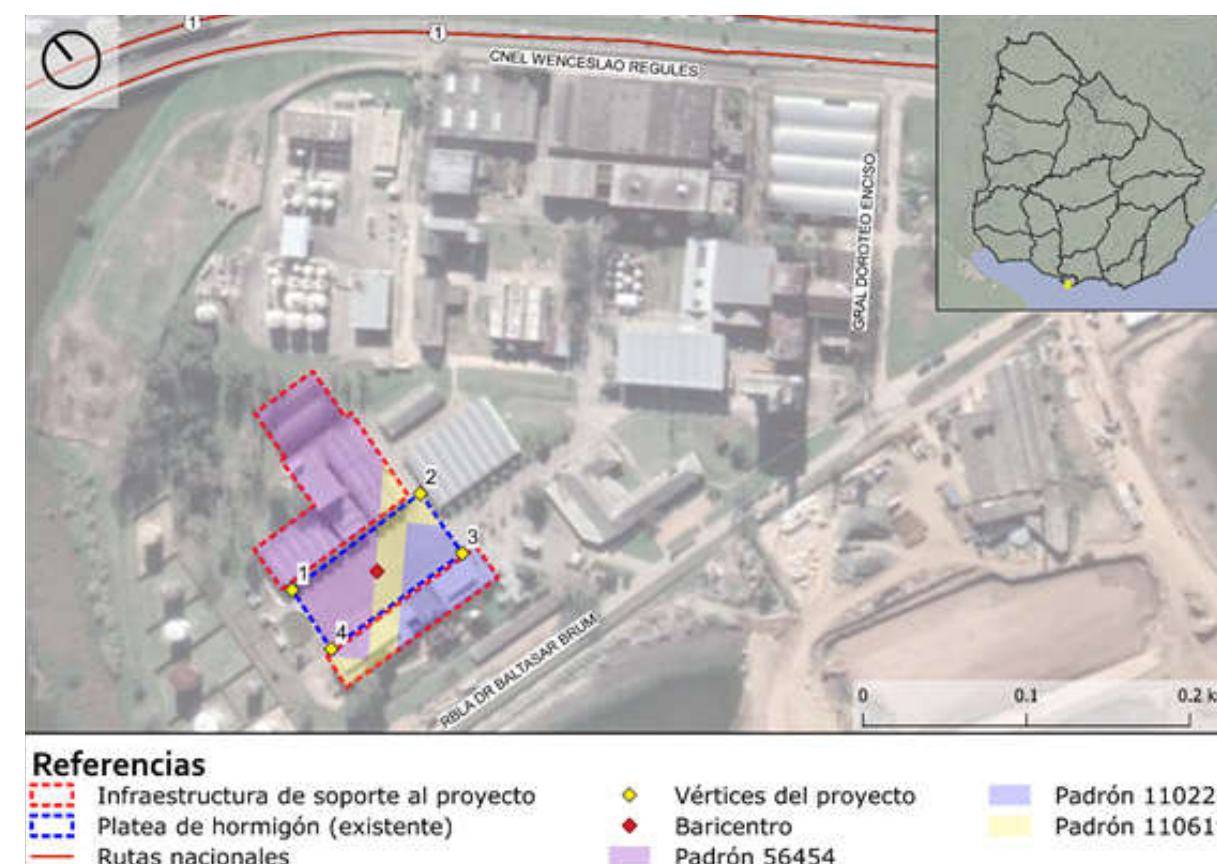
- **HIDRÓGENO Y CELDAS DE COMBUSTIBLE:** para los vehículos pesados, de larga distancia y alta utilización. En estos vehículos, el hidrógeno se almacena en tanques durante la carga, y luego se combina con oxígeno del aire en una celda de combustible que genera energía eléctrica para mover el motor eléctrico. La celda asimismo produce vapor de agua que es la única emisión del vehículo.

El potencial de reemplazo de consumo de gasoil en el segmento vehículos pesados (camiones y ómnibus) asciende a 475.000 m³ al año, un 53 % del total del consumo de gasoil de Uruguay.

Nuestra matriz eléctrica casi 100 % renovable permite producir hidrógeno verde enteramente con recursos autóctonos, y de esa manera lograr mayor independencia energética, disminuir la vulnerabilidad a la volatilidad de los precios del petróleo, ahorrar divisas y lograr una estabilidad de precios para un sector estratégico de la economía.

En 2019 ANCAP comunica tanto a la Intendencia de Montevideo como a la DINAMA el desarrollo del proyecto para la producción de hidrógeno y su uso en vehículos eléctricos con celda de combustible, donde se señala que es un proyecto interinstitucional cuyos principales participantes son el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), ANCAP y UTE.

Se propone localizar la planta piloto en los padrones urbanos N° 110.619, 110.226 y 56.454 de la 7ª sección judicial, dentro del polo industrial de Capurro, en la planta de Capurro de ANCAP, departamento de Montevideo.



La ubicación cuenta con una platea de hormigón de aproximadamente 4.000 m² adecuada para la instalación de la planta de producción de hidrógeno.

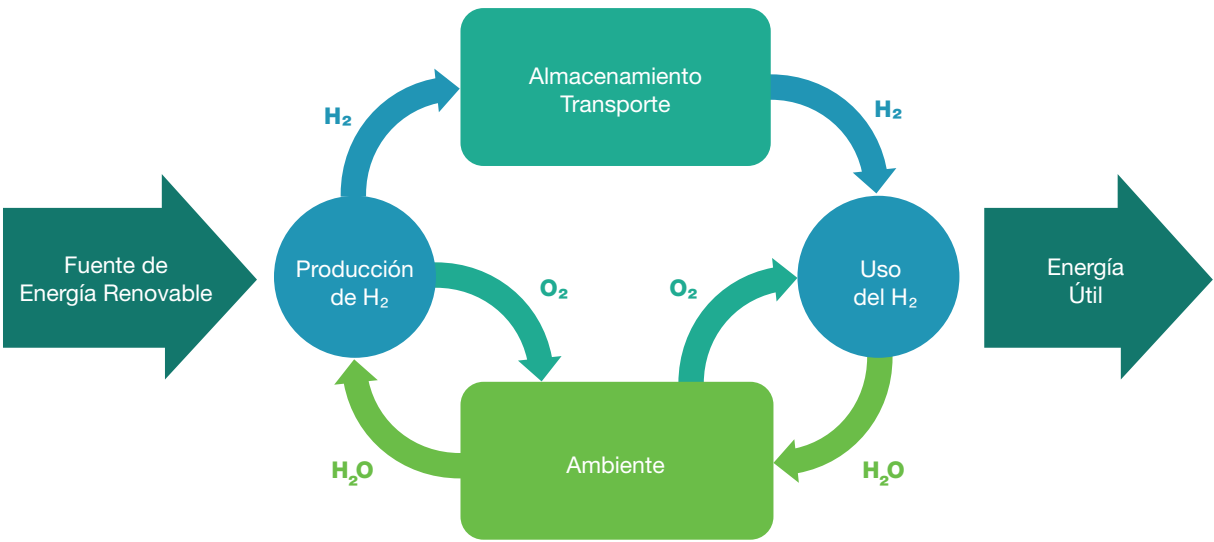
Descripción del proyecto

Consiste en la instalación de una planta piloto de producción de hidrógeno mediante el proceso de electrólisis, utilizando energía eléctrica proveniente de la red de UTE y agua de OSE, equipos de compresión, tanques de almacenamiento y equipamiento de dispensado (surtidor). También considera contar con taller para dar servicio de mantenimiento a los vehículos vinculados al proyecto en lo que respecta a los sistemas de hidrógeno, celda de combustible y tren motriz eléctrico.

• PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

El proceso consume energía eléctrica y agua (entre 4 y 10 m³/día) para producir hidrógeno y oxígeno.

Ciclo de vida del hidrógeno a partir de energía renovable



Fuente: adaptado de C. Koroneos, A. Dompros, G. Roumbas, and N. Moussiopoulos, "Life cycle assessment of hydrogen fuel production processes," Int. J. Hydrogen Energy, vol. 29, no. 14, pp. 1443–1450, 2004.

Previo al ingreso del agua de OSE al proceso será necesario realizar un tratamiento para que cumpla con el grado de conductividad de entrada requerido. En caso de ser necesario, el pre-tratamiento del agua se realizaría mediante la tecnología de ósmosis inversa. El agua tratada ingresa al electrolizador en el que ocurre la reacción de generación de hidrógeno, formando como subproducto oxígeno que se libera a la atmósfera.

• COMPRESIÓN

Esta etapa es requerida para alcanzar la presión de almacenamiento.

• ALMACENAMIENTO

El hidrógeno comprimido es almacenado en tanques especialmente diseñados para esto.

• DISPENSADO DE HIDRÓGENO

El dispensador incluye el pico y la manguera para entregar el hidrógeno al tanque del vehículo. Asimismo, contiene la interfaz con varias pantallas indicando presión, nivel de llenado y cantidad entregada, etc.

MÓDULOS COMPONENTES DE LAS ESTACIONES DE RECARGA DE HIDRÓGENO



Fuente: "Shell Hydrogen Study; Energy of the Future? Sustainable Mobility through. Fuel Cells and H2," J. Adolf et al., Hamburg, 2017.

Aspectos de seguridad

ANCAP cuenta con experiencia en el manejo seguro del hidrógeno, ya que en la refinería de la Teja se trabaja con este producto. Allí se realiza su compresión y almacenamiento para la puesta en marcha de unidades de Refinería La Teja con presiones y cantidad de hidrógeno de similar orden a las que se estima almacenar en el proyecto.

Existen y están bien establecidos los estándares, códigos y regulaciones relativas al almacenamiento, distribución y uso de hidrógeno para industria.

Gestión ambiental de operación

Se implementarán medidas de gestión ambiental y social apropiadas, basadas en el desarrollo de planes y protocolos para minimizar riesgos:

- **CALIDAD DEL AIRE** - No hay fuentes significativas de emisión (se ventea oxígeno a la atmósfera), y por tanto no habrá impactos a la calidad del aire.
- **RESIDUOS** - Se generarán residuos asimilables a urbanos y residuos de tipo industrial, los que se transportarán y gestionarán con transportistas y operadores habilitados, en cumplimiento de la normativa legal vigente.
- **EFLUENTES** - El agua residual será tratada para luego ser reutilizada o vertida, en cumplimiento de la normativa legal vigente.
- **RUIDOS Y VIBRACIONES** - La planta se ubica en una zona industrial, inserta en sí misma en una planta industrial preexistente. La vivienda más cercana se ubica a 230 metros, y se encuentra mediada por la presencia de la ruta de acceso a Montevideo, de alta circulación vehicular a toda hora. No se prevé que la planta de hidrógeno supere los niveles de ruidos y vibraciones permitidas por las normas para esa zona.
- **SUSTANCIAS QUÍMICAS** - De utilizarse tecnología que maneje productos químicos, su almacenamiento se realizará en recipientes adecuados, dentro de recinto con suelo impermeable y contención perimetral en caso de derrames.
- **VISUAL** - Se proyecta instalar la planta de hidrógeno en el predio de Planta Capurro de ANCAP, La ubicación proyectada implica que la planta de hidrógeno no será visible desde el exterior por la población en el entorno de la planta.
- **TRÁNSITO** - Se abastecerán aprox. 10 vehículos diariamente. El tránsito inducido es relativamente menor considerando la actual circulación vehicular asociada a la Refinería La Teja de ANCAP, la planta de biocombustibles de ALUR, y el puerto pesquero en construcción. Se han definido circuitos de circulación de entrada y salida para minimizar riesgos de accidentes.
- **PATRIMONIO HISTÓRICO** - Se tomarán las precauciones debidas para evitar daños a las edificaciones dentro del predio que califican para patrimonio cultural.
- **AGUA Y SUELO** - La planta se ubica sobre suelo ya antropizado, y que cuenta con servicios públicos disponibles. No se prevén impactos sobre agua y suelo.

• **SOCIEDAD** - Se prevé implementar y difundir un sistema de gestión de reclamos a disposición de las partes interesadas y grupos de interés. También se prevé implementar acciones de difusión y educación en producción de hidrógeno como energético.

• **CONTINGENCIAS** - Se contará con planes de actuación para cada contingencia posible detectada: derrame de sustancias químicas, explosión, incendio. Se capacitará a todos los involucrados (UTE, ANCAP, operadores de flota, Bomberos, Servicios de emergencia, otros). Se realizarán simulacros periódicos para asegurar una adecuada respuesta del personal.



Datos de contacto Proyecto Hidrógeno Verde

Paysandú y Av. Libertador
Montevideo – Uruguay
Email: hidrogeno@ancap.com.uy

Respuesta a SIC del 8 de junio de 2021

ANCAP

Diciembre 2021

Tabla de contenido

1. OBJETIVO.....	3
2. RESUMEN.....	4
3. GLOSARIO.....	6
4. INTRODUCCIÓN.....	7
5. ESTANDAR INTERNACIONAL ISO 19880-1:2020 “GASEOUS HYDROGEN — FUELLING STATIONS — PART 1: GENERAL REQUIREMENTS”	13
6. DISTANCIAS PRESCRIPTIVAS DE SEGURIDAD PARA HRS EN LA NORMATIVA INTERNACIONAL	20
7. EJEMPLOS DE BIBLIOGRAFÍA CON DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA HRSS	22
8. RESULTADOS DEL QRA REALIZADO ESPECÍFICAMENTE PARA EL ALMACENAMIENTO DE H2 EN REFINERÍA	38
9. INFORMACIÓN SOBRE HRS OPERATIVAS ACTUALMENTE EN COEXISTENCIA CON OTRAS ACTIVIDADES.....	39
10. CONCLUSIONES	41
11. REFERENCIAS	42

1. OBJETIVO

Este documento ha sido elaborado como respuesta a la “SIC con edición de Ficha Ambiental” del 8 de junio de 2021, que surge a partir de la comunicación de proyecto con viabilidad ambiental de localización para la construcción de una planta piloto de producción de hidrógeno para uso en vehículos pesados a celda de combustible.

2. RESUMEN

En la mencionada SIC, se hace referencia a que los principales impactos ambientales que deben estudiarse en esta etapa indefectiblemente son los asociados a los riesgos de explosión y de inflamabilidad del hidrógeno, teniendo especial consideración las poblaciones cercanas y la interferencia con las actividades de la zona, como ser la Refinería de ANCAP. En esta SIC, se solicita:

- 1) Profundizar en el alcance geográfico de los impactos ambientales asociados para diferentes escenarios (detallando claramente la probabilidad – de ocurrencia y la intensidad -gravedad de las consecuencias-)
- 2) Presentar el criterio de selección de la localización teniendo en cuenta dicho análisis u otros criterios internacionales para dichas actividades, en función de la planta proyectada.
- 3) Análisis de Riesgo Ambiental que se derive de la manipulación, almacenamiento y suministro de hidrógeno, dadas las características de inflamabilidad y explosión de este compuesto, tomando en consideración la máxima capacidad de producción y las actividades aledañas a la planta proyectada. Planteando y analizando distintos escenarios accidentales en función de la máxima capacidad de almacenamiento y escenarios de fugas, presentando las medidas de prevención, minimización y mitigación para disminuir el riesgo para cada escenario evaluado.
- 4) Proyecto ejecutivo, con la definición de la tecnología a utilizar y los planos de planta correspondientes al proyecto definitivo.

En el presente documento, el orden en el que se abordan los puntos mencionados comienza por el punto 2, en el que se mencionan normativa y criterios internacionales.

Respecto al punto 1, al tratarse sobre los contornos de riesgo individual y distancias de efecto de daño, su tratamiento se agrupa junto con el punto 3 ya que estas distancias y contornos suelen ser parte de los resultados de los análisis de riesgo. Al respecto se hace referencia a ejemplos bibliográficos y actuales de estaciones similares, así como se presenta el ejemplo del análisis cuantitativo de riesgos realizado para la batería de almacenamiento de hidrógeno que se encuentra en la Refinería la Teja.

Como resultado de la revisión de las normas ISO 19880-1:2020 y NFPA2, así como de estudios de riesgo disponibles en artículos arbitrados, para HRSs de similares características a la propuesta en este proyecto, se puede concluir que el rango de distancias presentados en estas publicaciones, tanto para riesgo individual 10^{-6} por año (un evento cada 1.000.000 de años) como para distancia de efecto de daño, son tales que quedarían enteramente contenidas en un radio del orden de los 50m con centro en la HRS. En ese caso, si se considera la ubicación propuesta para el proyecto en Capurro, no alcanzaría a poblaciones cercanas ni a la Refinería de la Teja.

Respecto al punto 4, debido al estado de avance del proceso competitivo, no es posible aún presentar el proyecto ejecutivo, tecnología ni planos del proyecto definitivo. Debido a que dicha

información es necesaria para la generación de un QRA, actualmente tampoco se está en condiciones de realizar dicho análisis. Esta información será presentada por la empresa adjudicataria luego de terminado el proceso competitivo, y se propone que la autorización de operación quede condicionada a la aprobación de estos documentos por parte de DINACEA.

3. GLOSARIO

Deflagración	<i>Flash Fire</i>
Distancia de Efecto de Daño	<i>Harm Effect Distance</i>
ETA	Análisis de Árbol de Eventos - <i>Event Tree Analysis</i>
EFV	Válvulas de Exceso de Flujo
Explosión Física	<i>Physical Explosion</i>
FCV	Vehículos a Celda de Combustible – <i>Fuel Cell Vehicles</i>
FMEA <i>Analysis</i>	Análisis de Modos y Efectos de Fallas - <i>Failure Mode and Effect</i>
Fuego de Chorro	<i>Jet Fire</i>
HAZOP	Estudio de Peligros y Operabilidad - <i>HAZard and OPerability study</i>
HRS	Estación de Carga de Hidrógeno - <i>Hydrogen Refueling Station</i>
LFL	Límite Inferior de Inflamabilidad - <i>Lower Flammability Limit</i>
PHA	Análisis de Peligros de Proceso - <i>Process Hazard Analysis</i>
P&ID	Diagrama de Cañerías e Instrumentos
QRA	Análisis Cuantitativo de Riesgos - <i>Quantitative Risk Assessment</i>
VCE	Detonación de Nube de Vapor – <i>Vapor Cloud Explosion</i>

4. INTRODUCCIÓN

4.1 Preocupación del Público por la Seguridad

Con el desarrollo de proyectos de vehículos a celda de combustible (FCV) a gran escala en todo el mundo, el número global de estaciones de carga de hidrógeno (HRS) ha aumentado rápidamente en los últimos años.

La seguridad externa de las estaciones de carga de hidrógeno siempre ha sido una preocupación pública para su desarrollo, en ese sentido se ha trabajado mucho en estudio de los fenómenos físicos, sus consecuencias y probabilidades de ocurrencia. Se han desarrollado modelos matemáticos y calibrado sus resultados con experimentos físicos. Asimismo, se han desarrollado software específico para estos estudios de riesgo.

En toda nueva infraestructura energética de uso público, una cuestión crítica para su posterior aplicación es si podría proporcionar suficiente seguridad. En particular, las distancias de seguridad de las estaciones de carga de hidrógeno siempre han sido una preocupación pública.

4.2 Tipos de eventos específicos para gases inflamables

En primer lugar, se asumen diferentes escenarios de accidentes y se calculan sus consecuencias posteriores, incluida la explosión física, el fuego de chorro, la deflagración (dominan los efectos térmicos) y la detonación (dominan los efectos de sobrepresión).

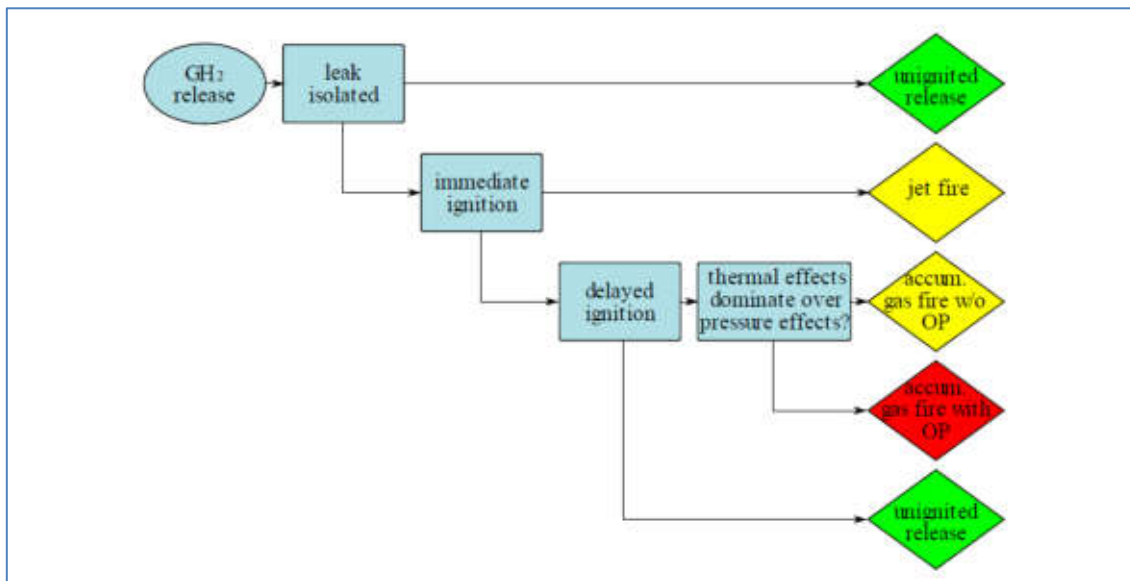


Fig. 1 – Diagrama de secuencia de eventos mostrando los posibles escenarios que pueden ocurrir luego de una liberación de hidrógeno. Tomado de [1]

4.3 Posibles consecuencias de la liberación de H₂

Las liberaciones de hidrógeno pueden ser instantáneas o continuas:

La liberación instantánea se produce por una falla catastrófica, con ruptura instantánea y violenta de equipos, como por ejemplo un cilindro de almacenamiento de hidrógeno a alta presión, una cañería o un compresor. El resultado es una explosión física (despresurización súbita del hidrógeno) y posterior dispersión de una nube de hidrógeno. La ignición de la nube de hidrógeno dará lugar a una deflagración. Si el hidrógeno liberado se acumula en un área confinada, o si hay una cantidad considerable de cañerías dentro de la envoltura de la nube, puede ocurrir una detonación.

Las consecuencias de una liberación continua dependerán del tiempo en que transcurre desde el inicio de la liberación hasta la ignición. La ignición instantánea resulta en un fuego de chorro, mientras que la ignición retardada resulta en una deflagración o una detonación cuando el hidrógeno liberado se acumula en un área confinada o semiconfinada.

En resumen, las cuatro consecuencias típicas de la liberación de hidrógeno son:

- Explosión física
- Fuego de chorro
- Deflagración
- Detonación

Fuego de chorro (*jet fire*):

- Un fuego de chorro es el resultado de una descarga de líquido, vapor o gas desde un orificio al espacio libre, cuyo impulso induce a la atmósfera circundante a mezclarse con el material descargado.

Deflagración (*flash fire*):

- Una deflagración es una combustión súbita de una nube de vapor, gas o neblina inflamable, con baja velocidad de propagación del frente de llama. En una deflagración, el frente de llama avanza por fenómenos de difusión térmica a velocidad subsónica, sin que se produzca efectos de sobrepresión.

Detonación (explosión de nube de vapor, *vapor cloud explosion* VCE):

- Una detonación es una combustión supersónica de una nube de vapor, gas o neblina inflamable que implica la existencia de una onda expansiva y una zona de reacción detrás de ella. En la detonación las velocidades de la llama se aceleran a velocidades lo suficientemente altas como para producir una sobrepresión significativa.

4.4 Análisis Cuantitativo de Riesgos

Tomado de [2] :

El análisis cuantitativo de riesgos (QRA) es una técnica para cuantificar el riesgo que un proceso u operación en particular representa para un individuo y una población. QRA se desarrolló en la década de 1970 para las industrias aeroespacial, electrónica y nuclear, y en la década de 1980 se perfeccionó para su uso en las industrias química y petroquímica.

Definición de riesgo

El riesgo es una medida de la magnitud y probabilidad de lesiones humanas o pérdidas económicas. Puede considerarse como el producto de la probabilidad y la consecuencia. El riesgo se puede describir en términos cualitativos (por ejemplo, bajo, medio, alto) como se hace en un análisis de peligros de proceso (*process hazard analysis* PHA), o en términos cuantitativos como se hace en un QRA (por ejemplo, probabilidad de una muerte por año).

Los resultados de la QRA generalmente se informan de dos formas: riesgo individual (*individual risk* IR) y riesgo social (*societal risk* SR).

Para el riesgo individual, se asume que la persona está presente las 24 horas del día y que no toma medidas de protección. El riesgo individual no tiene en cuenta la población realmente presente dentro y alrededor de una instalación.

El riesgo individual (*individual risk* IR) se expresa como probabilidad de muerte por año, y se presenta en forma de contornos de riesgo. Cada anillo del contorno representa la probabilidad de muerte.

Por ejemplo, una persona en el contorno naranja de la **Fig. 2** tendría una probabilidad de 1 en 10.000 de morir por un escenario de pérdida de contención (1×10^{-4} /año). A medida que una persona se aleja de la instalación, su riesgo disminuye. En el anillo azul la probabilidad sería de 1 en 20.000 (5×10^{-5} /año), en el verde 1 en 100.000 (1×10^{-5} /año), y en el violeta 1 en 200.000 (5×10^{-6} /año).

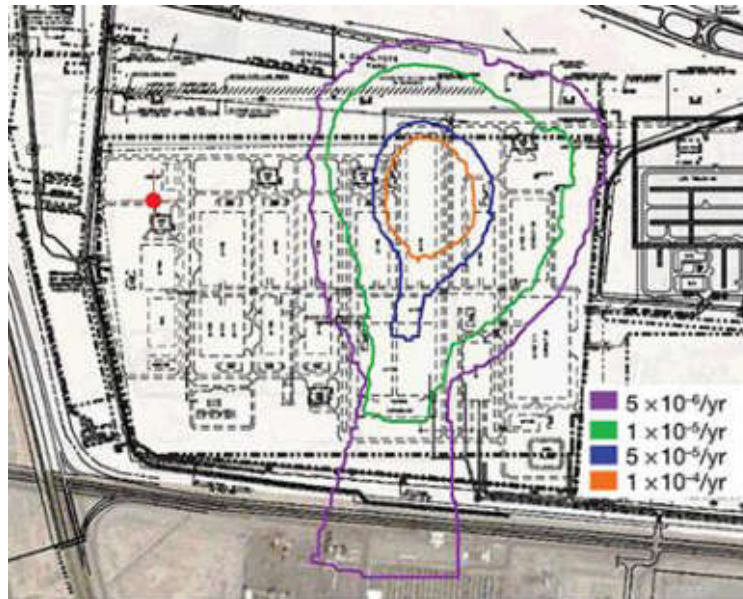


Fig. 2 – Ejemplo de contornos de riesgo individual. Tomado de [2]

El riesgo social representa la población presente dentro de una distancia particular de la instalación de interés. Por lo general, se informa como un promedio (tasa promedio de muerte o potencial pérdida de vidas) y se puede presentar en una gráfica F-N, donde el eje “x” es el número de muertes (N) y el eje “y” representa frecuencia de accidentes con N o más muertes por año. Las dos líneas rectas verde y violeta son criterios de tolerabilidad.

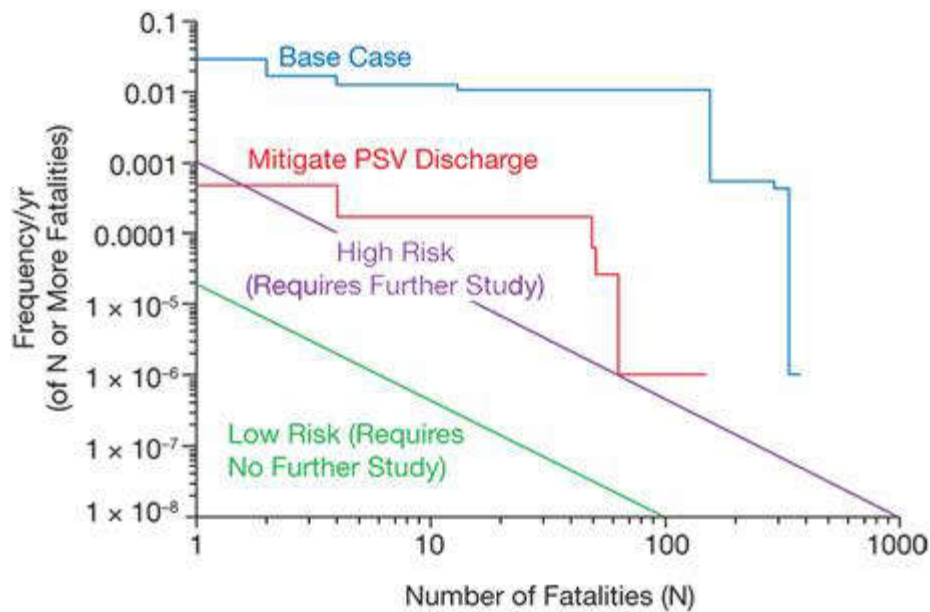


Fig. 3 -Curvas F-N para riesgo social. Tomado de [2]

El proceso QRA

Durante un QRA, se analizan los posibles escenarios de pérdida de contención individualmente (por ejemplo, fugas o ruptura total en un cilindro, una cañería o un compresor que contiene gas a presión) y se calcula el riesgo de cada uno. Luego se calcula el riesgo acumulado como la suma de los riesgos individuales.

Los QRA siguen una metodología bien definida. Después de definir el sistema a analizar, que podría ser una instalación completa, un proceso o una sola unidad operativa, el QRA implica varios pasos:

- Reunir los datos.
- Identificar los escenarios de peligro.
- Estimar las frecuencias de ocurrencia de los escenarios.
- Modelar las consecuencias.
- Calcular los riesgos (probabilidad por consecuencia).
- Comparar el riesgo calculado con los criterios de aceptabilidad de riesgo.
- Si el riesgo no es tolerable, incorporar medidas para la reducción de riesgo.
- Iterar nuevamente hasta que el riesgo sea tolerable.

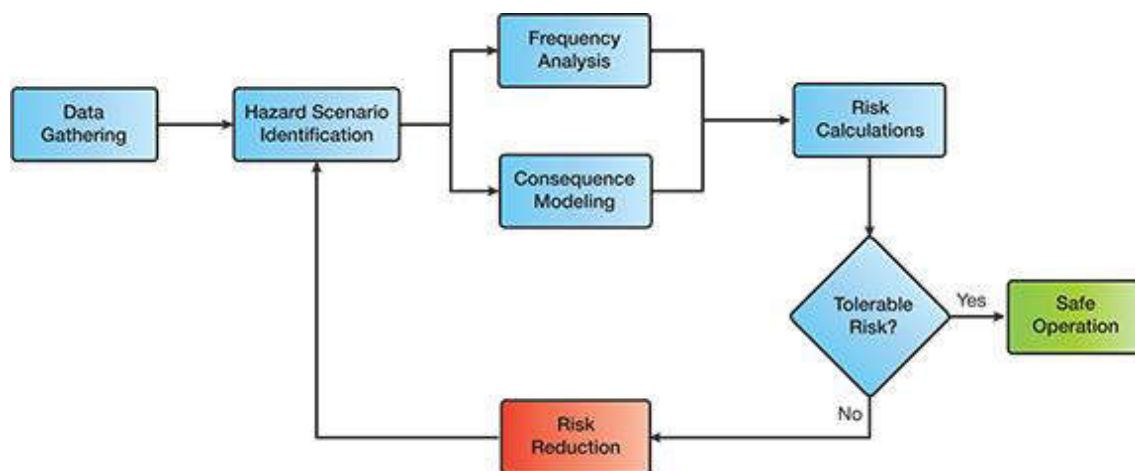


Fig. 4 – El proceso QRA. Tomado de [2].

4.5 Criterios en relación a las consecuencias (tomado de [3])

En cuanto a los criterios de no-daño y daño debido a las principales consecuencias (fuego de chorro, deflagración y detonación), la referencia más ampliamente utilizada en la industria es la de la Asociación Europea de Gases Industriales (EIGA) [3].

Efectos térmicos

Umbral de “no daño” para personas (0,1% de fatalidad):

- Para fuego de chorro: el contorno de radiación de $1,6 \text{ kW/m}^2$
- Para deflagración: el contorno de 50% del LFL (para hidrógeno, 2%)

Umbral de “daño” para personas (1% de fatalidad):

- Para fuego de chorro: el contorno de radiación de $9,5 \text{ kW/m}^2$ (el umbral de dolor se alcanza después de 8 s, quemaduras de segundo grado después de los 20 s)
- Para deflagración: el contorno del LFL (para hidrógeno, 4%)

Umbral de “daño” para equipos:

- Para fuego de chorro: contorno de radiación de $37,5 \text{ kW/m}^2$

Efectos de sobrepresión

Umbral de “no daño” para personas (0.1% de fatalidad):

- Contorno de sobrepresión de 30 milibares

Umbral de “daño” para personas (1% de fatalidad):

- Contorno de sobrepresión de 70 milibares (umbral para lesiones por daños en los edificios, colapso de muro de mampostería, los revestimientos se comportan como proyectiles)

Umbral de “daño” para equipos:

- Contorno de sobrepresión de 200 milibares (inicio de daño a máquinas pesadas, tanques de almacenamiento y acero, marcos de edificios, etc.)

5. ESTANDAR INTERNACIONAL ISO 19880-1:2020 “GASEOUS HYDROGEN — FUELLING STATIONS — PART 1: GENERAL REQUIREMENTS”

Este documento define los requisitos mínimos de diseño, instalación, puesta en servicio, operación, inspección y mantenimiento, para la seguridad y, cuando corresponda, para el desempeño de HRS públicas y no públicas que dispensan hidrógeno gaseoso a vehículos de servicio liviano.

Si bien este documento está destinado a la alimentación de combustible de vehículos de servicio liviano, también se tratan los requisitos y la orientación para el suministro de hidrógeno de vehículos de servicio mediano y pesado (por ejemplo, autobuses, camiones).

Este documento proporciona requisitos y orientación sobre los siguientes elementos de una HRS:

- sistema de producción / suministro de hidrógeno:
 - suministro de hidrógeno por cañería, transportado en camiones como hidrógeno gaseoso y / o líquido;
 - producción de hidrógeno in situ mediante electrólisis del agua o reformado de gas natural;
 - almacenamiento de hidrógeno líquido;
 - sistemas de purificación de hidrógeno si corresponde;
- compresión:
 - compresión de hidrógeno gaseoso;
 - bombas y vaporizadores;
- almacenamiento intermedio de hidrógeno gaseoso;
- dispositivo de pre-enfriamiento;
- sistemas de dispensado de hidrógeno gaseoso.

A continuación, destacamos los capítulos más importantes de este documento en relación a la seguridad de HRSs:

“5.2 Evaluación de riesgos”

La Evaluación de Riesgos es el proceso general de identificación, análisis, evaluación y mitigación de riesgos. El uso de la evaluación de riesgos puede permitir a los propietarios y diseñadores de HRSs definir de manera flexible mitigaciones específicas para la HRS que logren un nivel de riesgo igual o mejor al de las recomendaciones prescriptivas, o relajar las medidas de mitigación prescriptivas

existentes siempre que el riesgo total del sistema permanezca por debajo del tolerable según los criterios de aceptación del riesgo adoptados.

Se recomienda que la evaluación de riesgos de las HRSs sea cuantitativa o semicuantitativa.

“Anexo A (informativo) Metodologías de seguridad operativa y evaluación de riesgos”

“A.3 Metodología para la evaluación de riesgos semicuantitativa y cuantitativa para evaluar la seguridad de las instalaciones de hidrógeno”

En lugar de requisitos prescriptivos, es posible realizar una evaluación cuantitativa de riesgos (QRA) y / o un análisis semicuantitativo (por ejemplo, sólo de consecuencias), y así permitir diseños de HRS que sean de un nivel de seguridad equivalente o superior a la brindada por los requisitos prescriptivos. El uso de QRA puede permitir distancias de seguridad más cortas y / o un diseño de HRS simplificado.

“A.3.2 Resumen de la metodología”

La evaluación de riesgos proporciona un marco para establecer una comprensión del nivel de seguridad del sistema basado en modelos sólidos de ciencia e ingeniería.

El proceso permite decisiones de seguridad transparentes y basadas en evidencias.

El enfoque QRA utiliza una combinación de modelos probabilísticos y determinísticos para evaluar las posibles consecuencias sobre los objetivos identificados (público en general, operadores, instalaciones, etc.). El riesgo se caracteriza por un conjunto de escenarios de exposición a peligros, las causas asociadas con cada escenario, las consecuencias indeseables asociadas con el escenario y la incertidumbre acerca de estos elementos (esta incertidumbre generalmente se expresa como probabilidad).

En el modelado de sólo consecuencia no se utiliza la probabilidad, pero el resto del análisis sigue la misma metodología.

Los análisis de sólo consecuencia difieren de los análisis QRA en dos aspectos importantes.

Primero, los análisis QRA incluyen las características de seguridad de la HRS tales como las válvulas de seguridad para alivio de sobrepresión, válvulas de exceso de flujo, sistemas de detección de gases y radiación térmica que actúan sobre válvulas automáticas de corte, etc.; así como sus correspondientes frecuencias de falla, para el cálculo de las distancias.

Segundo, los análisis QRA consideran el abanico completo de posibles tamaños de liberación: el cálculo incluye las consecuencias de todos los tamaños de liberación posibles. Estas consecuencias se sopesan en función de la frecuencia de cada tamaño de liberación.

Por su parte, los análisis de sólo consecuencia no toman en cuenta ni valoran las características de seguridad de la HRS (válvulas de seguridad para alivio de sobrepresión, válvulas de exceso de flujo, sistemas de detección de gases y radiación térmica que actúan sobre válvulas automáticas de corte, etc.); sino que sólo se elige el tamaño de la liberación según los requisitos de la legislación, la cual puede especificarse como un diámetro dado (por ejemplo: 0,2 mm, 1 mm) o un porcentaje del diámetro de la tubería (1% o 10% del diámetro interno).

“A.3.3.8 Cálculo de riesgos”

El riesgo se expresa de la siguiente manera: $R = \sum_n (f_n * c_n)$, donde

R es el riesgo sumado en los n escenarios seleccionados;

f_n es la frecuencia del escenario n ;

c_n es la consecuencia del escenario n .

“A.6 Ejemplos de distancias de seguridad derivadas de la evaluación de riesgos”

A efectos de ejemplificar el cálculo de distancias de seguridad, la norma establece tres casos estándar, y utiliza el software HyRAM, para calcular las distancias de seguridad, tanto mediante QRA como mediante análisis de solo consecuencias.

Caso estándar 1

Zona de riesgo externa

Módulo 0 y 1 (*trailer* de suministro de H₂ y gabinete de conexión)

Una persona (un miembro del público) de pie en la línea del perímetro de la HRS.

Caso estándar 2

Zona de riesgo externa

Estación (módulos 2, 3, 4, 5, 6 considerados juntos)

Una persona (miembro del público) de pie en la línea del perímetro de la HRS.

Caso estándar 3

Distancia de separación

Estación (módulos 2, 3, 4, 5, 6 considerados juntos)

Una persona (usuario de la estación) de pie en el dispensador.

Las tablas A.7, A.8 y A.9 de la norma (**Fig. 5**, **Fig. 6** y **Fig. 7**), muestran los principales parámetros de entrada y las distancias resultantes para estos casos utilizando tanto metodología QRA como metodologías de sólo consecuencia.

Como se puede apreciar, las distancias calculadas mediante QRA para los tres casos van de un máximo de 11,5m a un mínimo de 0,5m.

Por otro lado, las distancias calculadas mediante metodología solo consecuencia, al no tener en cuenta las medidas de mitigación que existen en el diseño de las estaciones, son mayores, resultando entre un máximo de 40m y un mínimo de 3m.

Table A.7 — Case 1 HyRAM analysis results

	Case 1A	Case 1B	Case 1C	Case 1D	Case 1E	Case 1F
Calculation approach	QRA	QRA	Consequence-only	Consequence-only	Consequence-only	Region F does not consider the case 1 scenario.
Acceptance criterion	AIR < 2,0e ⁻⁵	AIR < 1,0e ⁻⁵	1,26 kW/m ²	<1,26 kW/m ²	<3,0 kW/m ²	
Pipe maximum flow diameter (either the ID or effective ID based on flow restriction)	10 mm (ID from module 0)	3 mm (flow rate equivalent of a 3 mm pipe)	N/A. System design is not considered in consequence-only approaches.			
Release diameter considered	[All releases from 0,1 mm - 10 mm]	[All of releases from 0,03 mm - 3 mm]	Maximum (10 mm hole)	1 mm	10 % of flow area (3 mm)	
Internal temperature	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	
Internal pressure	250 bar (25 MPa)	250 bar (25 MPa)	250 bar (25 MPa)	312,5 bar (31,25 MPa)	250 bar (25 MPa)	
External temperature	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	
External pressure	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)	

Licenciado por el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas a ANCAP (BIBLIOTECA)

Otorgado en la fecha de 2021-07-21.

© ISO 2020 - All rights reserved. Licencia individual, prohibida su copia y distribución.

103

ISO 19880-1:2020(E)

Table A.7 (continued)

	Case 1A	Case 1B	Case 1C	Case 1D	Case 1E	Case 1F
System configuration (sources of releases)	0 compressors, 0 cylinders, 23 valves, 3 instruments, 2 filters, 0 flanges, 48 (non-welded) joints, 1 hose, 10 m pipes	0 compressors, 0 cylinders, 23 valves, 3 instruments, 2 filters, 0 flanges, 48 (non-welded) joints, 1 hose, 10 m pipes	N/A. System design is not considered in consequence-only approaches.			
Credit for additional mitigations (e.g., gas or flame detection) or other documented considerations (e.g., direction of release)	0,0	0,0	N/A. System design is not considered in consequence-only approaches			
Number of exposed persons	1	1	N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.			
Person's exposed hours in 1 year	8 760	8 760	N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.			
Illustrative examples of calculated safety distance	11,5 m	1 m	40 m	4,0 m	8,5 m	Not applicable

Fig. 5 - Parámetros y Resultados Caso 1

Table A.8 — Case 2 HyRAM analysis results

	Case 2A	Case 2B	Case 2C	Case 2D	Case 2E
Calculation approach	QRA	QRA	Consequence-only	Consequence-only	Consequence-only
Acceptance criterion	$AIR < 1.0e^{-5}$	$AIR < 1.0e^{-5}$	$< 3.0 \text{ W/m}^2$	$< 1.26 \text{ kW/m}^2$	$< 1.26 \text{ kW/m}^2$
Pipe maximum flow diameter (either the ID or effective ID based on flow restriction)	0.312 5 in (ID from modules 3-5)	0.312 5 in (ID from modules 3-5)	N/A. System design is not considered in consequence-only approaches.		
Release diameter considered	[All releases from 0.003 125 in – 0.312 5 in]	[All releases from 0.003 125 in – 0.312 5 in]	1 mm	1 mm	1 mm
Internal temperature	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C
Internal pressure	700 bar (70 MPa)	700 bar (70 MPa)	700 bar (70 MPa)	700 bar (70 MPa)	700 bar (70 MPa)
External temperature	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C	15 °C
External pressure	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)
System configuration (sources of releases)	2 compressors, 40 cylinders, 20 valves, 8 instruments, 0 filters, 0 flanges, 24 (non-welded) joints, 0 hoses, 20 m pipes	2 compressors, 48 cylinders, 32 valves, 12 instruments, 0 filters, 0 flanges, 44 (non-welded) joints, 0 hoses, 30 m pipes.	N/A. System design is not considered in consequence-only approaches.		
Credit for additional mitigations (e.g., gas or flame detection) or other documented considerations (e.g., direction of release)	0.9 (reduction by 90 % of frequency)	0.9 (reduction by 90 % of frequency)	N/A. System design is not considered in consequence-only approaches		Region E allows safety distances to be reduced by 50 % if barrier walls added
Number of exposed persons	1	1	N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.		N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.
Person's exposed hours in 1 year	8 760	8 760	N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.		N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.
Illustrative examples of calculated safety distance	1 m	2.5 m	4.5 m	5.5 m	2.75 m

Fig. 6 - Parámetros y Resultados Caso 2

Table A.9 — Case 3 HyRAM analysis results

	Case 3A	Case 3B	Case 3C	Case 3D
Calculation approach	QRA	Region B does not consider the case 3 scenario.	Conseq. only	Conseq. only
Acceptance criterion	$AIR < 1 \times 10^{-4}$		$< 5,0 \text{ W/m}^2$	$< 3,0 \text{ kW/m}^2$
Pipe maximum flow diameter (either the ID or effective ID based on flow restriction)	0,312 5 in (ID from modules 3-5)		N/A. System design is not considered in consequence-only approaches.	
Release diameter considered	[All releases from 0,003 125 in - 0,312 5 in]		10 % of ID (0,031 25 in)	1 mm
Internal temperature	15 °C		15 °C	15 °C
Internal pressure	700 bar (70 MPa)		700 bar (70 MPa)	700 bar (70 MPa)
External temperature	15 °C		15 °C	15 °C
External pressure	1 atm (101,325 kPa)		1 atm (101,325 kPa)	1 atm (101,325 kPa)
System configuration (sources of releases)	3 compressors, 40 cylinders, 20 valves, 8 instruments, 0 filters, 0 flanges, 24 (non-welded) joints, 0 hoses, 20 m pipes		N/A. System design is not considered in consequence-only approaches.	
Credit for additional mitigations (e.g., gas or flame detection) or other documented considerations (e.g., direction of release)	0,0		N/A. System design is not considered in consequence-only approaches.	
Number of exposed persons	1		N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.	
Person's exposed hours in 1 year	8 760		N/A. Exposed population is not considered in consequence-only approaches.	
Illustrative examples of calculated safety distance	0,5 m	0 m	3 m	4 m

Fig. 7 - Parámetros y Resultados caso 3

6. DISTANCIAS PRESCRIPTIVAS DE SEGURIDAD PARA HRS EN LA NORMATIVA INTERNACIONAL

En la norma NFPA2 [4] se presentan distancias prescriptivas mínimas, basadas en QRAs que se actualizan con cada edición. A modo de ejemplo, en la figura **Fig. 8** se presentan algunas de las distancias indicadas, destacando 14 metros a agrupaciones de personas y a calles públicas, y 7,3 metros a autos estacionados.

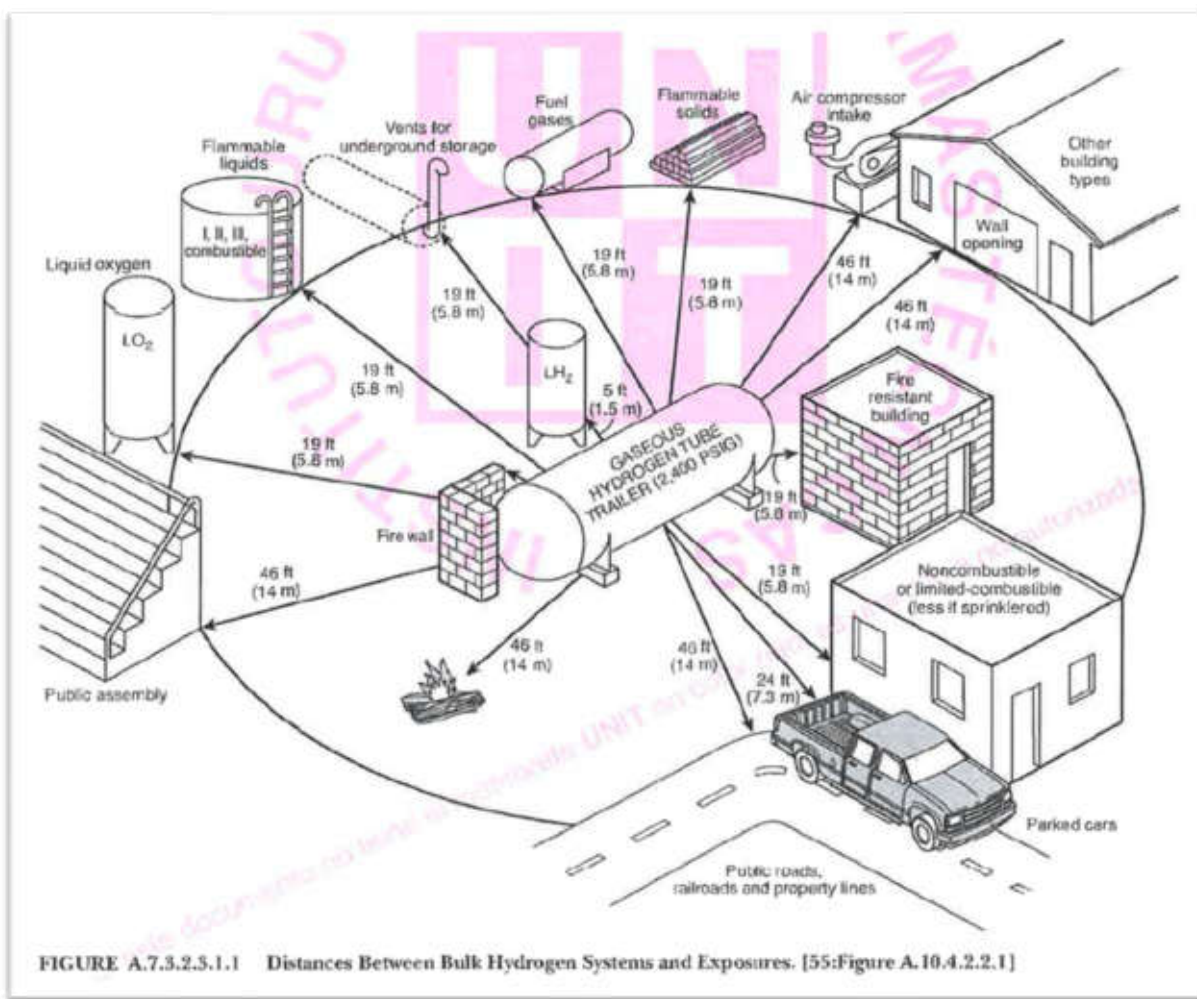


Fig. 8 - Distancias entre sistemas de almacenamiento de H₂ y exposiciones. Caso de 165bar, tomado de [4]

A modo de ilustración de estas distancias en el lugar donde se propone instalar el proyecto, se trazaron dos circunferencias (indicadas en la **Fig. 9**) de radio 10 y 50m con centro en el punto aproximado de la platea de hormigón donde se propone instalar la HRS. Tanto las distancias resultantes de los estudios QRA con HyRAM de la norma ISO 19880 como todos los casos indicados en la NFPA2, quedan enteramente dentro de la circunferencia de radio 50m.



Fig. 9 - Circunferencias con centro en la HRS propuesta, con radios de 10m (rojo) y 50m (anaranjado).

7. EJEMPLOS DE BIBLIOGRAFÍA CON DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA HRSS

A continuación, se presentan ejemplos tomados de referencias bibliográficas con determinaciones de distancias de seguridad para HRSs de dimensiones similares a las presentadas en el proyecto propuesto. Respecto a las dimensiones de dicho proyecto, las mismas serán definidas cuando se cuente con la oferta ganadora del proceso competitivo. A modo indicativo, con la información que se cuenta a la fecha, se estima que los valores máximos no superarían una capacidad de carga de 720 kg/d y una capacidad de almacenamiento principal de 2000 kg a una presión de hasta 350 bar. En este almacenamiento principal se encontraría la mayor cantidad de hidrógeno almacenado en la planta, al respecto cabe aclarar que según el esquema de dispensado podría darse la necesidad de contar con cierta cantidad de hidrógeno almacenado a una presión mayor, por ejemplo, 40kg a 450bar [5] para el caso de carga en cascada a vehículos de 350bar.

7.1 Distancias de seguridad para HRS

El trabajo de Matthijsen y Kooi [6] presenta un análisis para una HRS tipo para carga de autos a 700 bar y 350 bar, concluyendo que las distancias de seguridad desde la estación respecto a locaciones donde las personas viven o trabajan parecen ser similares tanto para hidrógeno como para gasolina. Menciona también que una HRS puede ser ubicada en una estación de gasolina sin incrementar las distancias de seguridad. En este estudio, se analizaron tres tamaños de HRS, teniendo la mayor una capacidad para 500 kg/d, un almacenamiento de 500 kg y dos surtidores. En este caso el H₂ almacenado está a un máximo de 300bar en varios cilindros de 50 litros cada uno.

De acuerdo a [6] y [7] en el caso de ruptura catastrófica de un cilindro, solo el contenido de dicho cilindro será liberado instantáneamente y no se espera que varios cilindros se rompan simultáneamente. Asimismo, se indica que la rotura de un cilindro puede causar un “efecto dominó”, pero como no es probable que las sobrepresiones pico coincidan, los efectos de un evento dominó no van a ser considerablemente mayores que los efectos de un evento individual.

Ejemplo de esto fue lo ocurrido en el incidente que tuvo lugar el 10 de junio de 2019 en la HRS de Kjørbo – Noruega [8]. En este caso, una fuga de H₂ originada en uno de los cilindros del almacenamiento a alta presión, terminó ocasionando fuego y explosión, sin reportarse daños en otros componentes mayores de la HRS [9]. De acuerdo a H2Tools, no hubo daños directos del fuego y explosión sobre personas (debido a la presión de la explosión el *airbag* de un vehículo cercano se activó ocasionando daños menores a los ocupantes). En el caso de este incidente, la presión de almacenamiento de H₂ era de 950bar [10]. De acuerdo a esta última referencia, esta HRS se ubica a 10 m de la calle más cercana, a 50 m de la carretera (elevada) y a 65 m de edificios de oficinas.

Los resultados del análisis de [6] indican que el electrolizador y el compresor no tienen influencia significativa en los contornos de riesgo individual, mientras que para el caso de la estación de mayor tamaño, el radio del contorno de riesgo individual 10^{-6} es de 13,5 m desde el almacenamiento; 4,5

metros desde la cañería que comunica el almacenamiento con el surtidor; y 11 metros desde el surtidor. Los efectos modelados refieren a escenarios de rotura catastrófica de un cilindro del almacenamiento y rotura de la manguera de carga del surtidor con falla simultánea de las dos válvulas de seguridad.

En los resultados de [6] también se indican las distancias de efecto de daño (letalidad de 1%) para distintos eventos (rotura o fuga) de los distintos componentes del sistema de la HRS, siendo las mayores las correspondientes a rotura de la cañería entre el compresor y el almacenamiento y correspondiente esta a 29 m para el caso de 350bar y 70 m para el caso de 700bar.

En comparación con otros combustibles, [6] menciona que las distancias de seguridad en Países Bajos son similares para gasolina (20 - 25 m) y para hidrogeno (10 – 15 m) y que la capacidad de la HRS no parece tener gran influencia en la distancia de seguridad. Por ese motivo una estación de gasolina puede ser equipada con una HRS sin necesidad de incrementar las distancias de seguridad (ver sección 9 con ejemplos actuales).

7.2 Análisis de solo consecuencias para cálculo de las distancias de efecto de daño por sobrepresión por detonación y radiación por fuego de chorro

El estudio de [11] indica que las consecuencias de las rupturas catastróficas en una HRS son la difusión del hidrógeno, las sobrepresiones por detonación y la radiación de fuego de chorro. Las mismas se calculan utilizando modelos analíticos calibrados mediante experimentos. En este artículo se utiliza el modelo PHAST de DNVGL.

Se trata de una HRS que dispensa hidrógeno a 350 bar, y cuenta con almacenamiento en cilindros a 200 bar (20 MPa) y 438 bar (43,8 MPa).

Los académicos surcoreanos que han evaluado las partes de alto riesgo en una HRS han encontrado que los componentes de más alta tasa de fallas son las cañerías y las válvulas.

Para este artículo, se analiza el peor caso de una fuga en una cañería que consiste en la ruptura catastrófica de la misma. El punto de fuga se simplifica como un círculo del diámetro correspondiente a las cañerías más utilizadas en las HRS, que son 10 mm y 18 mm.

Este artículo estudiará la distancia de efecto de daño de fugas de diámetro 10 mm y 18 mm a diferentes presiones.

El software utilizado es “*Process Hazard Analysis Software Tool*” (PHAST), una herramienta de análisis de consecuencias de peligros de proyectos petroquímicos de DNVGL, que puede realizar análisis de riesgos cuantitativos, incluida la tasa de fuga de materiales y el cálculo de las consecuencias de fuegos y detonaciones.

Este artículo utiliza un medio ambiente típico con una velocidad del viento de 3 m/s, una estabilidad atmosférica media y una rugosidad del suelo de vegetación baja.

Este artículo adopta los límites de radiación térmica y la sobrepresión recomendados por la Asociación Europea de Gas Industrial [3] ampliamente utilizados en la industria como estándar para efectos dañino en humanos: radiación de $9,5\text{kW/m}^2$ y sobrepresión de 0,007 MPa.

La radiación térmica y la sobrepresión mencionadas anteriormente pueden causar un 1% de probabilidad de muerte, y la distancia a la que se verifican, se denomina distancia de efecto de daño.

Simulación de la difusión y análisis de la detonación

Cuando se produce una fuga de hidrógeno, la probabilidad de que se encienda inmediatamente es relativamente baja. A medida que la fuga continúa, el hidrógeno se difunde en la atmósfera hasta que un sensor de hidrógeno lo detecta, envía una alarma y manda una señal para cerrar la válvula de cierre de emergencia y bloquear la fuga.

Típicamente un sensor de hidrógeno tarda alrededor de 9 segundos desde el inicio de la fuga hasta la detección, y la válvula de emergencia tarda 3 segundos en cerrarse por completo, por lo que transcurren 12 segundos desde el inicio de la fuga hasta el bloqueo de la fuga.

Este artículo estudia el modelo de difusión de la nube de gas combustible 12 segundos después de que ocurre la fuga y analiza la detonación.

El hidrógeno tiene baja densidad, gran coeficiente de difusión, amplio rango de inflamabilidad y alta velocidad de llama. A presión atmosférica estándar, el rango de inflamabilidad está entre las concentraciones de 4 % (límite de inflamabilidad inferior LFL) y 75,6 % (límite de inflamabilidad superior UFL) de hidrógeno en aire.

Se utilizó PHAST para simular las condiciones de difusión de hidrógeno. La **Fig. 10** (a) y (b) muestra la distancia de difusión de la nube de gas con una fuga de diámetro de 10 mm y 18 mm respectivamente.

La concentración de hidrógeno en aire entre el punto de fuga y el contorno A es superior al 75,6% (UFL), la mezcla es demasiado rica en hidrógeno y no se encenderá, pero puede causar asfixia por desplazamiento de oxígeno.

La concentración de hidrógeno entre el contorno A y el contorno B está entre 4 % y 75,6%, por lo que, si hay una fuente de ignición, se producirá una deflagración o una detonación.

La concentración de hidrógeno por fuera del contorno B es menor al 4% (LFL), la mezcla es demasiado pobre en hidrógeno y no se encenderá.

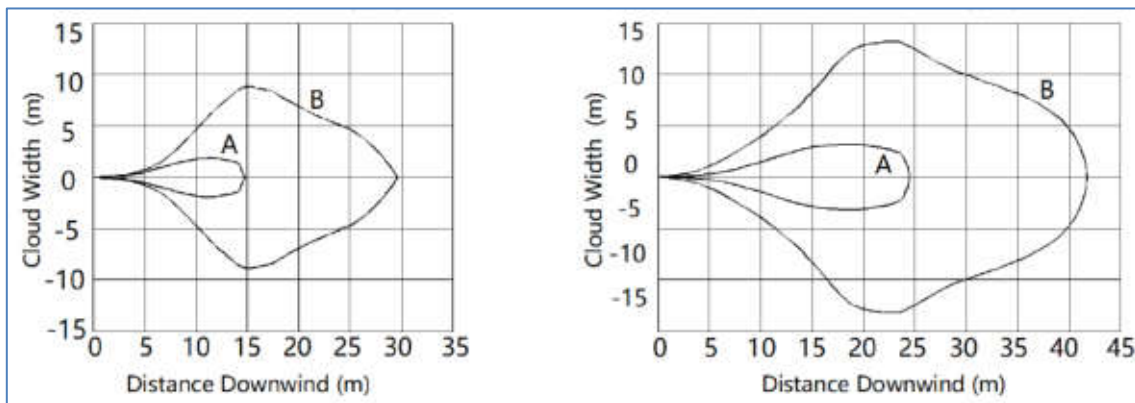


Fig. 10 – Distancia de difusión de la nube de gas combustible a 35MPa de presión.

Análisis de la detonación

Si la fuga de hidrógeno no se enciende de inmediato, sino luego de un tiempo cuando ya se ha formado la nube (ignición retardada), se puede producir una deflagración o una detonación. Este artículo analiza la detonación.

La **Fig. 11** muestra los contornos de sobrepresión correspondientes a 0,007 MPa (distancia de efecto de daño).

Los contornos de efecto de daño son similares a una elipse y crecen en la dirección del viento.

Dado que el flujo másico del hidrógeno aumenta con el diámetro de la fuga y con la presión, la distancia de efecto de daño por sobrepresión es significativamente mayor para 18 mm que para 10 mm; y para 438 bar que para 200 bar.

Para el peor caso de mayor diámetro (18 mm) y mayor presión (438 bar), la distancia de efecto de daño llega a 56,1 m del punto de fuga.

Análisis de la radiación del fuego de chorro

Si la fuga se enciende de inmediato (ignición inmediata) se producirá un fuego de chorro.

La **Fig. 12** muestra los contornos de radiación correspondientes a 9,5 kW/m² (distancia de efecto de daño).

Los contornos de efecto de daño son similares a una elipse y crecen en la dirección del viento.

Dado que el flujo másico del hidrógeno aumenta con el diámetro de la fuga y con la presión, la distancia de efecto de daño por radiación es significativamente mayor para 18 mm que para 10 mm; y para 438 bar que para 200 bar.

Para el peor caso de mayor diámetro (18 mm) y mayor presión (438 bar), la distancia de efecto de daño llega a 41,2 m del punto de fuga.

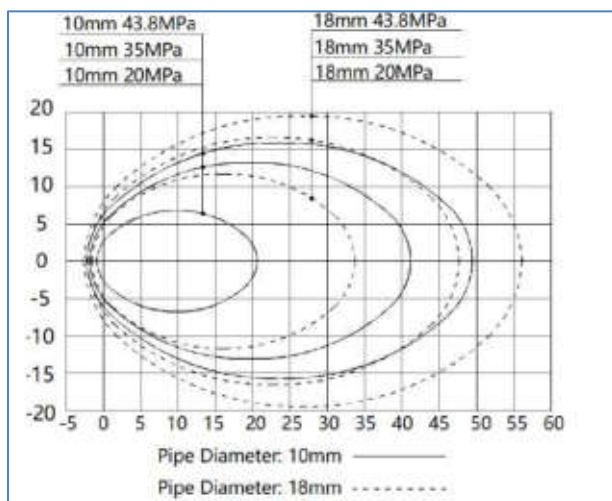


Fig. 11 – Distancia de impacto de la explosión de la nube de H2

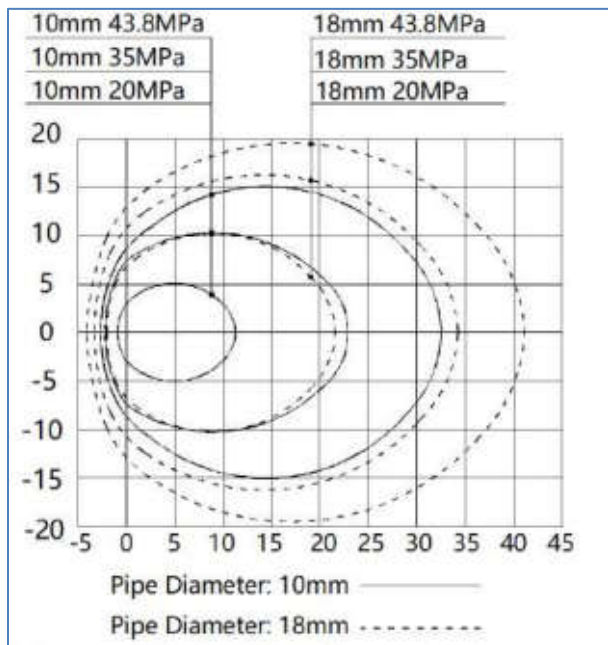


Fig. 12 – Distancia de radiación para fuego de chorro

Comparación de los resultados de la simulación con el código chino para HRS

Según el "Código técnico para la estación de recarga de hidrógeno" (GB 50516-2010) emitido por el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Rural de China, las distancias de seguridad entre los diferentes componentes de una HRS y los edificios públicos se muestra en la Tabla 1, y son de 50 m en todos los casos.

Si bien estas distancias mandatorias son más fáciles de supervisar, son poco flexibles, pudiendo ser mayores o menores a las que surgen de estudios cuantitativos de riesgo.

Por este motivo, la normas tales como la NFPA 2 y la ISO 19880 proponen que las distancias de seguridad se basen en métodos de análisis cuantitativo de riesgos. En muchos casos las distancias de separación informadas por riesgo son menores, lo cual permite que las HRS puedan ubicarse en estaciones de servicio convencionales como es el caso de la casi totalidad de las existentes.

La Tabla 2 muestra las distancias de seguridad para la radiación de fuego de chorro y la sobrepresión por detonación simuladas por PHAST para diferentes velocidades del viento (1,5 m/s, 3 m/s y 5 m/s).

Para 3 m/s son las ya mencionadas: 56,1 y 41,2 m. Pero para 5 m/s son 51,9 y 71,2 m, lo que excede la distancia mandatoria de 50 m de la Tabla 1.

Table 1. The safe distance between the hydrogen refueling station process facility and the building outside the station as stipulated in the code

	Hydrogen storage	Hydrogen compressor and filling machine	Vent pipe mouth
Major public buildings	50	50	50
Open flame and spark location	30~40	20	30

Table 2. The safe distance of hydrogen refueling station based on PHAST software at different wind speeds

	1.5/D	3/D	5/D
Radiation distance for jet fire	34.6	41.2	51.9
Impact distance of hydrogen cloud explosion	46.8	56.1	72.1

7.3 Análisis de solo consecuencias para accidentes severos con cálculo de distancias de efecto de

daño y sensibilidades

El estudio de Zhiyong [12] examinan las distancias de efecto de daño para los accidentes severos en una estación de carga de hidrógeno gaseoso. Analiza el caso de una HRS con almacenamiento principal de nueve cilindros de aprox. 0.77 m³ cada uno a una presión máxima de 414bar, para carga de una flota de vehículos a 350 bar, considerando también un *trailer* con ocho tubos de 2.3 m³ cada uno a una presión máxima de 200 bar. Asimismo, se estudian las influencias de diferentes factores en las distancias de efecto de daño, tales como como el inventario de liberación, la presión de liberación, la altura de liberación, el ángulo de liberación, el diámetro de fuga y la velocidad del viento.

Para el modelado de consecuencias, este artículo utiliza los escenarios y los datos de entrada de la **Fig. 13**, que han sido elegidos en base a estudios de HAZOP de las instalaciones de la estación de carga de hidrógeno de Anting (China).

Item	Scenarios	Released Pressure (bar)	Release hole size (mm)	Max quality released (kg)
Tube trailer	1 Catastrophic failure of tube	200	N/A	33.8
	2 Leak from tube trailer storage	200	10	270
	3 Full bore rupture of flexible hose from tube	200	13	270
Pipe work to Compressor (17 m)	4 Full bore rupture of pipe work	200	21	270
Compressor	5 Catastrophic failure of compressor	414	N/A	2
	6 Leak from compressor	414	15	272
Buffer storage	7 Catastrophic failure of storage tube	414	N/A	20.5
	8 Leak from buffer storage	414	10	184.7
Pipe work to Dispenser (16 m)	9 Full bore rupture of pipe work	414	21	184.7
Dispenser	10 Catastrophic failure of dispenser	350	N/A	1

Fig. 13 – Escenarios y datos de entrada para el modelado de las consecuencias. Tomado de [12].

10 escenarios severos modelados

Escenario	Presión liberación (bar)	Diámetro liberación (mm)	Máx cantidad liberada (kg)
Trailer con cilindros			
1 - Falla catastrófica de un cilindro	200	N/A	33,8
2 - Fuga del trailer	200	10	270
3 - Ruptura total manguera flexible	200	13	270
Cañería hasta el compresor (17 m)			
4 - Ruptura total cañería	200	21	270
Compresor			
5 - Falla catastrófica del compresor	414	N/A	2

6 - Fuga del compresor	414	15	272
Almacenamiento			
7 - Falla catastrófica de un cilindro	414	N/A	20,5
8 - Fuga del almacenamiento	414	10	184,7
Cañería hasta el dispensador (16 m)			
9 - Ruptura total cañería	414	21	184,7
Dispensador			
10 - Falla catastrófica del dispensador	350	N/A	1

Las **Fig. 14** y **Fig. 15** muestran las distancias de efecto de daño a las personas y a los equipos respectivamente para cada uno de estos 10 escenarios.

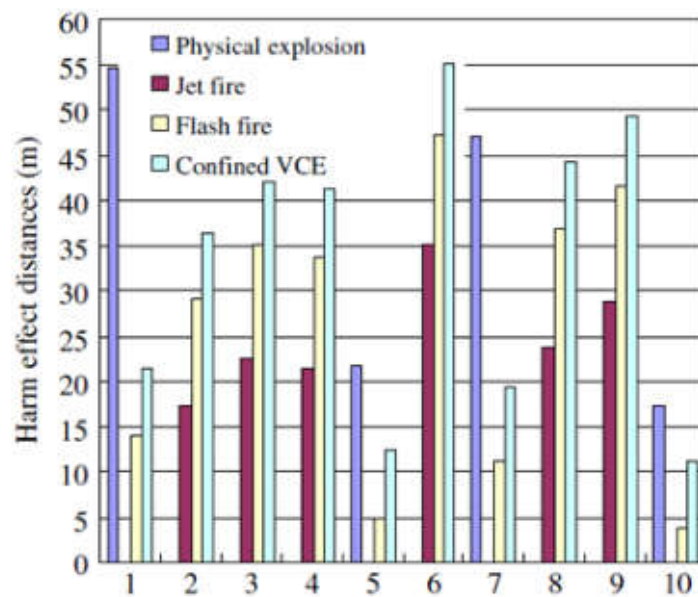


Fig. 14 – Distancias de efecto de daño a las personas para los 10 escenarios. Tomado de [12]

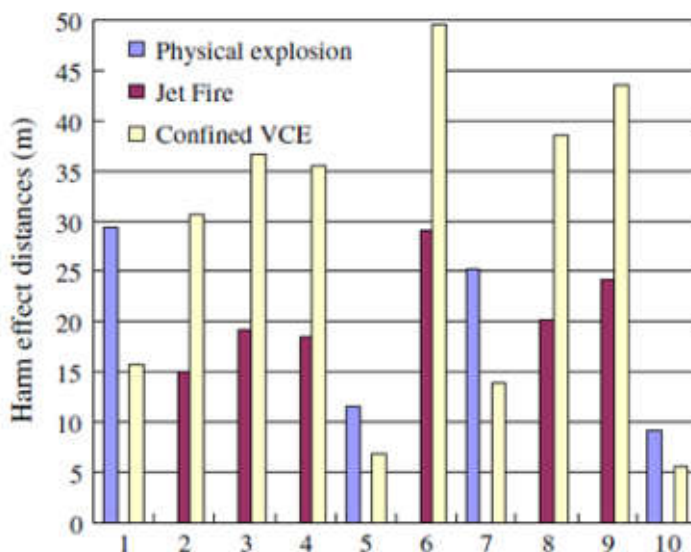


Fig. 15 – Distancias de efecto de daño a equipos para los 10 escenarios. Tomado de [12].

Tal como puede observarse, para los parámetros de HRS utilizados en [12], respecto a la distancia de efecto que considera daño a personas o equipos, en ningún caso se superan los **60m**.

Las principales conclusiones de [12] pueden resumirse como sigue:

- (1) La explosión física y el peor caso de explosión de nube de vapor confinada producen las mayores distancias de efecto de daño para la liberación instantánea y continua, respectivamente. Esto indica que pueden ser utilizados como consecuencias decisivas para la determinación de distancias de seguridad.
- (2) Para la liberación instantánea, las distancias de efecto de daño de todas las consecuencias aumentan con el inventario de liberación, mientras que la presión de liberación es casi irrelevante.
Mientras que, para la liberación continua, sucede lo contrario, es decir las distancias de efecto de daño de todas las consecuencias aumentan con la presión de liberación, mientras que el inventario de liberación es casi irrelevante.
- (3) La elevación de los equipos es una medida eficaz para reducir las distancias de efecto de daño tanto para la liberación instantánea como continua, siempre que la elevación no aumente demasiado la congestión del área.
- (4) La disminución del inventario de liberación y del diámetro de liberación puede reducir las distancias del efecto del daño, lo que indica que el uso de cilindros más pequeños y cañerías

más pequeñas podría tomarse como una medida de mitigación eficaz para reducir las distancias de efecto de daño en accidentes graves, como la ruptura catastrófica de los cilindros y la ruptura completa de las cañerías.

- (5) A excepción de las distancias de efecto del fuego de chorro a las personas, todas las demás distancias de efecto de daño aumentan con el aumento de la velocidad del viento, tanto para la ruptura catastrófica de los cilindros como la ruptura completa de las cañerías.

Peor caso de distancia de efecto de daño

De este estudio de sólo consecuencia para accidentes severos, se desprende que el peor caso de distancia de efecto de daño es la explosión física causada por la ruptura catastrófica de un tanque de hidrógeno.

El modelado de sensibilidad de la distancia de efecto de daño al inventario se muestra en la **Fig. 16**, que muestra una variación entre 47 metros para un inventario de 20 kg y 58 metros para un inventario de 40 kg.

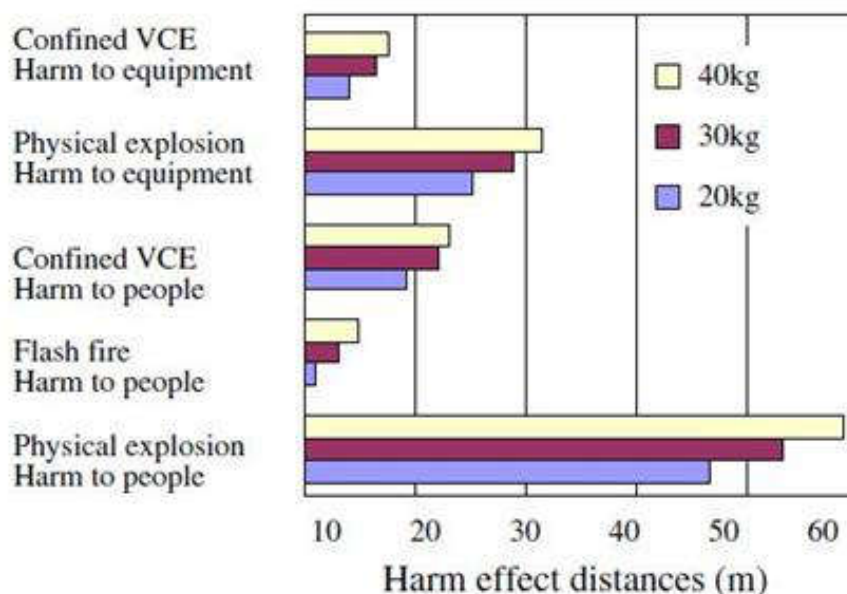


Fig. 16 – Distancia de efecto de daño para 414 bar para el caso de liberación instantánea con diferentes inventarios. Tomado de [12]

Los casos de ruptura catastrófica de un tanque analizados son el 1 y el 7, con liberaciones de inventarios que caen dentro del rango modelado en el estudio de sensibilidad al inventario, que es 20, 30 y 40 kg.

1 – Ruptura catastrófica de un tanque a 200 bar, con liberación de 33,8 kg H₂

7- Ruptura catastrófica de un tanque a 414 bar, con liberación de 20,5 kg H₂

A efectos de limitar el peor caso de distancia de efecto de daño, **se especificará que el inventario de hidrógeno en un tanque individual sea como máximo 40 kg**, con lo cual el peor caso de distancia de efecto de daño no supera los 60 metros.

7.4 - QRA y análisis de solo consecuencias para determinación de distancias de seguridad de HRS

La referencia [13] realiza análisis de riesgo para una estación (con suministro de H₂ por cañería o por producción propia) con una capacidad de 1000 kg/d, resultando en valores menores a **35 metros** (efecto de 1% de letalidad). Cabe aclarar que esta estación se basa en un almacenamiento de 20 kg a 950 bar y 40 kg a 440 bar.

7.5 - QRA utilizando un modelo de HRS en Japón

Suzuki et al 2021 [14] realiza un QRA sobre una HRS japonesa tipo para carga de vehículos livianos (750bar) resultando que la mayor distancia hasta el contorno de riesgo individual de 10^{-6} por año es de **10 metros**. Cabe destacar que los autores aclaran que estos valores resultan de un estudio conservador y que no se consideraron los efectos de estructuras 3D ni medidas de mitigación como pueden ser muros cortafuegos (para reducir la radiación del flujo de calor afuera de la HRS).

También hemos seleccionado este artículo porque ejemplifica una aplicación reciente (2021) de la metodología QRA a una HRS y la ilustra con los pasos del proceso y sus correspondientes datos de entrada y resultados.

Primer paso (tomado de [14])

Definir el modelo de la HRS con los datos necesarios para el análisis.

Los principales componentes de interés son los que contienen hidrógeno a alta presión, así como los instrumentos que componen los sistemas de control y seguridad y los detectores de hidrógeno y calor. El electrolizador normalmente no se incluye en el modelo por cuanto contiene un inventario mínimo de hidrógeno a baja presión.

- Compresores
- Tanques de almacenamiento intermedios
- Tanques de almacenamiento finales
- Dispensador de hidrógeno (surtidor)

- Cañerías de interconexión
- Instrumentos

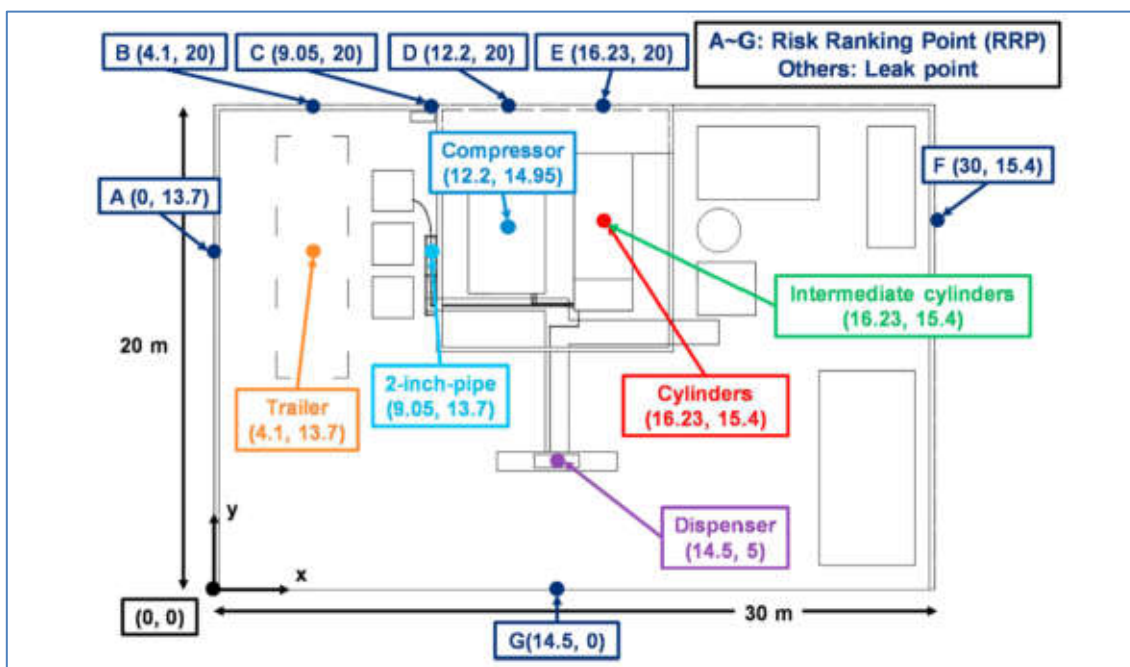


Fig. 16 – Layout de la HRS mostrando los puntos considerados de fuga para cada nodo y los puntos para ranqueo de riesgo (risk ranking points). Tomado de [14].

Segundo paso (tomado de [14])

Identificar los peligros y seleccionar los escenarios accidentales.

Cada escenario de accidente que ocurre en una HRS, como una fuga de hidrógeno, es el resultado de varios peligros, por ejemplo, corrosión de una tubería, falla de una válvula o ruptura de una manguera de llenado. Para realizar la identificación de peligros y la selección de escenarios accidentales, se divide el diagrama de cañerías e instrumentos (P&ID) en varios nodos.

Todos los componentes del P&ID deben ser incluidos en los nodos. Cada nodo se divide en varios nodos pequeños en las válvulas de retención, las válvulas de exceso de flujo (EFV) y las válvulas de cierre automático, de modo que los parámetros que dominan la fuga de hidrógeno, a saber: inventario, temperatura y presión, son los mismos para cada nodo.

Para la identificación de peligros se emplean metodologías bien establecidas tales como: estudios de peligros y operabilidad (HAZard and OPERability - HAZOP) y análisis de modos y efectos de fallas (Failure Mode and Effect Analysis – FMEA).

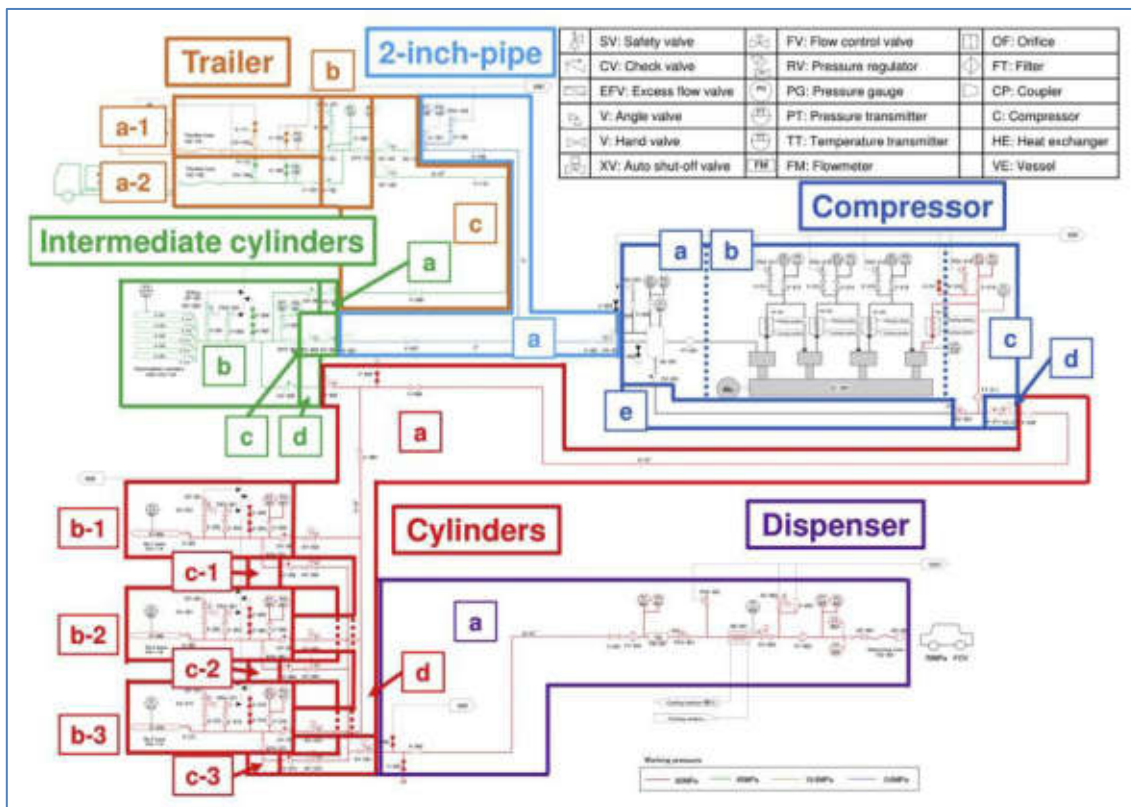


Fig. 17 – P&ID y nodos para el proceso en la HRS

Tercer paso (tomado de [14])

Analizar los riesgos, incluida la evaluación de la frecuencia, la evaluación de las consecuencias y el impacto, y la expresión del riesgo.

Frecuencias y duraciones

Las frecuencias y duraciones de los escenarios se estiman utilizando el análisis de árbol de eventos (*Event Tree Analysis* ETA) dando las frecuencias de los eventos iniciales y las probabilidades de las ramas individuales.

Para estos análisis se utilizan estimaciones de la industria sobre frecuencias de falla de los componentes de una HRS: tanques, tuberías, bridas, válvulas, instrumentos, detectores, etc.

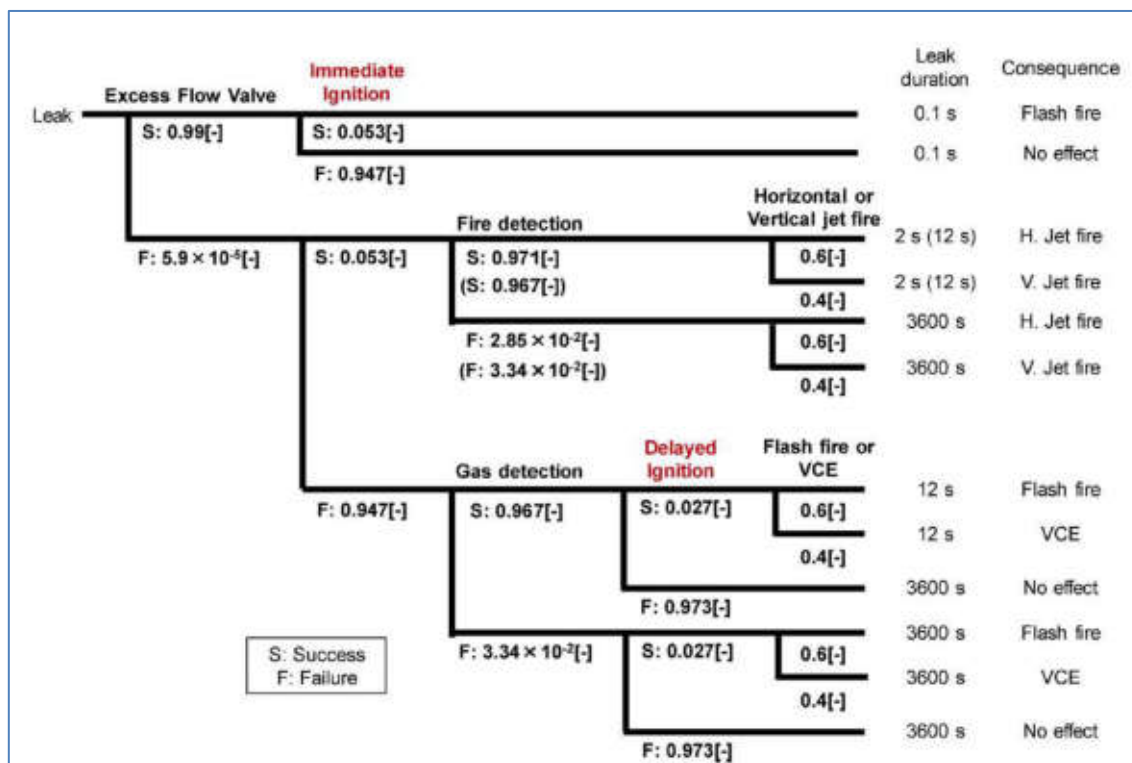


Fig. 18 – Árbol de eventos iniciando desde la fuga de H₂. Tomado de [14]

Cuarto paso (tomado de [14])

Estimar los riesgos combinando las frecuencias y los impactos. En particular, es importante estimar el riesgo individual promedio (average individual risk AIR), que es la frecuencia de muerte de un individuo debido a eventos de pérdida de contención y generalmente se indica como un contorno de riesgo alrededor de las instalaciones.

Quinto paso (tomado de [14])

El paso final es comparar el riesgo obtenido con los criterios de aceptación de la empresa o de referencias internacionales como la ISO 19880- Gaseous hydrogen — Fuelling stations.

Según la norma ISO 19880-1, el riesgo individual promedio para poblaciones externas vulnerables no debe exceder 10⁻⁶ por año, y para usuarios y trabajadores de las instalaciones no debe exceder y 10⁻⁴ por año.

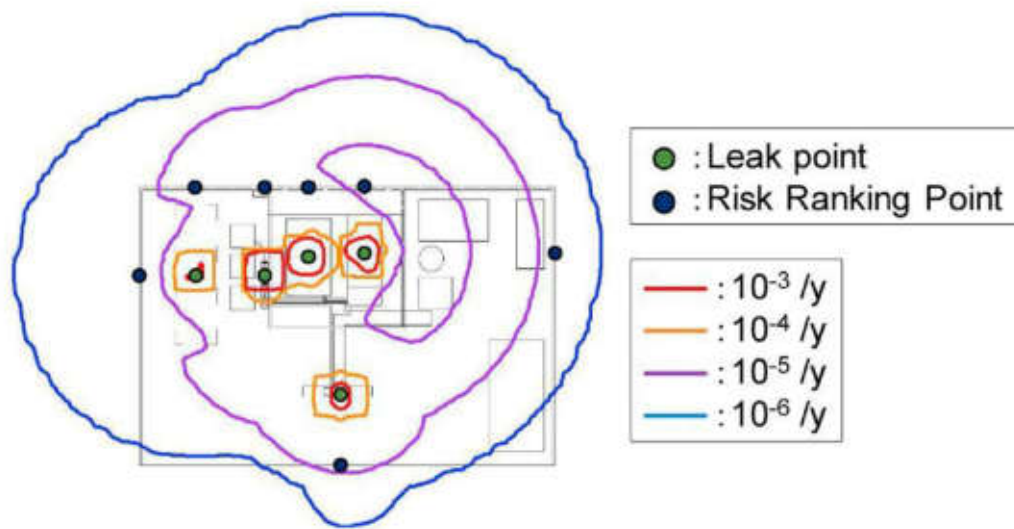


Fig. 19 – Contornos de Riesgo Individual en el layout de la HRS

Herramientas especializadas

Para la evaluación de riesgos, se utilizan herramientas de software especializadas tales como:

- Hydrogen Risk Assessment Model (HyRAM) de Sandia National Laboratories
- Process Hazard Analysis Software Tool (PHASt) de DNVGL
- Safeti (QRA) de DNVGL
- FLame ACceleration Simulator (FLACS) de GexCon

Metodología QRA y el diagrama de bloques del software HyRAM (tomado de [1])

La figura de abajo muestra la metodología de HyRAM, que es la misma sugerida por la norma ISO 19880-1: 2020 Figura A.1 “*Example of a risk-informed approach to safety distances*”.

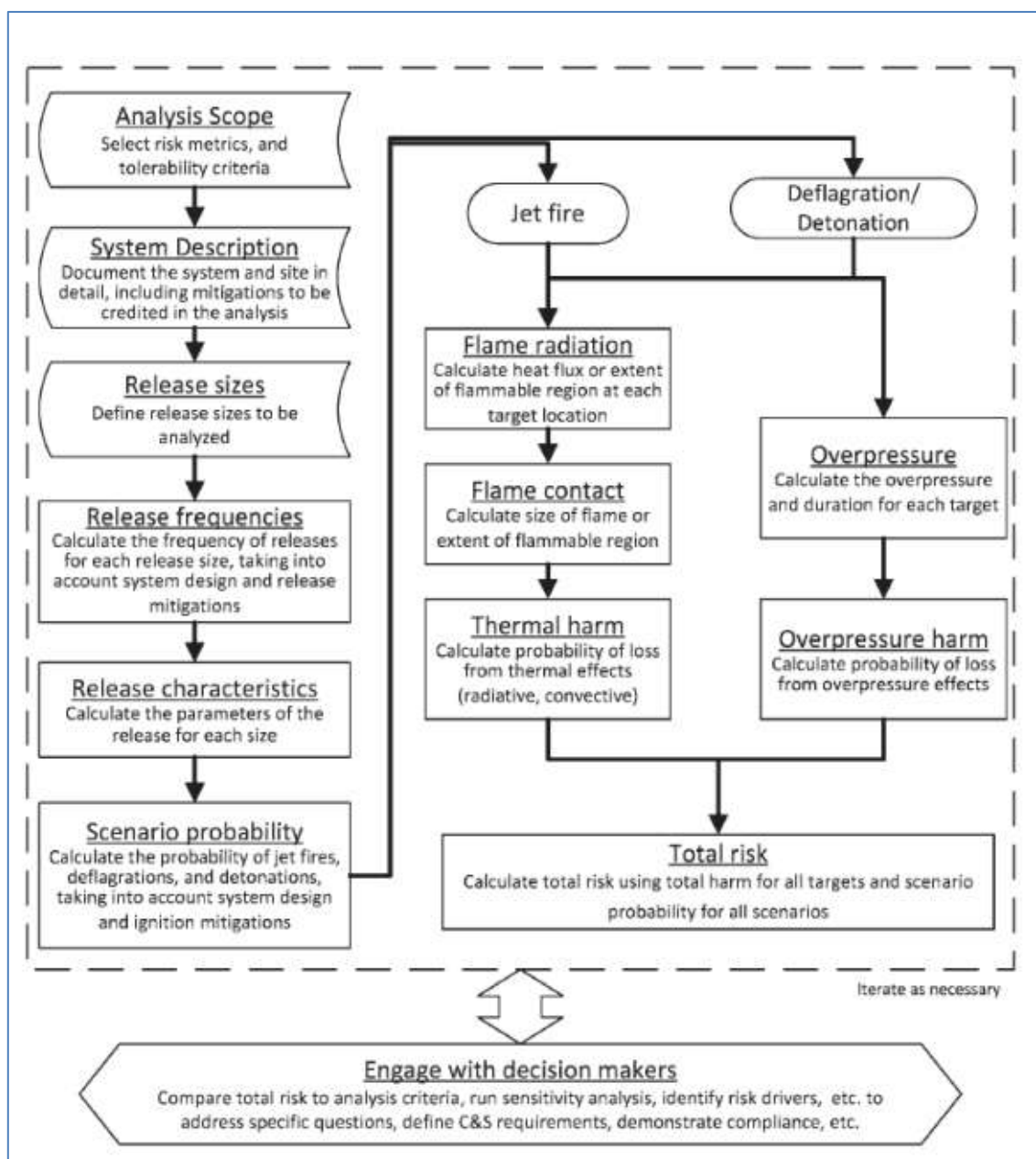


Fig. 20 – Resumen de la metodología QRA implementada en HyRAM

8. RESULTADOS DEL QRA REALIZADO ESPECÍFICAMENTE PARA EL ALMACENAMIENTO DE H₂ EN REFINERÍA

En la refinería de la Teja se trabaja con hidrógeno por lo que ANCAP ya cuenta con experiencia en su manejo seguro. Se trata de compresión y almacenamiento para la puesta en marcha de las Unidades de *Octanizing*. Específicamente se cuenta con un compresor a diafragma que comprime hidrógeno desde aproximadamente 21 bar a 150 bar y un sistema de almacenamiento a 150 bar compuesto por una batería de 40 cilindros que totalizan aproximadamente 11000 Nm³ (990kg)[15].

El QRA realizado para este almacenamiento de H₂ dio los siguientes resultados:

- Evento: Detonación de nube no confinada de gas (UVCE)
- Frecuencia: 8×10^{-7} eventos/año (1 evento cada 12.500.000 años).
- Consecuencias: Se estimaron las distancias para distintas consecuencias de la sobrepresión originada por la detonación:
 - o Muerte de personas y daños a equipos: 68 metros.
 - o Efecto dominó (daños a otros equipos, capaces de generar otros escenarios): 125 metros.

Por lo tanto, este escenario no tendría efectos para las personas o los equipos e instalaciones fuera del perímetro de la refinería de la Teja.

9. INFORMACIÓN SOBRE HRS OPERATIVAS ACTUALMENTE EN COEXISTENCIA CON OTRAS ACTIVIDADES

En el año 2020 se pusieron en operación 107 nuevas HRS (29 en Europa, 72 en Asia y 6 en Norte América) [16], de esta manera, a fines de 2020 el total de HRSs en operación llegó a 553 existiendo planes concretos para la instalación de 227 adicionales. Las ubicaciones de cada una de estas se puede visualizar en la Fig. 21. En la referencia [17], con vista satelital, pueden verificarse las distancias a calles y edificios.



Fig. 21 - Ubicaciones de HRS en opeación y planificadas, tomado de [17]

La casi totalidad de estas HRS se instalaron es estaciones de servicio existentes en las principales rutas de acceso a ciudades importantes, junto a vías de circulación de personas y vehículos, y coexistiendo con otro tipo de actividades como las tiendas de conveniencia y servicios automotrices, etc. Un ejemplo es el caso de la estación de SHELL en Amsterdam – Países Bajos, en la que el dispensador para H2 se encuentra entre los dispensadores tradicionales (figura 1).



Fig. 22 -Dispensador de H2 de SHELL en Países Bajos [18]

10. CONCLUSIONES

Como resultado de la revisión de las normas ISO 19880-1:2020 y NFPA2, así como de estudios de riesgo disponibles en artículos arbitrados, para HRSs de similares características a la propuesta en este proyecto, se puede concluir que:

- En comparación con otros combustibles, las distancias de seguridad son similares para gasolina y para hidrogeno.
- La capacidad de la HRS no parece tener gran influencia en las distancias de seguridad.
- El rango de distancias presentados en estas publicaciones, tanto para riesgo individual 10^{-6} por año (un evento cada 1.000.000 de años) como para distancia de efecto de daño, son tales que quedarían enteramente contenidas en un radio del orden de los 50m con centro en la HRS. En ese caso, si se considera la ubicación propuesta para el proyecto en Capurro, no alcanzaría a poblaciones cercanas ni a la Refinería de la Teja.
- Se especificará que el inventario de hidrógeno en un tanque individual sea como máximo 40 kg, con lo cual, de acuerdo a la bibliografía indicada, el peor caso de distancia de efecto de daño no supera los 60 metros.

11. REFERENCIAS

- [1] K. M. Groth and E. S. Hecht, "HyRAM: A methodology and toolkit for quantitative risk assessment of hydrogen systems," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 11, pp. 7485–7493, 2016.
- [2] N. Prophet, "Understand Your Vulnerabilities with Quantitative Risk Analysis," 2016. [Online]. Available: <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2016/july/understand-your-vulnerabilities-quantitative-risk-analysis>.
- [3] EIGA, "Methodology for Determination of Safety and Separation Distances," no. May, 2021.
- [4] NFPA, *NFPA2 - Hydrogen Technologies Code*. 2020.
- [5] Ariema-Heimo, "Análisis de aspectos técnicos y económicos para el desarrollo de una economía de hidrógeno en Uruguay y Paraguay," 2020.
- [6] A. J. C. M. Matthijsen and E. S. Kooi, "Safety distances for hydrogen filling stations," *Fuel Cells Bull.*, vol. 2006, no. 11, pp. 12–16, 2006.
- [7] L. Zhiyong, P. Xiangmin, and M. Jianxin, "Quantitative risk assessment on a gaseous hydrogen refueling station in Shanghai," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 35, no. 13, pp. 6822–6829, 2010.
- [8] Løkke J.A., "the Kjørbo Incident," 2019. [Online]. Available: <https://mb.cision.com/Public/115/2852735/8189422a0b076d6c.pdf>.
- [9] H2 Tools, "FUELING STATION HIGH PRESSURE STORAGE LEAK," 2019. [Online]. Available: <https://h2tools.org/lessons/fueling-station-high-pressure-storage-leak>.
- [10] O. R. Hansen, "Hydrogen Safety: Kjørbo-incident, overview and perspectives," 2019. [Online]. Available: https://mozees.no/wp-content/uploads/2019/10/Hansen_Hydrogen-safety_Kjoerbo-incident-overview-and-perspectives.pdf.
- [11] X. W. et Al, "Risk control analysis of safety accident in Hydrogen refueling station based on PHAST software," 2021.
- [12] L. Zhiyong, P. Xiangmin, and M. Jianxin, "Harm effect distances evaluation of severe accidents for gaseous hydrogen refueling station," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 35, no. 3, pp. 1515–1521, 2010.
- [13] P. G. J. Timmers and G. Stam, "Risk Based Safety Distances for Hydrogen Refueling Stations," *ICH2017*, pp. 1–12, 2017.
- [14] T. Suzuki *et al.*, "Quantitative risk assessment using a Japanese hydrogen refueling station model," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 11, pp. 8329–8343, 2021.
- [15] TECHINT, "Sistema de Almacenamiento de Hidrógeno - Manual de Operación (ANCAP - Expansion of la Teja Refinery)," 2002.

- [16] H2 Stations, “Record number of newly opened hydrogen refuelling stations in 2020,” 2021. [Online]. Available: <https://www.h2stations.org/press-release-2021-record-number-of-newly-opened-hydrogen-refuelling-stations-in-2020/>.
- [17] H2 Stations, “H2 Stations Map,” 2021. [Online]. Available: <https://www.h2stations.org/stations-map/?lat=49.139384&lng=11.190114&zoom=2>.
- [18] H2BENELUX, “Opening of the first hydrogen refuelling station of H2Benelux: Shell Den-Ruygenhoek Oost,” 2020. [Online]. Available: <https://h2benelux.cwrks.be/news/opening-first-hydrogen-refuelling-station-h2benelux-shell-den-ruygenhoek-oost>.