



Guía para realizar estudios de impacto ambiental de proyectos de hidrógeno verde y sus derivados en Argentina



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

IKI



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

Implemented by

giz

Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

on the basis of a decision
by the German Bundestag

IMPRESIÓN

Como empresa estatal, la GIZ apoya al Gobierno Alemán en la consecución de sus objetivos en el campo de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficinas registradas:

Bonn y Eschborn, Alemania
International PtX Hub
Potsdamer Platz 10
10785 Berlin, Alemania

T +49 61 96 79-0

F +49 61 96 79-11 15

E info@ptx-hub.org

I www.ptx-hub.org

Responsables:

Stephan Remler, Claudia Ilting, Verónica Chorkulak, Sebastián Murua
(International PtX Hub)

Autores:

Jessica Motok, Diego Calderón, Augusto Mazzucco

Con el apoyo de:

Griselda Lambertini (CEARE - Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética);
Luisa Lopez (Dechema); Daniela Jurado Betancur (DECHEMA), Magdalena De Lucca

El International PtX Hub es implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en nombre del Ministerio Federal Alemán de Economía y Acción Climática (BMWK) y financiado por la Iniciativa Internacional de Clima (Internationale Klimaschutzinitiative, IKI).

Las actividades del PtX Hub en Argentina son implementadas por un consorcio conformado por GIZ, la Secretaría de Energía de Argentina, CEARE (Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética), Fundación Torcuato Di Tella, Agora Energiewende y DECHEMA e.V.

Buenos Aires, 18 de marzo 2025



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

Implemented by



Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

on the basis of a decision
by the German Bundestag

Contenido

1. Introducción	9
1.1 Rol del hidrógeno	9
1.2 Alcance	10
1.3 Destinatarios y objetivos	10
1.4 Organización de la guía	11
2. Consideraciones para un estudio de impacto ambiental	12
2.1 Resumen ejecutivo y presentación del proyecto	12
2.2 Marco legal	13
Constitución nacional y leyes de presupuestos mínimos	13
Normas sobre participación pública y acceso a la información	14
Normas sobre metodología de evaluación de impacto ambiental	15
Otras normas nacionales relevantes	15
Normativa de hidrógeno verde	16
2.3 Descripción del proyecto	16
Consideraciones generales para la descripción de un proyecto	16
Proyectos integrados	18
Producción de hidrógeno verde y sus derivados	20
Instalaciones	23
Plantas de generación de derivados	25
Planta de amoniaco	25
Planta de metanol	27
Planta de combustibles sintéticos	28
Provisión de carbono	30
Provisión de agua desionizada	31
2.4 Metodología	35
Análisis de alternativas	35
Identificación, valoración y evaluación de impactos ambientales y sociales	36
Evaluación de impactos acumulativos	37
2.5 Línea de base	39
2.6 Áreas	42
Área de estudio (AE)	42
Área operativa (AO)	43
Área de influencia (AI)	43

2.7 Identificación y Evaluación de impactos	46
Introducción	46
Impactos de la etapa de construcción	47
Impactos de la etapa de operación	51
2.8 Plan de Gestión Ambiental	62
Introducción	62
Programas	63
3. Emisiones, efluentes y residuos	66
3.1 Emisiones	66
3.2 Efluentes	68
3.3 Residuos	71
4. Recomendaciones para la participación pública	73
4.1 Marco normativo de la participación	73
4.2 Incorporación de la perspectiva de participación pública	74
5. Bibliografía	76
6. Anexos	83
A1 Introducción	83
A1.2 Marco normativo de proyectos de Hidrógeno Verde	84
A1.3 Marco Normativo Nacional	84
A1.4 Marco Normativo relevante para el procedimiento de EIA	85
A1.5 Normativa nacional y provincial aplicable por temática	92
A2. ANEXO 2 Recomendaciones normativas	113
A3. ANEXO 3 Herramientas	115

Listado de tablas

Tabla 1 Leyes de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental	14
Tabla 2 Otras normas nacionales	16
Tabla 3 Aspectos generales de las etapas de proyecto	17
Tabla 4 Categorías de los tipos de proyectos que componen un proyecto integrado de hidrógeno verde y sus derivados	18
Tabla 5 Consideración de aspectos relativos al cambio climático	21
Tabla 6 Comparativa de composición de crudos de FT y de petróleo	29
Tabla 7 Impactos ambientales y sociales potenciales en la etapa de construcción de una planta	47
Tabla 8 Impactos sociales de operación de una planta de hidrógeno o sus derivados	51
Tabla 9 Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de hidrógeno por electrólisis	53
Tabla 10 Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de amoníaco mediante proceso Haber-Bosch	53
Tabla 11 Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de metanol	54
Tabla 12 Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de combustibles sintéticos	55
Tabla 13 Impactos ambientales específicos del subproceso de obtención de carbono por absorción química con soluciones de aminas	55
Tabla 14 Impactos ambientales y sociales potenciales de una planta desaladora y planta de tratamiento de agua	56
Tabla 15 Impactos ambientales y sociales potenciales en la etapa de cierre de una planta	58
Tabla 16 Riesgos relativos al hidrógeno y sus derivados	61
Tabla 17 Niveles de contaminantes gaseosos relevantes a los proyectos de hidrógeno verde y sus derivados según ley 20.284	67
Tabla 18 Gases derivados de la producción de amoníaco y metanol	68
Tabla 19 Límites permisibles en efluente descargado a cuerpo receptor hídrico para la provincia de Chubut	69

Tabla 20 límites permitidos para descarga en cuerpos y cursos de agua en Chubut y Buenos Aires	70
Tabla 21 Parámetros de hidrocarburos en suelo	72

Listado de figuras

Figura 1 Obras principales, complementarias y auxiliares de un proyecto de hidrógeno verde y amoníaco	20
Figura 2 Electrólisis alcalina y de membrana de intercambio de protones	23
Figura 3 Tanques de almacenamiento de hidrógeno	25
Figura 4 Diagrama simplificado del proceso de Haber-Bosch	26
Figura 5 Tanque de almacenamiento de amoníaco	27
Figura 6 Provisión de CO ₂	30
Figura 7 Representación de un sistema de absorción por aminas	31
Figura 8 Esquema de un sistema de provisión de agua desionizada	32
Figura 9 Proceso en una planta desaladora	33
Figura 10 Vista animada de chorros de descarga para un difusor del tipo roseta	34
Figura 11 Emisario submarino con difusores	35
Figura 12 Esquematización de impactos acumulativos	38
Figura 13 Mapa de ecorregiones y bosques	39
Figura 14 Principales riesgos e impactos del cambio climático	40
Figura 15: Izq: Cantidad de comunidades indígenas identificadas por provincia. Der: Comunidades indígenas con relevamiento culminado.	41
Figura 16 Representación de las áreas de estudio, operativa y de influencia	42
Figura 17 Ejemplo de áreas de influencia para factor suelo y aire	44
Figura 18 Gestión ambiental adaptativa y cambio climático.	63
Figura 19 Representación esquemática de un mapa de actores	74

Acrónimos

ADA	Autoridad del Agua
AE	Área de Estudio
AFEvA	Agencia Federal de Evaluación Ambiental
AI	Área de Influencia
AID	Área de Influencia Directa
AI	Área de Influencia Indirecta
AMC	Análisis Multicriterio
AO	Área Operativa
BTEX	Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno
CN	Constitución Nacional
CPLI	Consentimiento Previo, Libre e Informado
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COFEMA	Consejo Federal de Medio Ambiente
DAC	Captura Directa del Aire (Direct Air Capture)
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental (y Social)
ENH	Estrategia Nacional para la Economía del Hidrógeno
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental (y Social)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
H ₂	Hidrógeno

HTFT	High-Temperature Fischer-Tropsch
HTP	Hidrocarburos Totales de Petróleo
INAI	Instituto Nacional de Asuntos Indígenas
IPA	Instituto Provincial del Agua
ISO	Organización Internacional de Normalización
LGA	Ley General del Ambiente
LTFT	Low-Temperature Fischer-Tropsch
NCA	Nivel de Complejidad Ambiental
MEA	Monoetanolamina
MDEA	Metildietanolamina
MP	Material Particulado
NH ₃	Amoníaco
NOx	Óxidos de Nitrógeno
OIT	Organización Internacional del Trabajo
PGA	Plan de Gestión Ambiental
PMPA	Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental
PSA	Adsorción por Cambio de Presión (Pressure Swing Adsorption)
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SAyDS	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
SCCDSEI	Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación
SF	Secretaría de Finanzas
SNAMP	Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas
SO ₂	Dióxido de Azufre
SSN	Superintendencia de Seguros de la Nación

1 Introducción

1.1 Rol del hidrógeno

El hidrógeno representa una solución clave para la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles. Su capacidad para almacenar y transportar energía, así como su uso como insumo en múltiples procesos industriales, lo posiciona como un elemento central en la desfosilización de sectores con emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) difíciles de abatir como la industria química, petroquímica y metalúrgica, la aviación y el transporte marítimo. En particular, el hidrógeno verde, producido mediante procesos de electrólisis alimentados por fuentes de energía renovable, se destaca por su potencial para reducir significativamente las emisiones de GEI asociadas a su producción y uso.

En un contexto global donde la demanda de hidrógeno alcanzó 94 millones de toneladas en 2021, producido casi exclusivamente a partir de combustibles fósiles (IEA, 2023), resulta imperativo adoptar prácticas responsables y sostenibles en el diseño y la ejecución de proyectos relacionados con este recurso. El suministro total de hidrógeno deberá expandirse más de cinco veces para 2050, superando los 600 MT/año, si se quiere atender un rango más amplio de usos y descarbonizar sectores con altas emisiones de carbono (IRENA, 2022).

En Argentina, el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados se encuentra en una etapa incipiente, pero con un horizonte prometedor debido a las abundantes fuentes renovables disponibles, como la energía solar y eólica. Este escenario, aunque lleno de oportunidades, también plantea importantes desafíos, especialmente en relación con la identificación, evaluación y gestión de los impactos socioambientales asociados a los proyectos vinculados a esta cadena. Los impactos sociales dependen en gran medida del diseño y la implementación del proyecto, así como de las decisiones relacionadas con la distribución de beneficios a nivel local y nacional. Es fundamental considerar aspectos como los derechos sobre el uso de recursos naturales y los impactos sociales de los proyectos.

Entre los supuestos asumidos para la confección de esta guía, cabe destacar los siguientes

- Estado del arte e incertidumbres del sector: se reconoce que la industria del hidrógeno verde se encuentra en pleno desarrollo y enfrenta desafíos significativos en los ámbitos tecnológico, económico y regulatorio. No obstante, algunos componentes de la cadena de valor del hidrógeno verde ya han alcanzado un nivel de madurez tecnológica, respaldados incluso por herramientas como guías o manuales. En el Anexo 3 del presente documento se encuentran listadas una serie de herramientas que se consideran de utilidad para el usuario. Este documento pone foco en la etapa de producción del hidrógeno y sus derivados, identificada como una de las menos estudiadas y con menor disponibilidad de herramientas específicas según el relevamiento bibliográfico realizado.¹

1 Inclusive la Asociación Internacional de Impacto Ambiental (IAIA por sus siglas en inglés), reconoce no haber identificado ninguna guía específicamente enfocada en la infraestructura asociada a la producción de hidrógeno verde o amoníaco verde (Dalal-Clayton, B., & Scott-Brown, M., 2024).

- Complejidad de los proyectos integrados: los proyectos considerados son de gran escala y están compuestos por diferentes subproyectos como parques solares o eólicos, líneas de transmisión, electrolizadores, plantas de amoníaco o metanol, ductos, entre otros. Cuando los distintos componentes que conforman un proyecto integrado son desarrollados de manera independiente, esa fragmentación dificulta una visión completa de los impactos acumulativos y generales, ya que no es posible inferirlos simplemente a partir de la suma de los impactos individuales de cada componente. Asimismo, la ubicación de los proyectos de propiedad privada puede estar influenciada por planes y programas de desarrollo elaborados por autoridades gubernamentales, ya sean centrales o locales (Signoria, & Barlettani, 2023).
- Tipología de proyectos: la tipología de proyectos considerada en esta guía comprende los distintos tipos de proyecto de la etapa de producción de hidrógeno verde y sus derivados, incluyendo instalaciones y obras auxiliares y subprocesos.

1.2 Alcance

El propósito de este documento es proporcionar información que permita identificar y comprender el alcance de los posibles impactos ambientales y sociales de los proyectos de hidrógeno verde y derivados. Es importante destacar que cada proyecto deberá someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental (y Social) (EIA).

Un proyecto integrado puede, además de contemplar varias etapas de la cadena del hidrógeno, utilizar distintas tecnologías. Se debe considerar, al momento de elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (y Social) (EsIA) de proyecto integrado, un enfoque integral que contemple todos los aspectos del proyecto de manera holística para garantizar la sostenibilidad y minimizar los riesgos asociados.

El alcance de esta guía abarca la etapa de producción de hidrógeno verde y sus derivados, y sus plantas de subprocesos como plantas desalinizadoras o de tratamiento de agua, plantas de electrólisis, y plantas para la producción de amoníaco (Haber-Bosch), metanol y combustibles sintéticos (Fischer-Tropsch) incluyendo, para estas últimas, el subproceso de provisión de carbono a través de captación en chimeneas por absorción química basada en aminas.

Esta guía complementa contenidos de la *Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023 (MAyDS, 2023a)*.

1.3 Destinatarios y objetivos

Esta guía constituye un documento técnico cuyo objetivo es brindar lineamientos conceptuales y orientaciones metodológicas generales para la elaboración de EsIA de proyectos de hidrógeno verde y derivados en Argentina. Esta guía está dirigida a proponentes, inversores y profesionales de la industria, considerando un público no especializado en evaluación ambiental. Asimismo, brinda recomendaciones normativas para la evaluación de este tipo de proyectos. Es necesario recalcar que un EsIA debe ser llevado a cabo por especialistas que evalúen específicamente todas las acciones del proyecto y su efecto sobre todos los factores del ambiente según cada caso.

La guía busca ser una herramienta útil para fomentar el desarrollo armónico de la cadena de valor del hidrógeno verde en Argentina, integrando criterios técnicos, sociales y ambientales en la toma de decisiones. Este documento no tiene como objetivo abordar exhaustivamente todos los impactos potenciales que puedan derivarse de un proyecto integrado de hidrógeno verde o sus derivados.

1.4 Organización de la guía

La guía está estructurada en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 1.** Introducción: describe el rol del hidrógeno, el alcance y la organización de esta guía.
- **Capítulo 2.** Consideraciones para un EsIA: provee lineamientos prácticos y metodológicos para abordar los EsIAs. Se desarrollan los contenidos en el mismo orden y estructura que suelen tener los EsIA: resumen ejecutivo y presentación del proyecto, marco legal, descripción del proyecto, metodología, línea de base, áreas, identificación y evaluación de impactos, y plan de gestión ambiental.
- **Capítulo 3.** Emisiones, efluentes y residuos: información específica para la gestión ambiental de emisiones, efluentes y residuos.
- **Capítulo 4.** Recomendaciones para la participación pública: enfatiza la inclusión y transparencia en los procesos de participación.
- **Anexos:**
 - › Anexo 1. Marco normativo vigente
 - › Anexo 2. Recomendaciones normativas
 - › Anexo 3. Herramientas



Consideraciones para un estudio de impacto ambiental

2.1 Resumen ejecutivo y presentación del proyecto

En este apartado se describen los componentes que conforman un resumen ejecutivo y la presentación del proyecto dentro del EsIA. Aunque cada proyecto incluirá información específica según sus características, la estructura y el tipo de datos requeridos se mantienen constantes. Por esta razón, se expone una síntesis general sin centrarse en una tipología específica.

El **resumen ejecutivo** es una síntesis clara y concisa del EsIA, diseñada para comunicar los aspectos más relevantes del proyecto y los resultados de la evaluación ambiental. Su objetivo principal es proporcionar una visión general a los tomadores de decisiones y demás partes interesadas, permitiendo comprender los puntos esenciales sin necesidad de revisar el documento completo. Este capítulo se diferencia del Documento de Divulgación, tanto en su lenguaje, contenido, objetivo y público destinatario.

El resumen ejecutivo debe incluir los siguientes contenidos mínimos:

- Objetivos y justificación del proyecto.
- Marco institucional y normativo.
- Identificación de la persona proponente.
- Detalles de la ubicación y áreas de influencia y de estudio.
- Descripción del proyecto, incluyendo las principales alternativas analizadas y justificación de la opción seleccionada.
- Línea de base ambiental: caracterización del ambiente.
- Identificación y valoración de impactos ambientales identificados.
- Plan de gestión ambiental: referencia a los programas y organización de medidas de mitigación, y de planes de contingencia.

Este apartado debe mantener coherencia con el contenido del EsIA, evitando añadir información no abordada en el estudio principal. Es recomendable incluir herramientas gráficas como mapas y tablas que faciliten la comprensión del análisis.

El capítulo de **presentación del proyecto** introduce sus aspectos básicos. El marco normativo e institucional puede estar incluido en este capítulo o separado. Se puede estructurar de la siguiente manera:

- **Objetivos y alcance del proyecto:** detalla la finalidad del proyecto y cómo este contribuye a los compromisos ambientales y climáticos, especialmente en el caso de iniciativas de hidrógeno verde.
- **Justificación del proyecto:** explica la necesidad de llevar adelante el proyecto en comparación con la opción de no realizarlo, destacando los criterios utilizados para la toma de decisiones.
- **Información de la persona proponente:** identificación y trayectoria de quien lidera el proyecto, ya sea una entidad pública o privada.
- **Equipo responsable del EsIA:** identifica a los profesionales involucrados en la elaboración del EsIA, incluyendo los comprobantes de su pertenencia a los registros de consultores en EIA, cuando correspondiere.
- **Marco normativo e institucional:** presenta las regulaciones aplicables, desde normas nacionales hasta internacionales, especificando cómo estas rigen el desarrollo del proyecto. Además, detalla las instituciones que intervienen en las diversas etapas del proceso.
- **Estructura del EsIA:** ofrece una visión general de los contenidos y secciones del EsIA, explicando cómo se abordarán los diferentes aspectos del proyecto, desde la línea de base hasta el plan de gestión ambiental.

2.2 Marco legal²

Constitución nacional y leyes de presupuestos mínimos

La Constitución Nacional (CN) de la República Argentina, ley suprema en todo el territorio, establece una organización federal de la normativa ambiental. El Congreso Nacional tiene facultades para sancionar leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental (PMPA), que se complementan con normas dictadas por las provincias, las cuales tienen el dominio sobre los recursos naturales existentes en su territorio, así como la obligación de ejercer el poder de policía en sus jurisdicciones. Las leyes de PMPA que se presentan en la Tabla 1 son de cumplimiento obligatorio en todo el territorio de la Nación.

Los principales artículos de la CN a considerar son:

- Artículo 41: Derecho a un ambiente sano y equilibrado, y la obligación de recomponer el daño ambiental.
- Artículo 124: Dominio originario de las provincias de los recursos naturales existentes en su territorio.
- Artículo 75, inciso 17: Reconocimiento de la preexistencia étnica y cultural de los pueblos indígenas y su participación en la gestión de los recursos naturales.

Para cada EsIA será fundamental revisar en detalle las normativas provinciales y locales, considerando que, en la mayoría de los casos, las licencias ambientales son otorgadas por las provincias y no por la Nación. Al no existir una ley de PMPA para la evaluación ambiental, cada provincia cuenta con su propio marco regulatorio para la evaluación ambiental. Se presenta a continuación la normativa a nivel nacional de mayor relevancia para la EIA de proyectos de hidrógeno y sus derivados.

2 para mayor información ver Anexo 1

Tabla 1 Leyes de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental

Ley N.º	Objeto
25.675	Ley General del Ambiente. Introduce el marco normativo central para la gestión ambiental y obligatoriedad de la EIA.
25.688	Gestión ambiental del agua. Preservación y uso racional de los recursos hídricos.
25.831	Régimen de libre acceso a la información ambiental.
25.916	Gestión integral de residuos domiciliarios.
26.331	Protección ambiental de bosques nativos.
26.639	Protección de glaciares y ambiente periglacial.
26.562	Control de actividades de quema.
26.815	Sistema Federal de manejo del fuego.
27.520	Adaptación y mitigación al cambio climático global.

Fuente: Elaboración propia

Las leyes de PMPA son complementadas, no sólo por leyes y reglamentos provinciales, sino también por decretos y resoluciones del Estado Nacional. Por ejemplo, el art. 22 de la Ley General del Ambiente (LGA) establece la obligatoriedad de la contratación del seguro ambiental para todas las empresas y actividades que representen un riesgo para el ambiente, a fin garantizar la reparación del daño ambiental en caso de producirse. La Resolución conjunta de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS), Secretaría de Finanzas (SF) y Superintendencia de Seguros de la Nación (SSN) N° 177/2007 (modificada por Res SAyDS N° 303/2007 y N° 1639/2007) aprueba las normas operativas para la contratación de los seguros.

Normas sobre participación pública y acceso a la información

Las normas sobre participación pública y acceso a la información en Argentina incluyen tanto legislación nacional como compromisos internacionales. El art. 21 de la LGA exige la participación ciudadana en los procesos de EIA, sobre todo en la etapa de proyecto y de análisis de resultados.

La Ley N.º 25.831 garantiza el acceso libre a la información pública ambiental, obligando a los organismos del Estado a proporcionar la información ambiental que se encuentra en su poder. Por su parte, la Ley N.º 27.275 regula el derecho de acceso a la información pública, estableciendo procedimientos claros para que los ciudadanos soliciten y reciban información de los organismos públicos. La Ley N.º 23.302 establece el apoyo a comunidades indígenas, con énfasis en la protección de sus valores culturales y modos de vida. La Ley N.º 24.071 ratifica el Convenio de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) 169, que regula el derecho de los pueblos indígenas al consentimiento previo, libre e informado sobre proyectos que pudieran afectarlos.

Finalmente, la Ley N.º 27.566 incorpora el Acuerdo de Escazú, que promueve el acceso a la información, la participación pública en la toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales. Cabe destacar que las instancias de participación ciudadana son obligatorias, pero sus resultados no son vinculantes.

Normas sobre metodología de evaluación de impacto ambiental

La LGA establece en sus art. 11, 12 y 13 las obligaciones relacionadas con la EIA. Allí se indica que toda obra o actividad que sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, se debe someter obligatoriamente a un procedimiento de EIA, previo a su ejecución. La norma requiere la presentación de una declaración jurada manifestando si la obra o actividades afectarán el ambiente, debiendo la autoridad competente determinar el alcance de los requisitos y emitir una declaración aprobando o rechazando los estudios presentados.

En los últimos años, se han aprobado a nivel nacional guías actualizadas y lineamientos específicos que buscan fortalecer las metodologías aplicadas en la evaluación ambiental. La Resolución SCCDSEI N.º 23/23 aprueba dos guías referidas a la evaluación ambiental: Guía sobre la Participación Pública en Evaluación Ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023d) y la *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023 (MAyDS, 2023a)*. Esta última contiene consideraciones para la incorporación del cambio climático en los ESIAs.

Por otro lado, la Resolución N.º 434/2019 regula el Procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), estableciendo un marco metodológico para evaluar las implicancias ambientales de políticas, planes y programas. Finalmente, la Disposición N.º 1/2023 detalla los lineamientos generales aplicables a la EAE, ajustándose a la naturaleza de las actividades evaluadas, lo que permite un análisis más adecuado y contextualizado de los impactos ambientales estratégicos.

Otras normas nacionales relevantes

La ley 24.051 regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos. Define a estos residuos como «todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general». El Decreto N.º 831/93, reglamentario de la Ley N.º 24.051, establece en sus anexos niveles guía de calidad de agua para diversas fuentes, incluyendo agua destinada al consumo humano con tratamiento convencional, protección de vida acuática (en aguas superficiales dulces, saladas y salobres), irrigación, bebida de ganado, recreación y pesca industrial. Además, el decreto define niveles guía para la calidad del suelo, del aire y estándares de emisiones gaseosas, así como composiciones y disposiciones de barros (o lodos). Aunque la Ley N.º 24.051 es de adhesión voluntaria, incluso aquellas jurisdicciones que no han adherido suelen utilizar los valores de los niveles guía establecidos en este decreto como referencia, Tabla 2.

Tabla 2 Otras normas nacionales

Tema	Norma
Emisiones atmosféricas	Ley N.º 20.284: Preservación de recursos del aire.
Patrimonio cultural	Ley N.º 25.743: Protección del patrimonio arqueológico y paleontológico.
Áreas protegidas	Ley N.º 22.351: Régimen de Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales.
Transporte de mercancías peligrosas	Decreto N.º 779/95, Anexo S: Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.

Fuente: Elaboración propia

Normativa de hidrógeno verde

La normativa específica para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde en Argentina incluye disposiciones clave que buscan promover esta tecnología como vector energético. No obstante, al momento de elaboración de esta guía no existe una Ley de hidrógeno vigente ya que la Ley N.º 26.123, que establecía lineamientos para el desarrollo de tecnología y uso del hidrógeno, perdió vigencia en 2021. Para el primer eslabón de la cadena de valor del hidrógeno verde y derivados, cabe hacer referencia a la Ley N.º 26.190, que fomenta el uso de fuentes de energías renovables para la generación de energía eléctrica. Por otro lado, la Resolución N.º 558/2022 establece requisitos ambientales específicos para los agentes del mercado eléctrico mayorista, con implicancias para proyectos de generación de hidrógeno verde conectados al sistema eléctrico.

En ausencia de normativas nacionales específicas para ciertos aspectos técnicos, se recurre a normas internacionales ampliamente aceptadas como referencia. Por ejemplo, para los ductos de hidrógeno puede tomarse como referencia normativa internacional como el Comité Técnico de H₂ de la Organización Internacional de Normalización (ISO) TC 197 que regula tecnologías asociadas al hidrógeno, y la ASME B31.12 que proporciona estándares de seguridad y eficiencia para el diseño y construcción de ductos de hidrógeno.

También pueden utilizarse como normativa comparada, regulaciones dictadas por las jurisdicciones provinciales. Por ejemplo, la provincia de Chubut determina niveles de calidad para el vuelco de salmuera (según conductividad, ver apartado Emisiones, Residuos y Efluentes), incluyendo a las plantas de obtención de oxígeno e hidrógeno a escala industrial entre los proyectos de obras y actividades que deben presentar EsIA (ítem vi.2 del anexo V decreto reglamentario N°185-09).

2.3 Descripción del proyecto

Consideraciones generales para la descripción de un proyecto

En un EsIA la descripción del proyecto tiene dos objetivos centrales: presentar el análisis de alternativas realizado para la definición del proyecto, y especificar todos aquellos aspectos que puedan ser de interés para la identificación y valoración de los impactos ambientales positivos y negativos. Los proyectos deben ser descriptos en su totalidad, incluyendo todas las instalaciones u obras auxiliares que requiera.

«Las instalaciones u obras auxiliares son aquellas cuyos objetivos están directamente asociados al proyecto principal y su ciclo de vida está vinculado a la escala temporal del proyecto, como obradores, laboratorios, campamentos, caminos transitorios, yacimientos, etc.» (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023a)

Estas instalaciones también se denominan «conexas», definidas como aquellas que (...) «a) están directa y significativamente relacionadas con el proyecto; b) se llevan a cabo (o se prevé que se lleven a cabo) contemporáneamente con el proyecto, y c) son necesarias para que el proyecto sea viable y no se habrían construido o ampliado ni realizado si el proyecto no hubiera existido. Para que las instalaciones o actividades se consideren «conexas», deben cumplir con los tres criterios» (Schindele, Trommsdorff, Schlaak, Obergfell, Bopp, Colesie & Weselek, 2023).

El desarrollo de un proyecto debe contemplar un análisis detallado de cada etapa de su ciclo de vida. Estas etapas requieren la descripción de actividades, cronogramas, mano de obra, recursos necesarios, los equipos y tecnologías a utilizar, emisiones, efluentes y residuos que se espera generar.

Es fundamental incluir un cronograma que indique los hitos principales, como diagramas de Gantt, y especificar tecnologías y equipos utilizados, destacando certificaciones. Los insumos y recursos, como agua y áridos, deben ser cuantificados, incluyendo detalles sobre su origen, transporte y almacenamiento. En el caso del agua, es clave indicar la fuente (subterránea, superficial o red pública) y evaluar su sostenibilidad en el contexto del cambio climático. Además, las emisiones generadas, como material particulado, gases y ruido, deben ser estimadas. De igual manera deben describirse y estimarse efluentes y residuos de todas las corrientes que se proyecta generar, considerando almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final.

En la Tabla 3 se presentan algunos de los aspectos a considerar en las distintas etapas. Para mayor detalle se sugiere revisar la *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023 (MAyDS, 2023a)*.

Tabla 3 Aspectos generales de las etapas de proyecto

Etapa	Descripción
Construcción	La construcción abarca la preparación del sitio mediante desmontes, movimientos de tierra, excavaciones y transporte, además de la ejecución de obras civiles principales y auxiliares, como obradores, campamentos y caminos de acceso. En caso de ser necesario, se incluyen la apertura y cierre de canteras, plantas de áridos o plantas de hormigón y asfálticas. También se deben detallar el tránsito, el funcionamiento de maquinaria y equipos, y otras actividades específicas según el tipo de proyecto
Operación	En esta etapa, las actividades son continuas durante la vida útil del proyecto. Incluyen procesos productivos principales, mantenimiento de instalaciones, operación de plantas de tratamiento de efluentes, manejo de productos finales y gestión de sistemas eléctricos y tanques de almacenamiento. Es imprescindible detallar los productos resultantes y los residuos generados, describiendo sus características, tratamiento y disposición final. El diseño de diagramas de flujo permite identificar fuentes de emisiones y residuos asociados a cada proceso, incorporando aspectos como generación de GEIs. Las emisiones deben clasificarse según su alcance (directas o indirectas) y contemplar estrategias de monitoreo y control. La gestión de insumos y recursos debe considerar también los riesgos asociados al manejo de sustancias peligrosas, como combustibles o explosivos, garantizando el cumplimiento normativo.

Cierre	El cierre del proyecto implica definir el destino de las instalaciones, ya sea su desmantelamiento, demolición o permanencia. Es necesario planificar tareas de restauración del terreno, considerando los procesos erosivos, derrame, disposición final de residuos, etc. Las actividades incluyen el retiro de estructuras, la estabilización de instalaciones remanentes y la restitución de las condiciones originales del área, o su adaptación a nuevos usos.
--------	---

Fuente: Elaboración propia

Proyectos integrados

Los proyectos de generación de hidrógeno verde y sus derivados presentan la particularidad de incorporar varias etapas de proceso. Denominaremos, en esta guía, proyectos integrados a aquellos que incorporen más de una etapa de la cadena de valor del hidrógeno conectados funcionalmente para poder cumplir el objetivo de producción que se plantea el proyecto. Un proyecto integrado tendrá distintas categorías de proyectos que lo componen (Ver Tabla 4). A nivel conceptual es necesario que se describan todos los procesos, subprocesos, instalaciones, obras accesorias y demás actividades esenciales para un correcto análisis de los impactos sobre el ambiente.

Tabla 4

Categorías de los tipos de proyectos que componen un proyecto integrado de hidrógeno verde y sus derivados

Categorías de proyecto	Etapas de la cadena	Tipología
Proyectos de gran extensión ³	Generación de energía renovable Producción de derivados del hidrógeno	Solar fotovoltaica* Eólica*
Lineares	Generación de energía renovable (transmisión de energía) Transporte	Líneas de transmisión eléctrica* Ductos de gases y de líquidos. Carretera* Ferrocarril*

3 Se incluyen en esta categoría proyectos que requieren grandes superficies para su desarrollo

Plantas industriales	Generación de energía renovable Producción de hidrógeno verde y derivados	Conversión de biomasa* Producción de hidrógeno por electrólisis Desalinización de agua Planta tratadora de agua Producción de amoníaco Producción de metanol Producción de hidrocarburos por Fischer Tropsch Subproceso de obtención de Carbono
Tanques y almacenamiento	Producción de hidrógeno verde y sus derivados (Almacenamiento) Generación de energía renovable	Tanques de almacenamiento de insumos y productos (líquidos y gases)* Baterías de almacenamiento de energía*

*tipología no alcanzada en el análisis de la presente guía

Fuente: Elaboración propia

En los proyectos integrados de hidrógeno verde y derivados se requiere especial atención a los aspectos referidos al uso del suelo y fragmentación del territorio, gestión del agua y de efluentes (incluyendo salmuera) y seguridad en los procesos y en las comunidades (Signoria y Barlettani, 2023).

«**Power-to-X** convierte la electricidad proveniente de plantas de generación renovable en una amplia variedad de productos finales (X)» (GIZ, s.f.). Ello implica concatenar subproyectos desde la generación de la energía verde hasta la comercialización de los productos «X». En este documento se consideran proyectos integrados a aquellos que incluyan varios subproyectos.

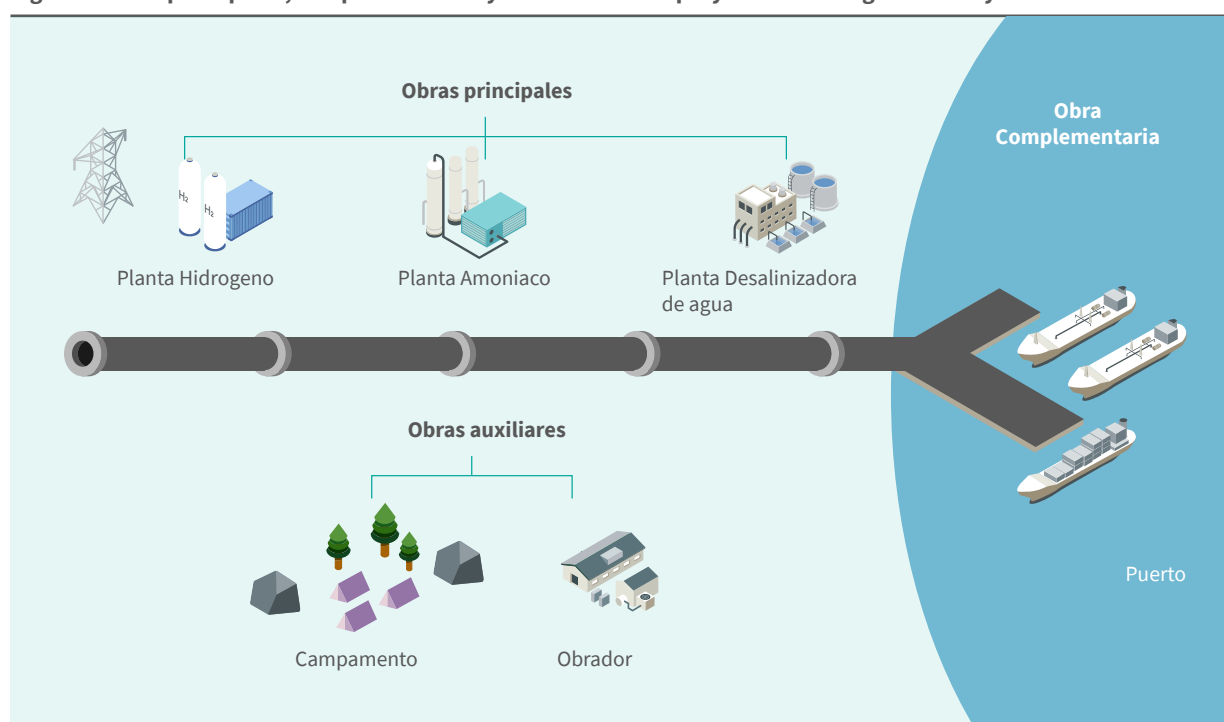
Se espera que los proyectos de hidrógeno verde y derivados utilicen fuentes de energía renovable sin emisiones de GEI asociadas. No obstante, en caso de que dichas plantas tengan una conexión a la red y tomen una parte de su suministro eléctrico directamente del mix energético de la red, el impacto en término de emisiones de GEI estará vinculado a la intensidad de emisiones del sistema eléctrico interconectado. Cabe destacar que particularmente en este tipo de proyectos integrados, el uso de energía eléctrica de la red o cualquier otra emisión de GEI asociada al proyecto, estarán limitados por las regulaciones y/o certificaciones de hidrógeno verde y sus derivados. Como referencia, la Comisión Europea, a través de los Actos Delegados de la Directiva de Energías Renovables (RED II), establece que las emisiones de GEI asociadas a la producción, conversión, transporte y uso de hidrógeno verde y derivados no deberán superar los 28g CO₂eq/MJ de producto.

Producción de hidrógeno verde y sus derivados

Como se mencionó anteriormente, esta guía se enfoca en la evaluación de los impactos de la etapa de producción del hidrógeno verde y sus derivados, sin entrar en detalle en los aspectos a considerar en las demás etapas. Para los proyectos de energía renovable se cuenta, a nivel nacional, con la Guía para la elaboración de *Estudios de Impacto Ambiental de proyectos de energías renovables* (SAyDS, 2019).

El alcance de esta guía contempla la planta de electrólisis del agua, las plantas industriales de producción de metanol, amoníaco y combustible sintéticos, las plantas de tratamiento de aguas para alcanzar la pureza necesaria para alimentar la planta de electrólisis (en este caso planta desaladora y de tratamiento de agua dulce⁴) y la provisión de carbono. No se profundiza en estructuras generales de cualquier construcción o planta, como hormigoneras, caminos de circulación, conexiones de servicios, campamentos, etc. lo que no implica que no deba considerarse, sino que no son el objeto de la guía al no ser específicos de la producción de hidrógeno verde y sus derivados. En la Figura 1 se presenta un esquema de un proyecto de producción de hidrógeno y amoníaco con sus obras auxiliares y complementarias a modo de ejemplo.

Figura 1 Obras principales, complementarias y auxiliares de un proyecto de hidrógeno verde y amoníaco



Fuente: Elaboración propia

4 Cabe destacar que los proyectos de hidrógeno verde en Argentina anunciados a la fecha, no utilizarían agua dulce sino agua de mar

Es fundamental para el proyecto minimizar los riesgos y fomentar la resiliencia de las operaciones, considerando tanto el impacto del cambio climático sobre el proyecto, así como también el aporte del proyecto en relación al cambio climático. Según el entonces Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023a), es necesario incorporar ciertos aspectos clave tanto en el análisis de alternativas como en el diseño del proyecto ejecutivo, especialmente aquellos relacionados con la componente climática. La Tabla 5 presenta una selección de aspectos clave y su posible integración en proyectos de hidrógeno verde y derivados en Argentina, con el objetivo de ofrecer una guía práctica para su consideración.

Tabla 5 Consideración de aspectos relativos al cambio climático

Acciones para la consideración del cambio climático en un proyecto	Recomendaciones para la incorporación del cambio climático en un proyecto de hidrógeno verde o derivados en Argentina
Establecer el vínculo entre los proyectos de inversión con políticas, planes y programas de cambio climático	Estrategia Nacional de la Economía del Hidrógeno (ENH) ⁵ (Secretaría de Asuntos Estratégicos, 2023a) Evaluación Ambiental Estratégica de la ENH (Secretaría de Asuntos Estratégicos, 2023b) Contribución Determinada a Nivel Nacional, actualizada a 2021 Estrategia de Desarrollo Resiliente con Bajas Emisiones a Largo Plazo, 2023 Plan Hidrógeno Patagonia (Consejo Federal de Inversiones, 2024) Planes de manejo de cuencas
Analizar alternativas de localización del proyecto en base al análisis preliminar de riesgos climáticos	Evaluación Ambiental Estratégica de la ENH (Secretaría de Asuntos Estratégicos, 2023b) Sistemas de Mapas de Riesgo del Cambio Climático (SIMARCC) (https://simarcc.ambiente.gob.ar/)
Identificar cartográficamente los riesgos derivados del cambio climático	Sistemas de Mapas de Riesgo del Cambio Climático (SIMARCC) (https://simarcc.ambiente.gob.ar/)

Fuente: Elaboración propia

La *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023* (MAyDS, 2023a) también indica que se deben considerar otros aspectos que dependen del diseño del proyecto específico. En tal sentido, priorizar el diseño de infraestructura sostenible y la adopción de tecnologías verdes, considerar la necesidad de la adaptación del proyecto, describir las actividades que generen emisiones de GEI junto a tecnologías de reducción de GEI asociadas y comprender cómo las actividades pueden verse afectadas por eventos climáticos

5 Si bien a la fecha de emisión de esta guía no se encontraba culminada, sus resultados preliminares han sido publicados.

estacionales o dinámicos. Estos aspectos dependerán del diseño del proyecto y deben considerar en especial la disponibilidad de agua, la potencial o existente crisis hídrica, los regímenes de los cursos y cuerpos de agua (si se considera el vuelco de salmuera o de efluentes, por ejemplo), los usos de la comunidad para su subsistencia, las actividades económicas que depende del recurso en el sitio, entre otros. Estos aspectos se deben tomar en cuenta para el análisis de alternativas.

Respecto del análisis de alternativas, de acuerdo con el ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023a), la descripción de proyecto debe responder a ciertas preguntas. También indica que debe considerarse la alternativa cero. Las alternativas deben ser viables económica, técnica y ambientalmente. A continuación, se presenta un abordaje sobre las preguntas indicadas:

- **¿Dónde? Localización del proyecto.** Esta definición estará fuertemente condicionada por los recursos necesarios, y por la sensibilidad del territorio. Si el recurso natural necesario para la generación de energía, la aptitud de los vientos o la insolación en el territorio se encuentra en la cercanía del sitio donde se puede o pretende entregar (para uso o comercialización) el hidrógeno verde o su derivado, la planta probablemente comparta el mismo espacio territorial o estará muy cercana al parque que la alimenta de energía, e inclusive al sitio de despacho. En el caso de la producción de amoníaco, al ser tomado el nitrógeno del aire, no genera una restricción territorial. En cambio, tal restricción aplica a la producción de metanol o combustibles sintéticos, ya que requieren de fuentes de carbono, que podrían provenir de la captación de dióxido de carbono (CO₂) de fuentes puntuales industriales o, preferentemente, de fuentes biogénicas. Estos recursos pueden encontrarse a cientos de kilómetros, lo que implica recorrer grandes distancias o generar infraestructura lineal (como ductos o tendidos eléctricos) de gran longitud.
- **¿Cómo? Vías de acceso, tecnología, diseño, metodología constructiva, despacho y transporte.** Estas decisiones van a definir fuertemente el impacto resultante sobre el ambiente, así como la gestión socioambiental a implementarse. Por ejemplo, considerando la cantidad de H₂ y la distancia, una mala elección en la tecnología (H₂ líquido, comprimido o en un portador) puede generar costos, gastos energéticos y emisiones innecesarias, entre otras desventajas.
- **¿Cuándo? Temporalidad y estacionalidad.** La estacionalidad es de especial importancia en la etapa de construcción, a fin de considerar en el cronograma de la obra los momentos o estaciones de mayor sensibilidad para factores biológicos relevantes (por ejemplo, las épocas de anidaje o de migración de aves). Debido a la dependencia del proyecto de la disponibilidad de agua, los fenómenos como La Niña o El Niño pueden ser relevantes a la temporalidad del proyecto.
- **¿Qué? Sustancia y estado de la sustancia a producir y transportar.** Aquí se define no solo el producto final (hidrógeno, amoníaco, metanol y/o combustibles sintéticos), sino también el estado en el que serán transportados, lo cual es relevante a la hora del análisis de riesgos.

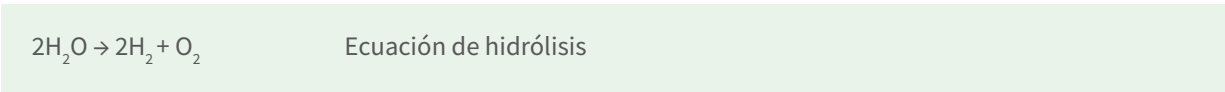
Es importante destacar que el análisis de alternativas es una instancia donde pueden incorporarse medidas de mitigación que permitan evitar los impactos negativos (ambientales y sociales), y corresponde a la primera categoría en la jerarquía de mitigación, así como también pueden diseñarse medidas de la segunda categoría, que corresponden a minimizar los impactos negativos.

Por otro lado, en el análisis de alternativas también deben considerarse los beneficios para la comunidad que será afectada, más allá de los beneficios que puedan surgir por el aumento de la demanda de bienes, servicios y mano de obra. En particular, el análisis se debe focalizar en el acceso a servicios como agua potable o energía, e inclusive identificar si la comunidad tiene acceso a energía limpia. Las decisiones que se tomen sobre el diseño del proyecto deben incluir las consideraciones de los beneficios para la población local y procurar una justicia energética.

Instalaciones

Planta de electrólisis

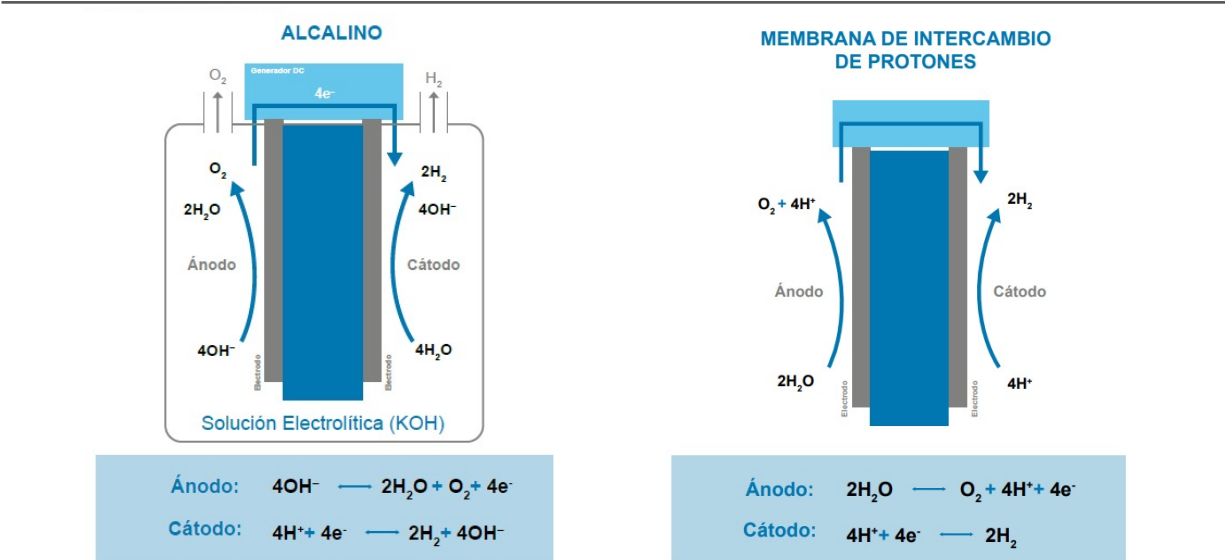
La planta de producción de hidrógeno se compone de diversas instalaciones que incluyen un electrolizador, un sistema de alimentación de agua, una fuente de energía eléctrica, un sistema de enfriamiento y un sistema de purificación y almacenamiento de hidrógeno. En teoría, la producción de hidrógeno a través de la electrólisis requiere nueve litros de agua pura (desionizada) por kilogramo (kg) de hidrógeno (IEA, 2019). Sin embargo, debido a ineficiencias y a la necesidad de incluir procesos de tratamiento y desalinización, se estima que la proporción de consumo de agua típica podría variar entre 18 kg y 24 kg de agua por kilogramo de hidrógeno (Signoria y Barlettani, 2023). El agua también se utiliza para otros procesos como la refrigeración de equipos.



Como subproductos de la electrólisis, se obtienen calor y oxígeno molecular, el cual puede ser venteadado a la atmósfera, utilizado o comercializado. Por cada kilogramo de hidrógeno producido se obtienen 8 kg de oxígeno, que a menor escala puede ser utilizado en el sector de salud o, a mayor escala, para fines industriales (IEA, 2019).

La electrólisis ha sido utilizada en la industria durante casi un siglo para una variedad de aplicaciones, incluyendo las industrias alimentaria, química, farmacéutica y metalúrgica (IEA, 2019), por lo que se trata de un proceso con tecnologías maduras. Un electrolizador consiste en un ánodo y un cátodo, separado por un electrolito. En la actualidad, existen cuatro tecnologías de electrólisis de agua, que funcionan de diferentes maneras según el tipo de material del electrolito utilizado y la temperatura de operación: la electrólisis alcalina (ALK), la de membrana de intercambio de protones (PEM), la de óxido sólido (SOEC) y la de membrana de intercambio de aniones (AEM), siendo las dos primeras (ALK y PEM) (Figura 2) las de mayor madurez en el mercado con la ALK siendo la opción más económica.

Figura 2 Electrólisis alcalina y de membrana de intercambio de protones



Fuente: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2024).

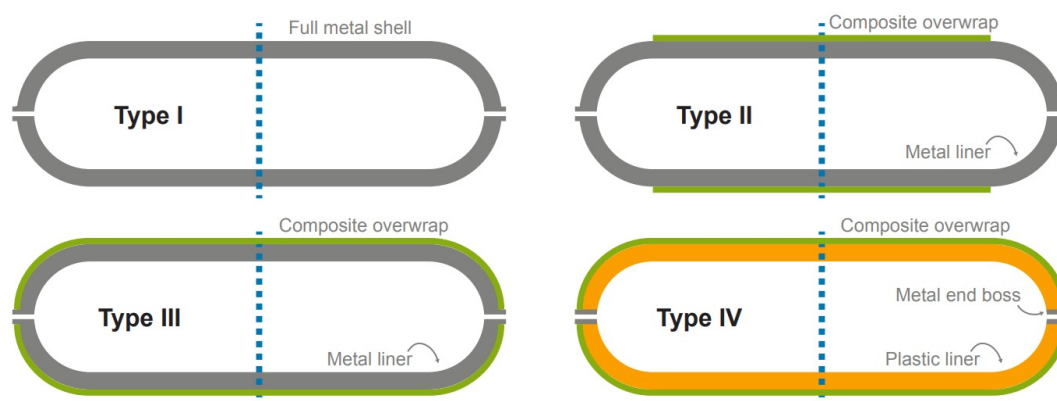
Los electrolizadores alcalinos (ALK) utilizan celdas que incluyen dos electrodos recubiertos de níquel, un separador microporoso y un electrolito compuesto por una solución acuosa de hidróxido de potasio (KOH) en concentraciones típicas del 25–30 %, aunque ocasionalmente puede usarse hidróxido de sodio (NaOH). El electrolito alcalino no se consume durante el funcionamiento regular; únicamente se agrega al inicio del proceso o durante tareas de mantenimiento, en caso de necesitar una purga para garantizar su calidad. La solución del hidróxido de potasio se realiza generalmente recirculando agua a través de una cesta de disolución hacia el tanque del electrolito, aunque también puede suministrarse directamente en su forma líquida a través de camiones cisterna. Este tanque cumple una doble función: albergar la solución durante el funcionamiento y almacenar el electrolito durante el vaciado de los electrolizadores para mantenimiento.

En el caso de los electrolizadores PEM, el cátodo utiliza como electrolito una membrana polimérica sólida, generalmente compuesta por ácidos sulfónicos perfluorados. Esta membrana cumple una doble función: actúa como separador entre los electrodos y como medio conductor de iones. Los polímeros empleados son conductores de cationes, pero impermeables a electrones y gases, garantizando la eficiencia del proceso. Los electrodos utilizados suelen estar fabricados de carbono o grafito, y están recubiertos con catalizadores de alta eficiencia, como platino combinado con metales preciosos como iridio, rutenio o rodio, lo que optimiza las reacciones electroquímicas en el sistema.

En el lado positivo de la celda se produce oxígeno, mientras que en el lado negativo se genera hidrógeno. Un diafragma separa ambas zonas para evitar la mezcla de gases. Una vez producido, el hidrógeno es purificado hasta alcanzar niveles de pureza de entre el 99,99 % y el 99,999 %, dependiendo de su aplicación. Posteriormente, se comprime (o se licúa) y se almacena en función del uso previsto.

El almacenamiento de hidrógeno en forma de gas presurizado es el método más común utilizado en la actualidad. La compresión del hidrógeno es intensiva en energía: para comprimir 1 kg de hidrógeno desde la presión atmosférica hasta 200 y 700 bar con un compresor multietapa se requieren 10 y 17 MJ, respectivamente. A modo de comparación, el metano puede comprimirse con un consumo energético hasta siete veces menor (Aguado Molina et. al., 2021). Los tanques de almacenamiento de hidrógeno tienen una estructura cilíndrica con extremos esféricos, realizados con materiales de alta resistencia para garantizar su durabilidad. En la Figura 4 se presentan cuatro tipos de tanques de almacenamiento.

Se pueden identificar cuatro tipos de tanques de almacenamiento de hidrógeno, según la aplicación y la presión (ver Figura 3). Los Tipo I son metálicos, generalmente de acero, diseñados para aplicaciones industriales estacionarias y operan a 200 bar, con una densidad de almacenamiento de 14.5 kg/m³. Los Tipo II cuentan con un revestimiento metálico reforzado con fibra compuesta, soportan presiones de 200 a 350 bar y permiten densidades entre 14.5 y 23.3 kg/m³. Los Tipo III, diseñados para aplicaciones móviles, poseen un forro metálico recubierto en fibra compuesta, operan entre 350 y 700 bar y almacenan hidrógeno con densidades de hasta 39.4 kg/m³. Finalmente, los Tipo IV, fabricados con un forro polimérico reforzado con fibra compuesta, están diseñados para presiones de 700 a 1,000 bar, ofreciendo mayor resistencia a la fatiga y permitiendo densidades de almacenamiento de hasta 49 kg/m³ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH., 2024).

Figura 3 Tanques de almacenamiento de hidrógeno

Fuente: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2024).

La licuefacción del hidrógeno reduce su volumen mucho más que la compresión. Licuar un kg de hidrógeno requiere más de 30 MJ, equivalente a un 30–40% de su poder calorífico inferior, lo que implica un alto consumo energético. El hidrógeno líquido se almacena en depósitos aislados al vacío (tipo Dewar) o en tanques de doble capa con un fluido criogénico intermedio (nitrógeno líquido). Se debe minimizar la transferencia de calor entre el hidrógeno líquido y el entorno circundante, por lo que en general los depósitos son esféricos.

Plantas de generación de derivados

Los derivados del hidrógeno provienen de la combinación del hidrógeno con carbono o nitrógeno. En esta guía, se consideran la producción de amoníaco utilizando el proceso de Haber-Bosch, la producción de metanol a partir de hidrógeno y dióxido de carbono, y la producción de combustibles sintéticos a través de Fischer-Tropsch (incluyendo el subproceso de captura de carbono).

Planta de amoníaco

El amoníaco es el segundo químico más producido a nivel mundial, solo superado por el ácido sulfúrico, con una producción global de aproximadamente 170 millones de toneladas métricas en 2018. Las plantas modernas de amoníaco son de gran escala, con producciones que superan las 500 toneladas diarias. La producción de amoníaco mediante el proceso Haber-Bosch es crucial para la industria química, especialmente en la fabricación de fertilizantes, donde se consume el 55% del hidrógeno que se genera en la actualidad (Signoria y Barlettani, 2023). En la Figura 6 puede observarse una imagen referencial de una instalación de producción de amoníaco.

Los pasos principales pueden resumirse de la siguiente manera:

- Obtención y almacenamiento de nitrógeno mediante un sistema de separación criogénica del aire;
- Producción de amoníaco mediante el proceso de Haber-Bosch;
- Refrigeración y almacenamiento de amoníaco refrigerado; y
- Sistema de despacho (por tuberías o transporte en camiones cisterna, vagones cisterna o barco).

El nitrógeno se obtiene por un proceso que lo separa de otros gases del aire reconociéndose en la actualidad tres tecnologías principales: la destilación criogénica, la separación por membrana y la adsorción por cambio de presión (PSA). Estas tecnologías presentan variaciones en cuanto a capacidades de producción y niveles de pureza de los productos obtenidos. Sin embargo, todas han alcanzado un nivel de madurez tanto industrial como comercial, lo que ha reducido significativamente las diferencias en costos. Entre ellas, la destilación criogénica domina el mercado global, representando cerca del 90% de los procesos de separación de aire, ya que es la única opción comercialmente viable para la producción a gran escala (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, 2024). Los gases residuales contienen principalmente nitrógeno, oxígeno y argón.

El nitrógeno extraído se almacena, en general, en estado líquido. Luego se adecua y utiliza para generar el gas de alimentación, que es una mezcla de hidrógeno y nitrógeno. Este gas se transforma en amoníaco en el reactor de conversión, donde ocurre la reacción catalítica según el proceso Haber-Bosch. En la Figura 4 se presenta un diagrama simplificado del proceso de Haber-Bosch.

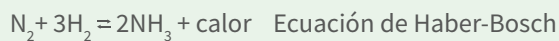
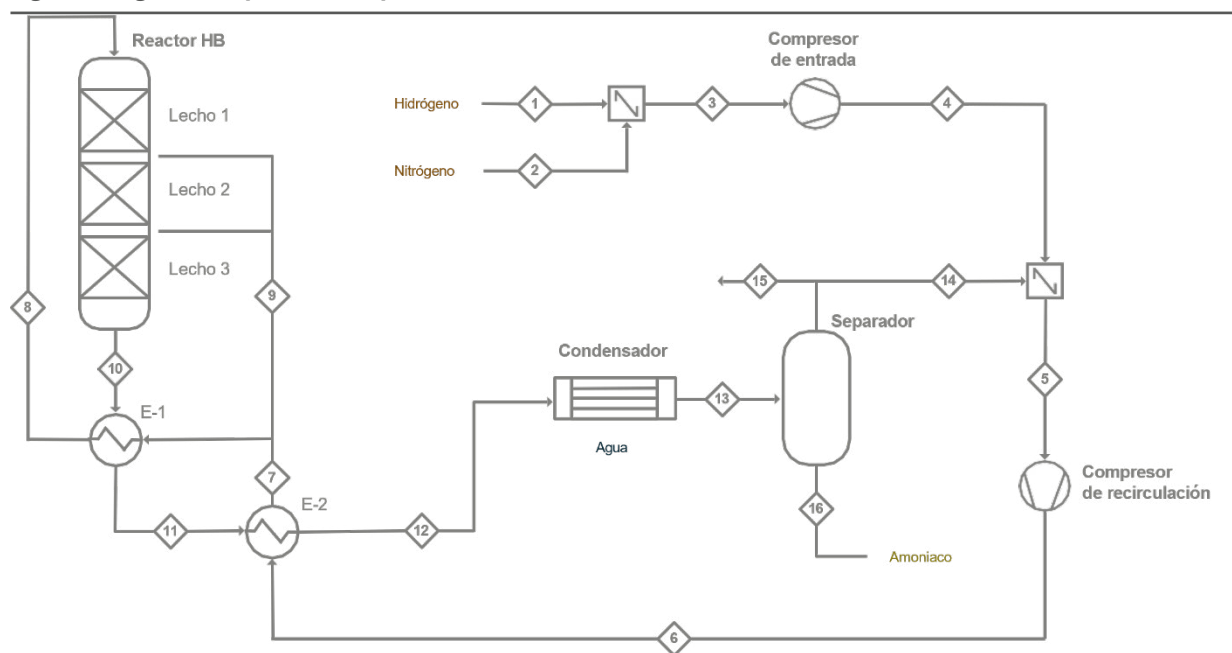


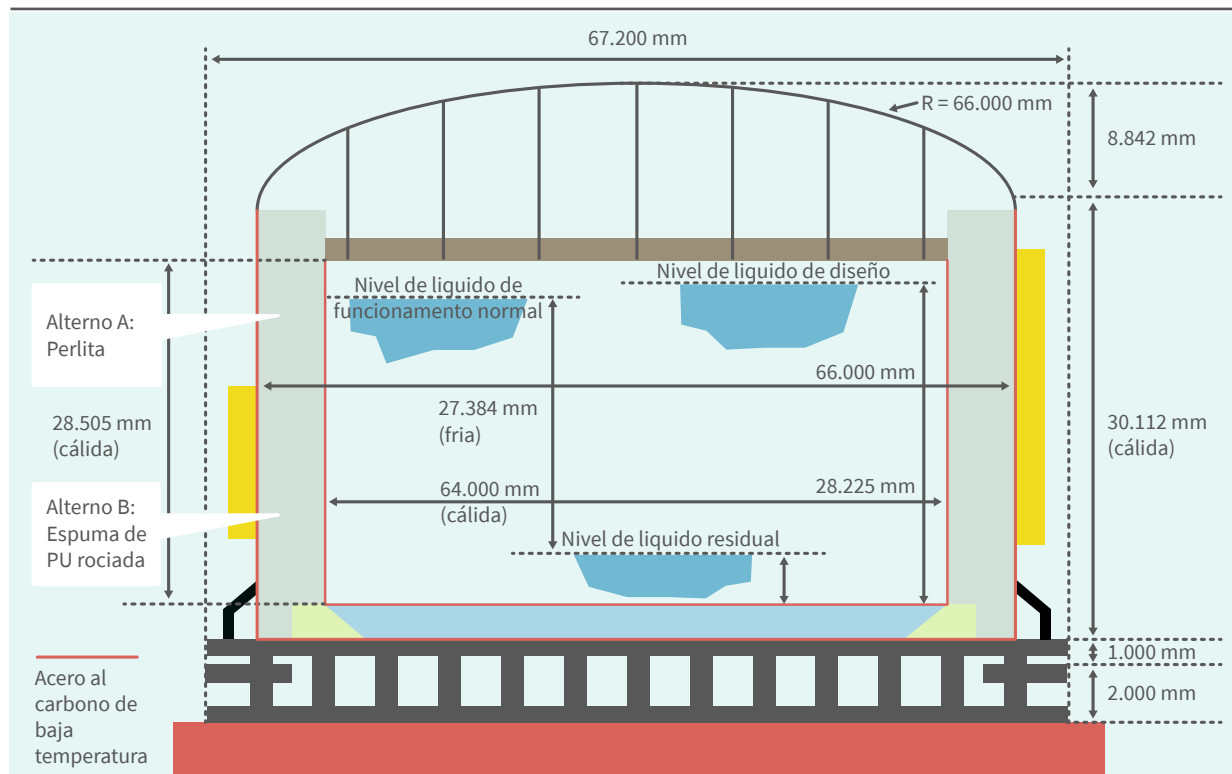
Figura 4 Diagrama simplificado del proceso de Haber-Bosch



Fuente: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2024)

La reducción del nitrógeno es una reacción exotérmica. Las temperaturas típicas oscilan entre 400°C y 500°C, las presiones pueden variar entre 50 y 200 bares, y se utilizan catalizadores en base a hierro. El amoníaco producido se extrae continuamente para desplazar el equilibrio de la reacción hacia la formación de más producto. El amoníaco es conducido y acondicionado a tanques de almacenamiento los que pueden ser del tipo «full containment» (doble pared o muro), como en el caso de estudio HNH de Chile (ver Figura 5).

Figura 5 Tanque de almacenamiento de amoniaco

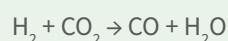


Fuente: Elaboración propia

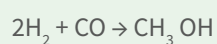
Planta de metanol

Actualmente, aproximadamente el 65% del metanol se obtiene mediante la reforma de gas natural (metanol gris), mientras que el 35% restante proviene principalmente de la gasificación de carbón (metanol marrón). Solo un 0.2% del metanol producido globalmente tiene como origen fuentes renovables (metanol verde).

El e-metanol, clasificado como un electrocombustible (e-fuel), es un producto líquido que se puede obtener a partir de CO_2 e hidrógeno verde mediante dos métodos diferentes. En el primer enfoque, la síntesis de metanol sigue un proceso en dos etapas. Primero, el CO_2 y el H_2 se someten a una reacción inversa de desplazamiento del gas de agua (reverse water-gas shift, RWGS), representada por la ecuación A. El objetivo de esta etapa es convertir el CO_2 en CO , que, tras la separación del agua, se mezcla con H_2 (gas de síntesis) para producir metanol, según la ecuación B. Este método, aunque logra una mayor conversión de CO_2 a metanol, conlleva costos adicionales y puede ser menos eficiente desde el punto de vista energético (Palys y Prodromos, 2022).

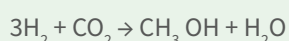


Ecuación A



Ecuación B

Una segunda alternativa, actualmente demostrada en proyectos piloto, consiste en un proceso catalítico de un solo paso, conocido como hidrogenación directa de CO₂. En este proceso el CO₂ y el H₂ reaccionan directamente para producir metanol y agua, como se muestra en la ecuación C. A pesar de ofrecer una menor tasa de conversión en comparación con la ruta a través del gas de síntesis, la naturaleza menos exotérmica de la hidrogenación de CO₂ permite potencialmente diseños de reactores y procesos más simples desde la perspectiva de la transferencia e integración de calor. Esto resulta prometedor tanto en términos de rendimiento energético como de costos de capital (Palys y Prodromos, 2022).



Ecuación C

En el caso de estudio del proyecto «Haru Oni», el catalizador de la reacción es el Katalco 51-8. Ese catalizador contiene óxido de cobre, de zinc, de aluminio y de magnesio, además de grafito, (Johnson, 2019). Estas definiciones son importantes a la hora de identificar los insumos y su peligrosidad, así como los residuos efluentes y emisiones.

El metanol crudo producido en el proyecto Haru Oni contiene aproximadamente 37% de agua. Ese alcohol crudo se somete a un proceso de destilación a fin de obtener metanol con un contenido de agua entre el 4% y 6%. El CO que se genera, se vende (Pares y Alvarez, 2020).

El metanol se almacena en grandes áreas con tanques exteriores con techos flotantes y tanques pequeños con deflectores internos. Los materiales de almacenamiento, como barriles y cajas, deben contar con bermas (estructuras de contención) estabilizadas por compactación, tela resistente al metanol u hormigón. Materiales como asfalto y aceite de carreteras no son adecuados para bermas debido a las propiedades disolventes del metanol. Las consideraciones que se toman para hidrocarburos de petróleo suelen ser similares o suficientes para el almacenamiento de metanol (Methanol Institute, 2013).

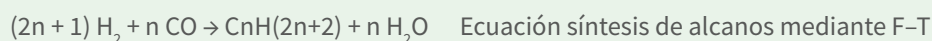
Planta de combustibles sintéticos

La síntesis Fischer-Tropsch (FT) es un proceso maduro, desarrollado en la década de 1920 y aplicado a gran escala. Se trata de una reacción química en la que el monóxido de carbono (CO) y el hidrógeno molecular (lo que se conoce como gas de síntesis) reaccionan para formar una mezcla de hidrocarburos y productos oxigenados, como alcoholes y ácidos carboxílicos, que puede utilizarse como combustible o reemplazar productos de la industria petroquímica. Como se mencionó previamente, para sintetizar CO a partir de CO₂ se puede aplicar la reacción inversa de desplazamiento de gas de agua. El hidrógeno y el dióxido de carbono reaccionan para formar monóxido de carbono y agua. Como la reacción es exotérmica, el calor de la reacción puede utilizarse para otros procesos.



Ecuación reacción inversa de desplazamiento de gas de agua

Una vez convertido el CO₂ en CO, se puede utilizar en la reacción FT estándar junto con el hidrógeno para producir hidrocarburos líquidos.



Ecuación síntesis de alcanos mediante F-T

La reacción básica involucra la combinación de CO e hidrógeno, que en presencia de un catalizador produce principalmente hidrocarburos saturados y agua. Dependiendo de las condiciones de proceso y del catalizador utilizado, se genera una mezcla de productos que van desde gas metano hasta hidrocarburos líquidos de cadenas largas en distintas proporciones, así como también tiene lugar la formación de alquenos y heteroalifáticos, como ácidos carboxílicos. En la Tabla 6, se presenta una comparación de crudo de petróleo, con mezclas producto de la reacción de FT en diferentes condiciones.

Tabla 6 Comparativa de composición de crudos de FT y de petróleo

Clase de compuestos	Crudo de petróleo	Sincruído HTFT	Sincruído LTFT
Parafinas lineales	Producto principal	> 20%	> 60%
Naftenos	Producto principal	< 1%	< 1%
Olefinas	Ninguno	> 60%	> 20%
Aromáticos	Producto principal	5–10%	Ninguno
Oxigenados	< 1% O (compuestos pesados)	5–15%	5–15%
Compuestos de azufre	0.1 – 5% S	Ninguno	Ninguno
Compuestos de nitrógeno	< 1% N	Ninguno	Ninguno
Compuestos con metales	Porfirinas	Carboxilatos	Carboxilatos
Agua	0 – 2%	Subproducto principal	Subproducto principal

Fuente: Synfuels Americas. (2021).

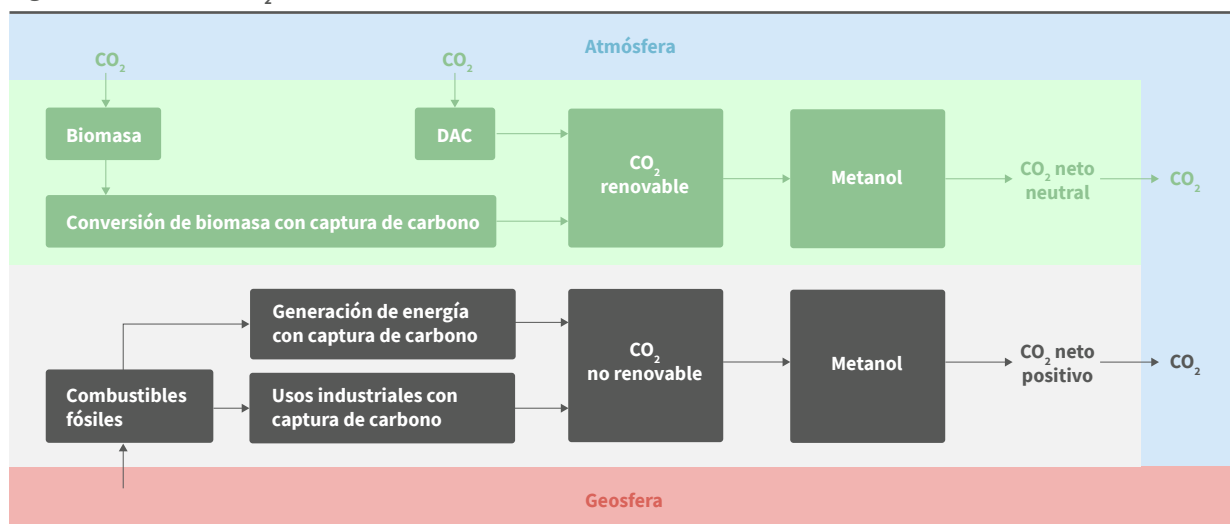
HTFT (High-Temperature Fischer-Tropsch) se refiere a la síntesis Fischer-Tropsch operada a altas temperaturas, generalmente en un rango de 300–350 °C, suele utilizar catalizadores de hierro y genera productos más ligeros (olefinas, gasolinas). LTFT (Low-Temperature Fischer-Tropsch) se refiere a la síntesis Fischer-Tropsch operada a bajas temperaturas, generalmente entre 200 y 240 °C. suele utilizar catalizadores de cobalto y genera productos más pesados (diésel, ceras) (Synfuels Americas, 2021).

La peligrosidad de la mezcla resultante depende de la composición final. Sin embargo, se pueden resaltar algunas diferencias entre las mezclas generadas mediante FT del crudo de petróleo, respecto de la ausencia de azufre y nitrógeno (por ende, de sus óxidos luego de la combustión) y una baja o nula presencia de BTEX (Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xileno), entre otros. Aunque presentan una menor toxicidad y emisiones de compuestos peligrosos en comparación con los combustibles tradicionales, es fundamental seguir las prácticas estándar de seguridad en su almacenamiento y manipulación para prevenir riesgos asociados a inflamabilidad y derrames. Los combustibles sintéticos obtenidos mediante el proceso FT pueden almacenarse de manera similar a los combustibles fósiles convencionales, lo cual permite un aprovechamiento de la infraestructura existente.

Provisión de carbono

El CO₂ utilizado como insumo para la producción de e-metanol y e-combustibles puede clasificarse en dos grandes categorías según su origen (ver Figura 6). Por un lado, el CO₂ de fuentes industriales proviene de diversas actividades como plantas de energía, fábricas de acero y cementeras. En estos casos, el CO₂ es un subproducto generado principalmente por la quema de combustibles fósiles o como subproducto de una reacción química. Aunque su reciclaje en el proceso permite reutilizarlo, sigue siendo un CO₂ (en la mayoría de los casos de origen fósil), no renovable, y el balance general del proceso resulta en emisiones netas de CO₂ positivas. Por otro lado, el CO₂ puede ser obtenido de la atmósfera mediante tecnologías de captura directa del aire (DAC) o a través de fuentes biogénicas como la biomasa. (IRENA y Methanol Institute, 2021). En un escenario global con criterios de sustentabilidad cada vez más ambiciosos, a largo plazo, la producción de PtX renovable tendrá que garantizar que el CO₂ procede de fuentes realmente sustentables y renovables: el CO₂ tendrá que obtenerse de fuentes con un ciclo de carbono corto o cerrado: DAC, o fuentes biogénicas siempre que se cumpla con criterios de sustentabilidad.

Figura 6 Provisión de CO₂



Fuente: Elaboración propia

El uso de técnicas de separación en un contexto industrial varía en función de numerosos factores. Sin embargo, la tecnología dominante para la separación de emisiones de CO₂ es la captura por post-combustión de CO₂ mediante la absorción química por aminas (Vukasovic y Messina, 2023). Hay otras tipologías como la adsorción, que utiliza materiales sólidos como el carbón activado o las zeolitas para atrapar el CO₂ en las superficies (ya sean por Cambio de Presión o por Cambio de Presión de Vacío); la separación criogénica basada en la congelación y licuefacción del CO₂ para separarlo de otros gases; la separación por membranas semipermeables que permiten el paso del CO₂ bloqueando otros gases; y desarrollos emergentes que incluyen el uso de microalgas y enzimas en etapas tempranas de su desarrollo, que tienen el potencial de mejorar la eficiencia de captura de CO₂ a través de membranas biológicas (Alagu et al, 2024). Ya que la absorción química con disolventes es la tecnología que hoy en día se considera como la más madura, es en la que nos centraremos en el documento.

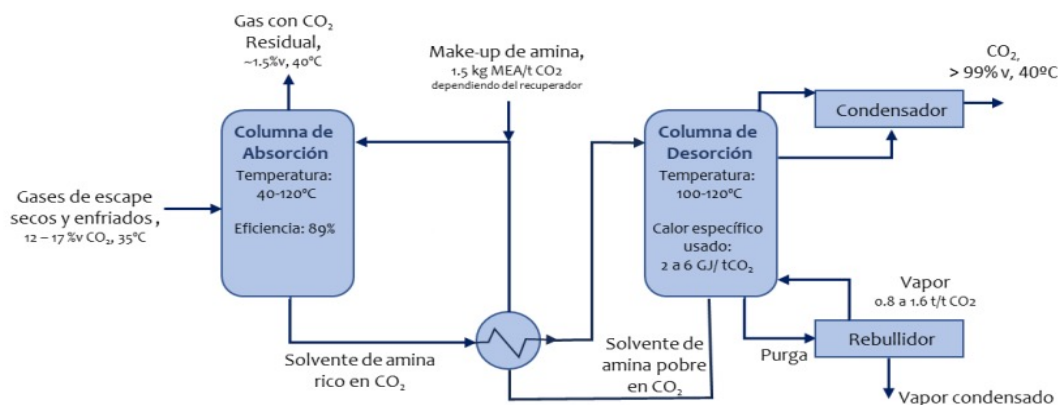
El proceso de captura de CO₂ mediante aminas, descrito en la Figura 7, se basa en un sistema de absorción química post-combustión, ampliamente utilizado en industrias como plantas de energía, producción de cemento, acero y amoníaco. Este método consiste en extraer el CO₂ de los gases de combustión, que suelen contener entre un 3% y un 20% de dióxido de carbono, utilizando una solución líquida de aminas, generalmente

monoetanolamina (MEA) o metildietanolamina (MDEA) (Vukasovic y Messina, 2023). A continuación, se detalla el proceso en tres etapas principales:

1. **Absorción química:** En esta etapa inicial, los gases de combustión son dirigidos a una columna de absorción, donde el CO_2 reacciona químicamente con las aminas formando un compuesto estable. Este proceso es selectivo, permitiendo la captura del CO_2 mientras otros gases, como el nitrógeno, son liberados a la atmósfera. Esta característica selectiva asegura una alta eficiencia (Vukasovic y Messina, 2023; Alagu et al., 2024).
2. **Regeneración de aminas:** La solución rica en CO_2 obtenida durante la absorción se transfiere a una columna de desorción o regeneración. Aquí, mediante la aplicación de calor, generalmente suministrado por un reboiler, las aminas liberan el CO_2 y son regeneradas para reutilizarse en un nuevo ciclo. El CO_2 liberado se recolecta en estado gaseoso (Vukasovic y Messina, 2023; Alagu et al., 2024).
3. **Procesamiento posterior del CO_2 :** Una vez recuperado, el CO_2 puede someterse a procesos adicionales como compresión, licuefacción o transporte.

Aunque la captura por aminas es una tecnología madura y ampliamente adoptada, enfrenta desafíos relacionados con su alto consumo energético y la gestión de los subproductos generados por la degradación de las aminas. Es importante destacar que el proceso de regeneración de aminas es energéticamente intensivo, representando cerca del 60% del consumo total del sistema. El evaporador, uno de los componentes principales, es crítico tanto por su costo como por su influencia en la eficiencia global del proceso (Vukasovic y Messina, 2023; Alagu et al., 2024).

Figura 7 Representación de un sistema de absorción por aminas



Fuente: Vukasovic y Messina, 2023

Provisión de agua desionizada

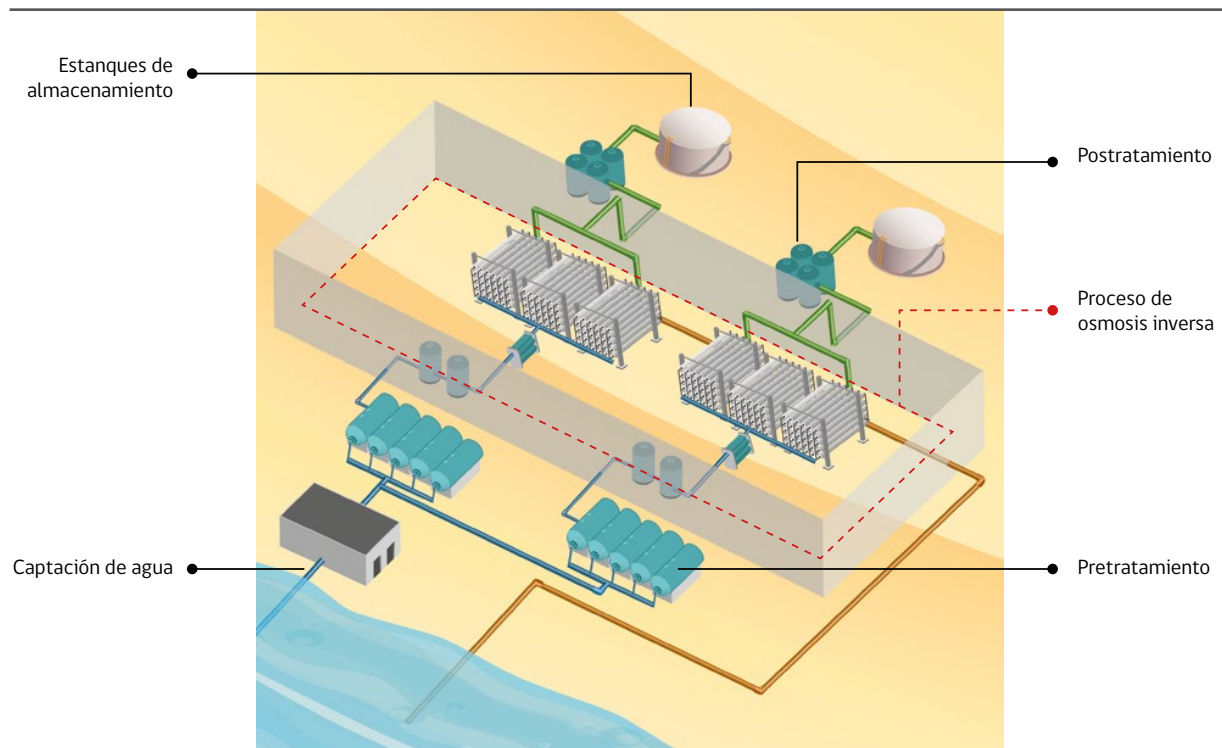
La producción de hidrógeno por electrólisis requiere el uso de agua con un alto grado de pureza y calidad del agua, lo que significa baja conductividad y un mínimo de carbono orgánico. El grado de pureza del agua se alcanza a partir de la extracción de sus sales disueltas, con una conductividad en rangos de 1 a 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mejorar la pureza del agua puede reducir su resistencia eléctrica, lo que a su vez aumenta la eficiencia energética. A su vez, las impurezas presentes en el agua pueden actuar como contaminantes y afectar negativamente el funcionamiento de la celda de electrólisis, causando problemas como la corrosión de los componentes y niveles más altos de degradación, lo que afecta la vida útil de la planta (IRENA y BlueRisk, 2023). El uso directo de agua de mar en la electrólisis provoca daños corrosivos y la producción de cloro (IEA, 2019).

El recurso hídrico a utilizar como materia prima del proceso puede provenir de diferentes fuentes: agua de mar, agua subterránea o agua superficial. La producción de hidrógeno puede incluir prácticas de reutilización de agua, que ayudan a reducir la extracción de agua, por ejemplo, la utilización del reciclado de agua para los procesos de enfriamiento. Sin embargo, aunque el reciclaje y la reutilización reducen la extracción de agua, no disminuyen su consumo por lo que, con las tecnologías actuales, el consumo de agua solo aumentará a medida que aumente la producción. Por otro lado, también pueden utilizarse aguas servidas u otros efluentes que con un tratamiento adecuado puedan introducirse en el proceso. En esta guía no se incluyen consideraciones para este tipo de aguas o efluentes.

Existen diversos métodos para disminuir los niveles de salinidad en el agua de mar o agua salobre. La ósmosis inversa es la técnica más común para la desalinización y se utiliza en el 65% de los casos. Otras técnicas, en orden de uso, incluyen: la destilación flash en múltiples etapas (21% de los casos), la destilación de efectos múltiples (7%), la electrodiálisis (3%); y el 4% restante se cubre con otras técnicas. El proceso de ósmosis inversa utiliza membranas semipermeables para separar sales del agua salina, la cual es presurizada a través de la membrana permitiendo el paso de moléculas de agua y reteniendo las sales y otras impurezas. La destilación multietapa utiliza el principio de evaporación instantánea de agua calentada en múltiples etapas de presión reducida. Por su parte, la destilación multiefecto, constituye un proceso similar a la destilación multietapa, pero más eficiente energéticamente ya que utiliza múltiples etapas de evaporación y condensación a temperaturas y presiones decrecientes. Por último, la electrodiálisis utiliza campos eléctricos para mover iones a través de membranas específicas para cationes y aniones.

En la desalinización se separa el fluido en dos partes: agua desalinizada o permeada (de alta calidad, con muy baja concentración de sales y contaminantes) y agua residual o de rechazo, conocida como salmuera, que presenta una concentración mayor de sales que el recurso hídrico de origen que ingresa al proceso y representa el principal elemento de preocupación en términos de sus posibles riesgos e impactos ambientales (Signoria y Barlettani, 2023).

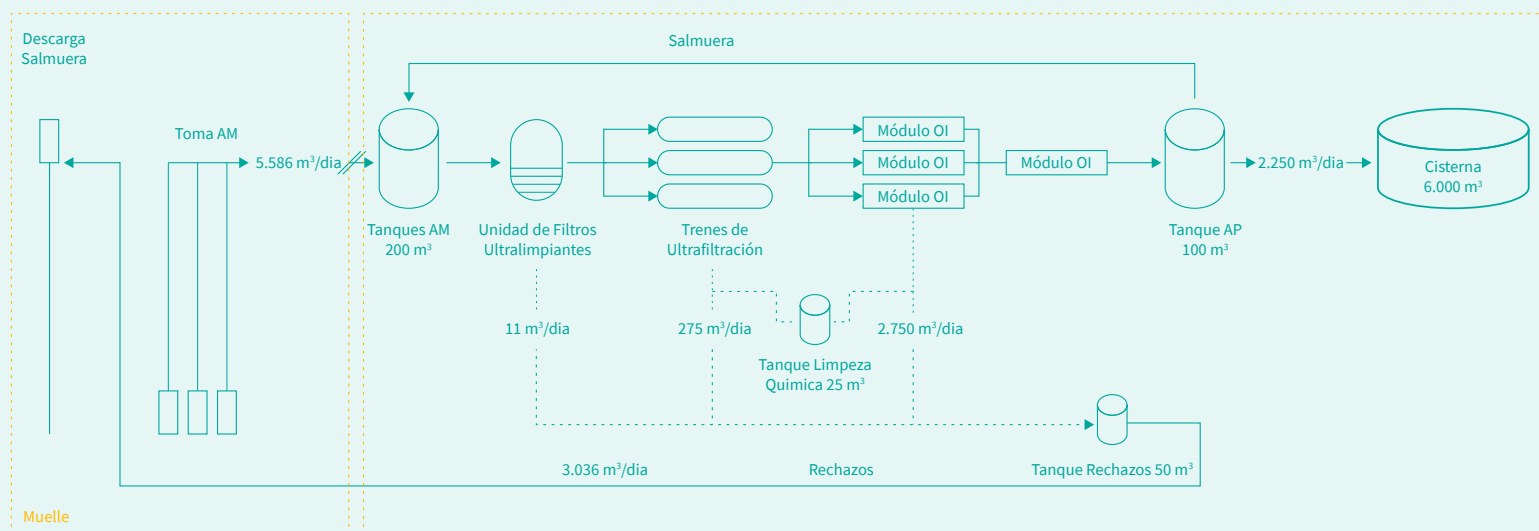
Figura 8 Esquema de un sistema de provisión de agua desionizada



Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2023).

Las instalaciones destinadas al proceso de desalinización de agua de mar incluyen el sistema de captación de agua, un pretratamiento, la planta de ósmosis inversa, un tratamiento a posteriori y el sistema de almacenamiento, distribución y descarga. El pretratamiento del agua busca eliminar partículas, microorganismos y otros contaminantes antes de la desalación, y el postratamiento se aplica mediante técnicas de desmineralización para alcanzar la pureza requerida. En la Figura 8 se presenta el sistema completo considerando un emisario submarino, si bien la disposición del efluente residual de la ósmosis inversa (OI), o salmuera, puede tener otro sistema de descarga, tratamiento e inclusive ser reutilizado. La Figura 9 muestra el proceso de una planta desaladora en Argentina.

Figura 9 Proceso en una planta desaladora



Fuente: Elaboración propia

La captación de agua de mar se realiza como captación abierta o toma superficial (cuando se extrae el agua directamente desde el mar), o como captación cerrada o toma subsuperficial (cuando se obtiene el agua a través de sistemas compuestos por pozos costeros con galerías de infiltración o pozos con drenes o conductos de filtración) (Servicio de Evaluación Ambiental, 2023). En el sistema de captaciones abiertas o tomas superficiales el agua de mar es extraída mediante un ducto que puede construirse elevado o sumergido en el mar.

Las captaciones de agua de mar de tipo abiertas o de superficie se dividen en tres alternativas principales. La primera opción, las captaciones abiertas sumergidas, consiste en un sistema donde el ducto de captación se encuentra enterrado o anclado al fondo marino. En este caso, el agua es conducida hacia una torre, cajón o cámara de captación equipada con rejillas, mallas o pantallas ranuradas. Estas estructuras permiten filtrar el agua, que luego es transportada hacia una sentina o directamente al proceso de pretratamiento mediante un sistema de bombas que asegura su traslado a la siguiente etapa del tratamiento. La segunda opción son las captaciones abiertas elevadas que utilizan un diseño que posiciona el ducto de captación sobre una estructura tipo muelle. Este sistema permite que el agua se capte a mayor profundidad, evitando los primeros metros de la columna de agua, donde la actividad biológica y la turbulencia suelen ser más intensas. Este enfoque mejora la calidad del agua captada y reduce el ingreso de materiales no deseados. Finalmente, las captaciones abiertas directas emplean un depósito de hormigón armado, ya sea circular o cuadrado, ubicado por debajo de la cota del agua de mar. Este sistema es común en costas arenosas con poco desnivel o en costas rocosas. El depósito

se conecta al mar a través de un túnel horizontal, natural o excavado, que conduce el agua hacia una sentina equipada con bombas de impulsión. En la entrada al depósito, se coloca una rejilla diseñada para evitar la entrada de organismos marinos, residuos y sólidos (Servicio de Evaluación Ambiental, 2023).

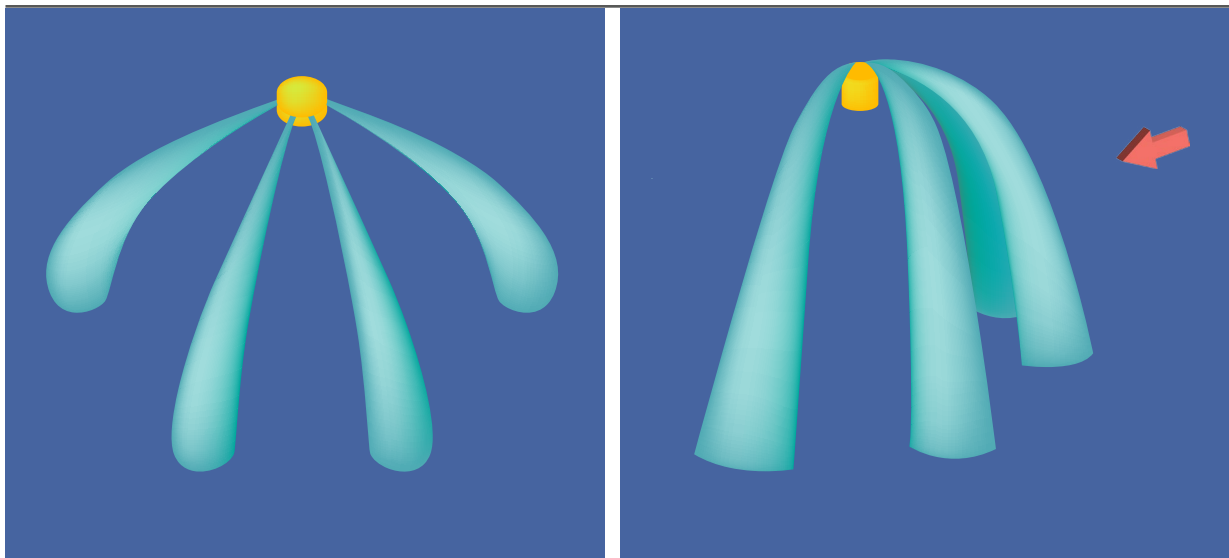
El pretratamiento del agua de mar puede incluir diversos procesos, tales como filtrado mediante pantallas o rejas, ajuste del pH (de básico a ácido utilizando gas carbónico), desarenado, coagulación y floculación, desinfección, decoloración, así como microfiltración o ultrafiltración, entre otros (Servicio de Evaluación Ambiental, 2023).

La ósmosis inversa separa sales disueltas y partículas de tamaño entre $0,0001$ y $0,001 \mu\text{m}$ mediante membranas semipermeables. Para ello, se aplica una presión superior a la presión osmótica al agua de mar o salobre, lo que permite que el agua atraviese la membrana mientras las sales quedan retenidas. Las membranas están empaquetadas en filtros formados por láminas enrolladas en espiral, que incluyen canales de entrada y salida. El agua desalinizada fluye por el canal de permeado, mientras que el concentrado hipersalino, conocido como salmuera, es expulsado por el canal de desecho. Este concentrado contiene las sales rechazadas durante el proceso (Servicio de Evaluación Ambiental, 2023).

El sistema de descarga se compone de una cámara de carga desde la cual el efluente es impulsado hacia el emisario submarino. Las descargas pueden ser continuas o discontinuas (Servicio de Evaluación Ambiental, 2023). El vertido mediante chorro sumergido es considerado el sistema más eficiente para lograr una dilución óptima. Este método resulta especialmente efectivo cuando se diseña un tramo difusor con chorros sumergidos inclinados y suficientemente separados entre sí, lo que evita la interacción entre los chorros durante su trayectoria hacia el fondo, maximizando así la mezcla y minimizando los impactos ambientales (Instituto de Hidráulica Ambiental & Centro de Estudios de Puertos y Costas, 2010).

En la Figura 10 se puede observar una vista animada de chorros de descarga de un emisor submarino para un difusor del tipo roseta compuesto por cuatro portas de descarga horizontal, y en la Figura 11 se observa un emisario submarino con difusores (Servicio de Evaluación Ambiental, 2023).

Figura 10 Vista animada de chorros de descarga para un difusor del tipo roseta



Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Emisario submarino con difusores

Fuente: Elaboración propia

El postratamiento o tratamiento de agua dulce con una planta desmineralizadora, de tratamiento de agua o purificadora de agua para electrólisis, consiste en instalaciones en donde se trata el agua desalinizada o dulce transformándola en agua ultrapura para el proceso de electrólisis. Los procesos y tecnologías utilizados para la desmineralización incluyen: i) la ósmosis inversa, que elimina sales y otros contaminantes y también se utiliza aquí como un paso de purificación inicial, seguido por otros métodos para alcanzar niveles de pureza extremadamente altos; ii) la electrodiálisis, que utiliza membranas selectivas y corriente eléctrica para separar iones, eliminando sales y otros contaminantes; iii) la desionización por intercambio iónico que implica el uso de resinas que intercambian iones contaminantes por iones de hidrógeno e hidróxido; iv) la electrodeionización (EDI), que combina el intercambio iónico y la electrodiálisis, utilizando corriente eléctrica para mover iones a través de membranas selectivas, logrando así una desmineralización continua sin necesidad de productos químicos regeneradores; y v) la destilación que implica evaporar el agua y luego condensarla, eliminando así impurezas.

2.4 Metodología

En este apartado se presentará una breve reseña de las metodologías más empleadas en Argentina para la evaluación de impactos ambientales y sociales. Esta sección tiene por objeto proveer un marco conceptual, considerando que los lectores pueden no estar familiarizados con los términos y enfoques técnicos asociados a estas metodologías.

Análisis de alternativas

El análisis de alternativas permite evaluar distintas opciones para el diseño, localización, temporalidad y tecnología de los proyectos, considerando criterios técnicos, ambientales y sociales, como se presentó en el apartado «descripción del proyecto». Este análisis es clave para optimizar los beneficios y evitar impactos negativos desde la planificación. Evitar impactos negativos es la primera categoría de la jerarquía de mitigación de impactos ambientales y sociales.

La metodología que se identifica como más utilizada en el contexto de la elaboración de EsIA es el Análisis Multicriterio (AMC). Este análisis evalúa alternativas en función de diversos criterios, combinando variables cualitativas y cuantitativas. Esto resulta particularmente útil en proyectos de hidrógeno verde, donde se deben equilibrar factores como uso de recursos, emisiones, aceptación social y viabilidad técnica. El Banco Mundial recomienda el AMC como método para integrar intereses múltiples y complejos en decisiones relacionadas con el desarrollo de infraestructura sostenible.

Identificación, valoración y evaluación de impactos ambientales y sociales

En Argentina, la metodología de Conesa Fernández-Vítora es ampliamente utilizada y reconocida para la evaluación de impactos ambientales. Esta se fundamenta en la valoración de 11 atributos específicos que determinan la importancia de un impacto ambiental. La metodología emplea una fórmula polinómica que integra estos atributos, asignando un peso a cada uno según su relevancia en el proyecto específico. Los valores resultantes oscilan entre 13 y 100, clasificando los impactos como compatibles o reducidos (menos de 25), moderados (entre 25 y 50), severos (entre 50 y 75), y críticos (mayores a 75) (Conesa Fernández Vítora, 2010).

Fórmula importancia de un impacto (I)

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

- Signo o naturaleza del impacto ($\pm$): se refiere al carácter positivo o negativo de las acciones que se ejecutarán sobre los factores considerados.
- Intensidad (i): representa el grado de incidencia (destrucción o reconstrucción) que una acción genera sobre un factor en un contexto específico. Según su nivel, los impactos pueden clasificarse como de muy alta, alta, media o baja intensidad.
- Extensión (EX): hace referencia a la escala espacial afectada por la acción del proyecto. Los impactos pueden ser puntuales, parciales, extensos o, si afectan de forma generalizada, se consideran impactos totales.
- Momento (MO)(plazo de manifestación): indica el tiempo que transcurre entre la acción y el inicio del efecto. Los impactos pueden ser inmediatos (sin retraso), a corto plazo (menos de un año), a mediano plazo (de 1 a 10 años) o a largo plazo (más de 10 años).
- Reversibilidad (RV): evalúa la posibilidad de que el factor alterado regrese a su estado inicial sin intervención humana. Los impactos pueden ser reversibles a corto (menos de un año), mediano (entre 1 y 10 años) o largo plazo (entre 11 y 15 años). Los impactos irreversibles no retornan a su estado inicial en ese período.
- Recuperabilidad (PE): determina la capacidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado mediante medidas humanas correctoras o restauradoras. Los impactos pueden ser irreversibles, mitigables o recuperables (neutralizables a corto, mediano o largo plazo).
- Sinergia (SI): se refiere al efecto combinado de dos o más acciones que generan un impacto mayor que la suma de sus efectos individuales. Los impactos pueden ser altamente sinérgicos, moderadamente sinérgicos o no sinérgicos. Si las acciones simultáneas disminuyen el impacto, se considera una sinergia negativa.
- Acumulación (AC): indica el aumento progresivo del efecto cuando la acción que lo genera persiste. Los impactos pueden ser simples (no acumulativos) o acumulativos, donde el efecto incrementa porque el medio no puede eliminarlo con la misma rapidez con la que se genera.
- Efecto (EF): describe la relación causa-efecto. Los impactos pueden ser directos (efecto inmediato de una acción) o indirectos (resultado de una cadena de reacciones).

- Periodicidad (PR): se refiere a la regularidad del efecto. Puede ser continuo (acciones constantes) o discontinuo (acciones intermitentes). Los efectos discontinuos significativos reciben la valoración máxima debido a su imprevisibilidad.
- Persistencia o duración (MC): indica cuánto tiempo perdurará el efecto desde su aparición. Los impactos pueden ser efímeros (mínima duración), momentáneos (menos de un año), temporales (1 a 10 años), persistentes (11 a 15 años) o permanentes (duración ilimitada).

Evaluación de impactos acumulativos

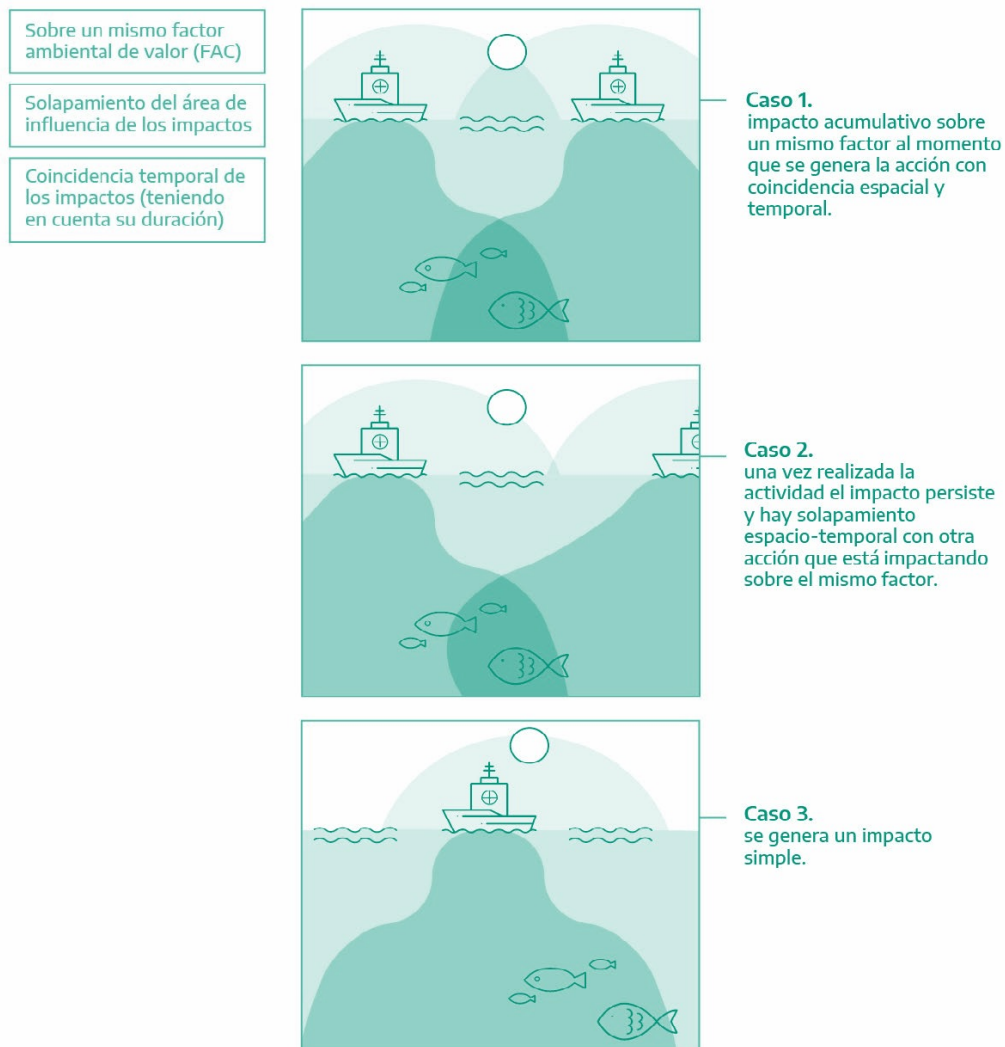
Los impactos acumulativos se generan cuando múltiples actividades dentro de un proyecto, o diferentes proyectos ubicados en una misma área, interactúan produciendo efectos combinados mayores que los que se generarían de forma individual. Este tipo de análisis es particularmente relevante en proyectos de hidrógeno verde, especialmente en aquellos que conforman cadenas integradas, como plantas de electrólisis, instalaciones industriales para la producción de derivados y plantas desalinizadoras. En proyectos definidos en esta guía como integrados, la evaluación de los impactos acumulativos adquiere una importancia aún mayor.

En Argentina, aunque no existe una normativa específica que defina una metodología particular para la evaluación de impactos acumulativos, su consideración está incluida en guías y lineamientos metodológicos emitidos por la autoridad ambiental nacional, según se muestra en la Figura 12, en la cual se presenta la esquematización de un impacto acumulativo para la autoridad ambiental nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023b).

A nivel internacional se cuenta con dos referencias claves sobre la metodología para la evaluación de impactos acumulativos: la guía de la Corporación Financiera Internacional (IFC, 2015), ampliamente reconocida y utilizada a nivel mundial, y la reciente publicación de BID Invest (Páez Zamora et al., 2023), titulada «Guía práctica para la evaluación y gestión de impactos acumulativos en América Latina y el Caribe». Cabe destacar que la definición de impacto acumulativo presentada en la guía de la IFC ha sido ampliamente citada y adoptada en múltiples contextos.

«Los impactos acumulativos son aquellos que resultan de los efectos sucesivos, incrementales y/o combinados de una actividad o de un proyecto cuando se suman a los efectos de otros emprendimientos existentes o planificados» (CFI, 2015, p. 29).

Figura 12 Esquematzación de impactos acumulativos



Fuente: tomado y modificado del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023b.

Un desafío importante en la evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos es la disponibilidad limitada de información sobre otros proyectos en la misma área y la delimitación de las responsabilidades asociadas a esos impactos. Las modelaciones y herramientas como el GIS (Sistemas de Información Geográfica) son particularmente útiles para este tipo de análisis, ya que permiten identificar y comprender mejor los efectos acumulativos.

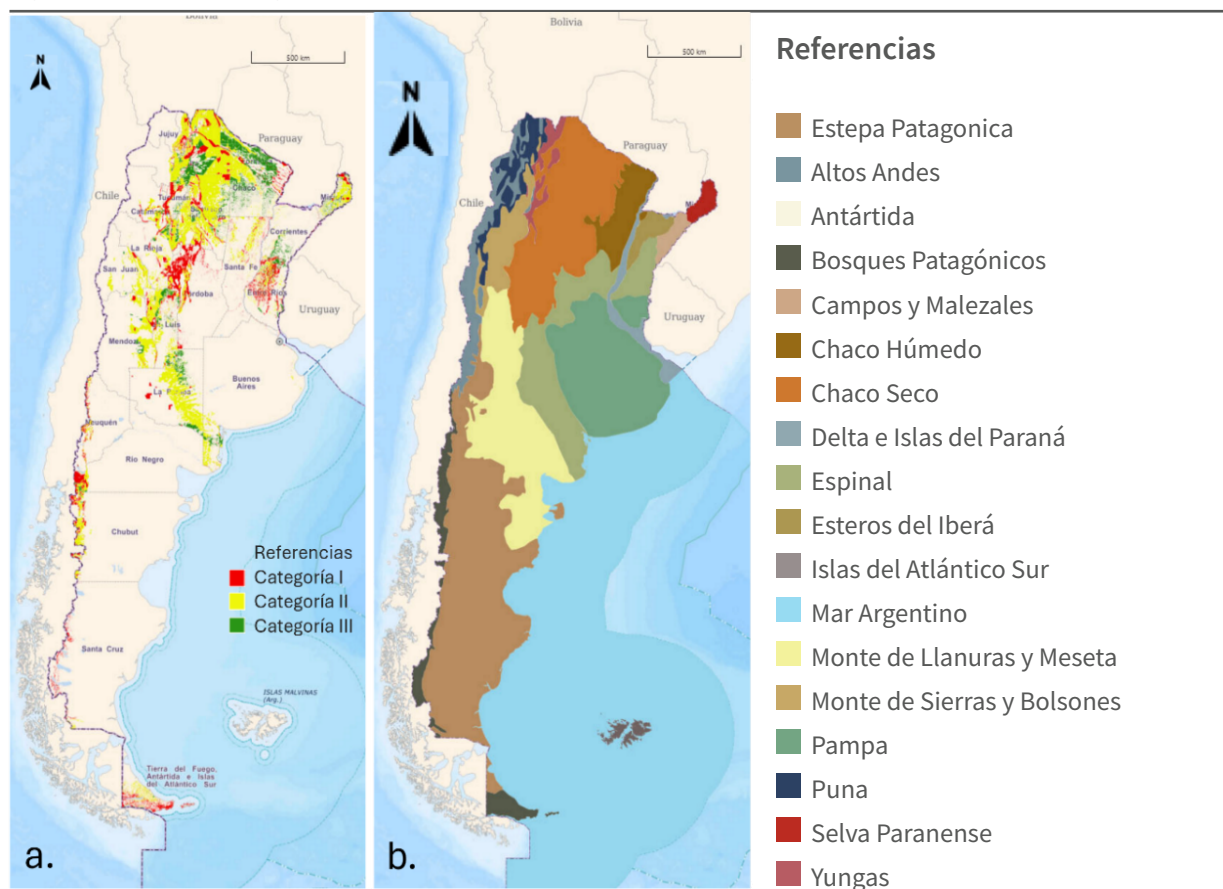
En el contexto de proyectos de producción de hidrógeno, la presión sobre los recursos naturales puede generar impactos acumulativos que trasciendan la escala individual del proyecto si no se consideran los efectos de múltiples iniciativas en conjunto. Esto no solo podría afectar la magnitud de los impactos, sino también condicionar los recursos disponibles tanto para el proyecto como para la comunidad, generando tensiones sociales, restricciones en el acceso a recursos y otros resultados adversos que podrían dificultar el avance del proyecto. Por ello, la consideración de impactos acumulativos en proyectos integrados resulta fundamental para garantizar su viabilidad ambiental y social.

2.5 Línea de base

La preparación de la línea de base ambiental debe enfocarse en identificar los receptores clave y los aspectos esenciales para evaluar impactos y definir medidas de mitigación, evitando la recopilación de información irrelevante. La línea de base no debe convertirse en un compendio enciclopédico de información ambiental genérica. Un error común es incluir datos excesivos y poco específicos, en lugar de centrarse en los factores más relevantes para el proyecto. Los contenidos típicos que deben estar presentes en una línea de base ambiental pueden consultarse en la *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023 (MAyDS, 2023a)*.

Argentina es el octavo país más grande del mundo y ocupa casi ocho veces la superficie de Alemania. En él se presentan una multiplicidad de ecorregiones. De acuerdo con la legislación local, los bosques nativos se categorizan en tres niveles, según el grado de protección, siendo la categoría I (rojo) la que abarca los sectores de muy alto valor de conservación (ver Figura 13). Se han identificado aproximadamente 13.559 especies (entre los grupos más estudiados como vertebrados y plantas) de las cuales más de 2.000 son endémicas, es decir, exclusivas del territorio argentino. En cuanto a los grupos menos estudiados, como los invertebrados, se estima que existen alrededor de 111.000 especies de artrópodos en el país (Lizárraga y Bauni, nd).

Figura 13 Mapa de ecorregiones y bosques

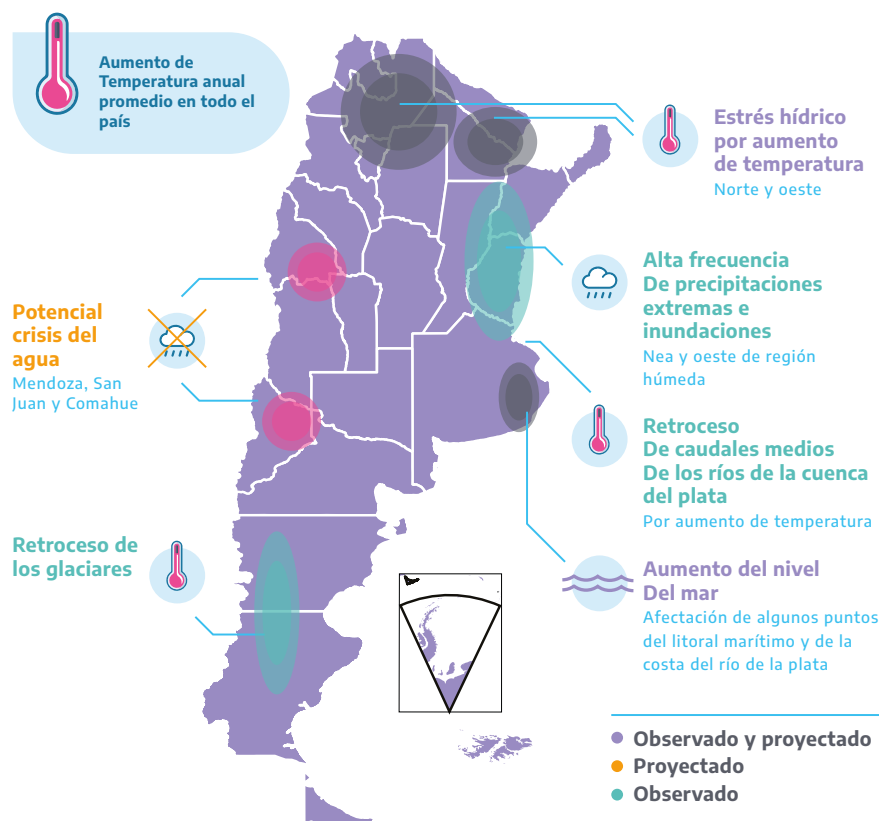


Fuente: Subsecretaría de Ambiente, n.d.

En proyectos de producción de hidrógeno verde, que requieren un uso intensivo de agua, es imprescindible analizar la dinámica de los cursos o cuerpos de agua en el área de estudio, así como los ecosistemas asociados. Esto incluye prestar especial atención a especies sensibles, protegidas o migratorias; los servicios ecosistémicos que el recurso hídrico proporciona; y las dinámicas involucradas, como las evaluadas mediante estudios hidrosedimentológicos. Asimismo, debe considerarse la calidad del agua y otros aspectos relevantes para asegurar una evaluación integral y precisa. Desde una perspectiva social, deben analizarse las implicancias y competencias que pueden surgir por el uso y disponibilidad del recurso, así como los costos asociados a los servicios, las áreas que cuentan con dificultades de acceso al agua, los procesos de salinización por el uso de agua subterránea, etc.

En la Figura 14, se observan los principales riesgos e impactos del cambio climático, observados y proyectados, que se encuentran fuertemente vinculados al recurso agua: como las potenciales crisis de agua en la zona cuyana, el aumento del nivel del mar en Buenos Aires y el retroceso de caudales medios en la cuenca del Río de La Plata. Es fundamental evaluar cómo las actividades del proyecto pueden afectar factores ambientales sensibles al cambio climático, así como prever su evolución en ausencia del proyecto, considerando especialmente los riesgos hidrometeorológicos futuros. Para este análisis, se recomienda utilizar modelos que permitan estudiar elementos como la calidad y cantidad de agua subterránea, especies en riesgo y sumideros de carbono (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023a). Una herramienta interactiva de gran utilidad es el SIMARCC (Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático), en la cual se pueden generar mapas de riesgo con información oficial, ya que depende del Estado Nacional.

Figura 14 Principales riesgos e impactos del cambio climático



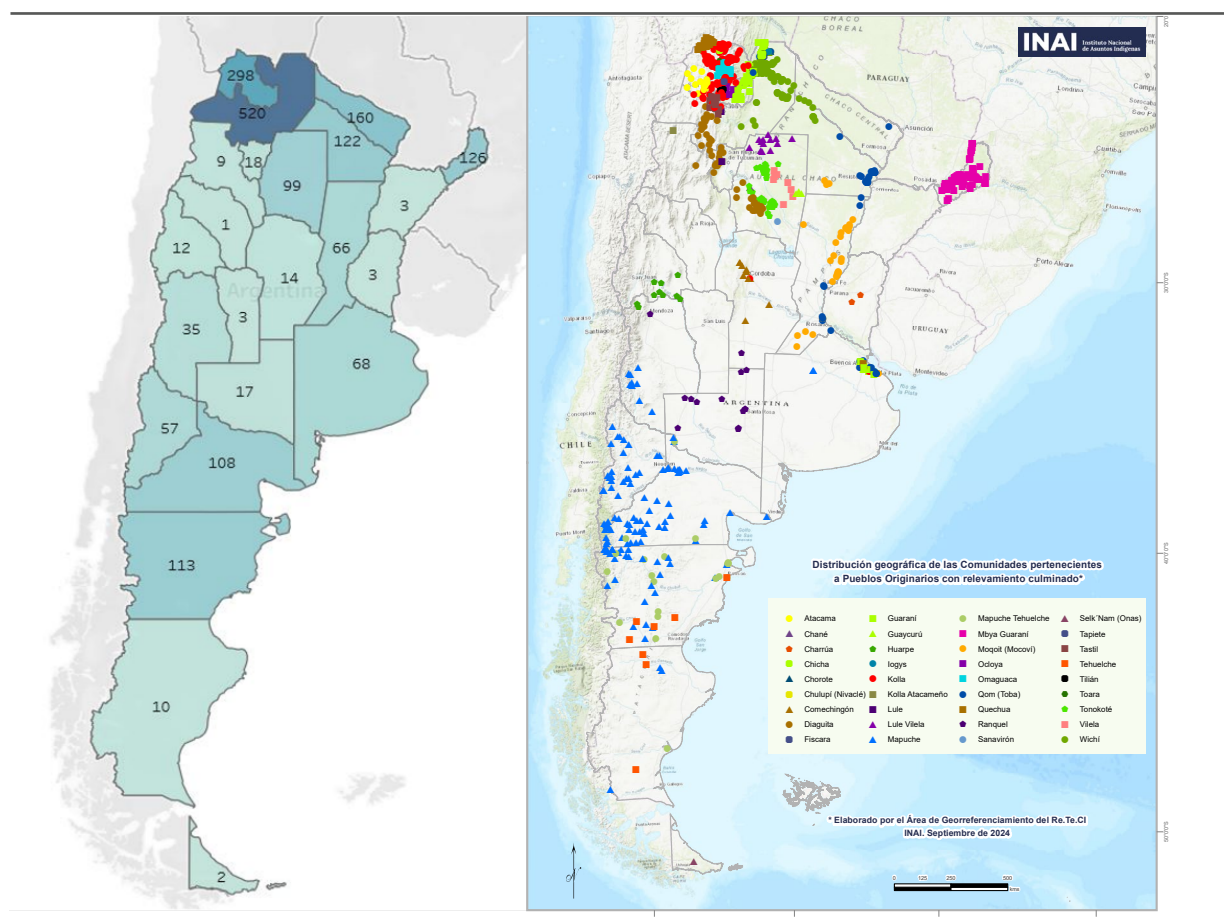
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022

En la planificación para la elaboración de la línea de base, resulta fundamental incluir el relevamiento de los conocimientos locales. Cualquier intervención en el territorio debe estar acompañada de una planificación que promueva la participación significativa de los actores involucrados, considerando de manera integral las dinámicas presentes.

En este contexto, es especialmente relevante atender a las dinámicas territoriales y, en particular, garantizar la vinculación con los Pueblos Indígenas presentes en la región (ver Figura 15). En el apartado «Marco legal» se presentan las normas que aseguran derechos a estos Pueblos, y en el capítulo «Recomendaciones para la participación pública» se puede encontrar más información sobre los procesos de participación.

Figura 15:

Izq: Cantidad de comunidades indígenas identificadas por provincia. Der: Comunidades indígenas con relevamiento culminado.



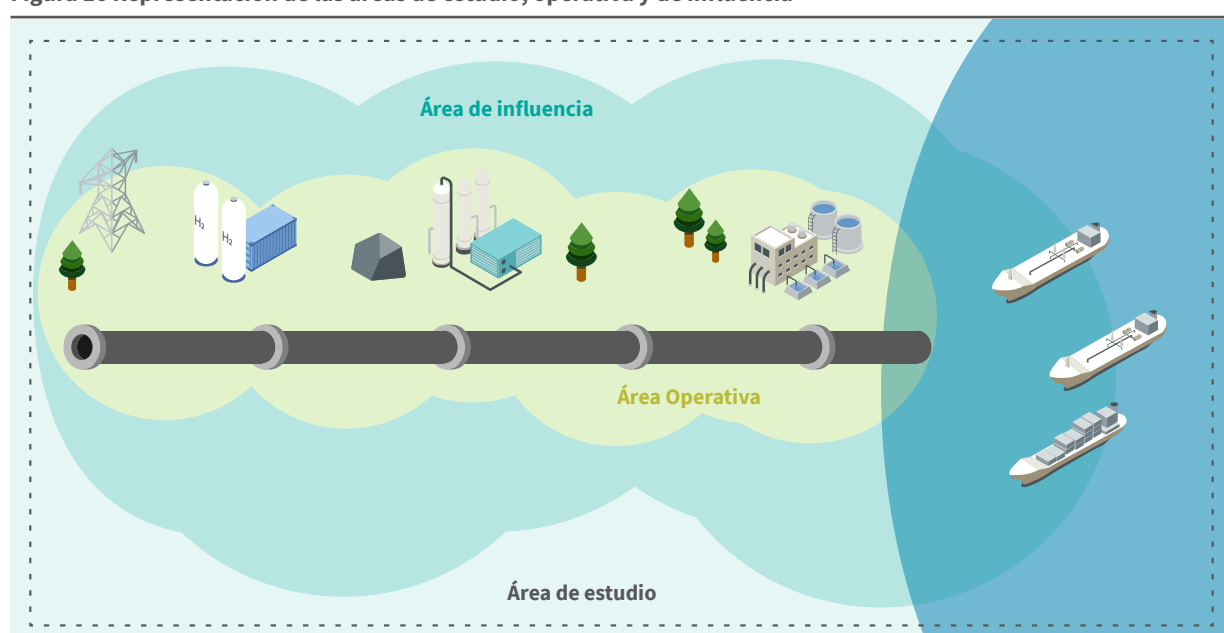
Fuente: Instituto Nacional de Asuntos Indígenas (INAI) (2023 y 2024).

Este apartado no tiene como objetivo describir los factores naturales o sociales del país, sino brindar mayor detalle en relación con las directrices establecidas en la *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023 (MAyDS, 2023a)*. Se destaca la importancia de planificar adecuadamente la confección de una línea de base y de enfocarse en los aspectos más relevantes en relación con el proyecto que se pretenda evaluar.

2.6 Áreas

Se distinguen tres áreas claves para el desarrollo de un EsIA (ver Figura 16). El Área de Estudio (AE) determina la extensión territorial a relevar y analizar para el proyecto. El Área Operativa (AO) corresponde al espacio físico directamente intervenido por las actividades del proyecto, abarcando las instalaciones principales y auxiliares. Finalmente, el Área de Influencia (AI) corresponde al espacio impactado por las actividades y acciones del proyecto. Típicamente en Argentina, se estila subclasificar el AI en Área de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AII). En la siguiente figura se presenta un esquema de las tres áreas para un proyecto de hidrógeno verde y sus derivados.

Figura 16 Representación de las áreas de estudio, operativa y de influencia



Fuente: Elaboración propia

Área de estudio (AE)

El Área de Estudio representa la envolvente máxima dentro de la cual se analiza el entorno ambiental y se recolecta información de la línea de base, incluyendo desde el análisis del marco legal hasta el relevamiento de información en campo. Una extensión excesiva de esta área puede resultar en complejidad innecesaria, mayores costos y dificultades para analizar impactos. En contraposición, un recorte demasiado reducido podría omitir factores relevantes, subestimar impactos o requerir ajustes posteriores en el proceso. El área de estudio se define durante las etapas iniciales de la planificación del proyecto, en paralelo con el proceso de *scoping* o delimitación del alcance del estudio (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019).

Área de estudio de un proyecto se corresponde con el área geográfica a determinar alrededor de la zona de implantación (permanente o temporal) del mismo, a los fines de establecer la línea de base ambiental (LBA) y la evaluación de los potenciales impactos de la actividad prevista (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023a).

Área operativa (AO)

El Área Operativa abarca todas las instalaciones y sitios de intervención directamente vinculadas a la ejecución y funcionamiento del proyecto. Incluye tanto los espacios físicos donde se desarrollan las operaciones principales como los elementos necesarios para su implementación y mantenimiento.

En proyectos de producción de hidrógeno se debe incluir las plantas de producción de hidrógeno, (con sus unidades de generación, almacenamiento y distribución); la captación y tratamiento de agua, incluyendo las instalaciones equipadas con sistemas de ósmosis inversa y purificación, los emisarios, y los tanques de almacenamiento. Cuando se incluyan derivados, como el amoníaco o el metanol, también deben incorporarse las instalaciones asociadas para su producción. Ello implica infraestructura específica para procesos químicos y almacenamiento seguro de productos. Para derivados carbonados, debe considerarse la infraestructura para la captura de carbono directa del aire, en chimeneas industriales o plantas biogénicas (o las instalaciones de producción, captación y almacenamiento de otras tecnologías de provisión de carbono). En el caso de la producción de amoníaco, se incluirán las instalaciones y operaciones para la obtención de nitrógeno.

El Área Operativa incluye redes de apoyo logístico como tuberías, sistemas de distribución eléctrica y áreas de almacenamiento para insumos y productos. También se contemplan las áreas para la gestión de residuos sólidos y líquidos generados durante las actividades operativas, lo cual puede incluir plantas de tratamiento de efluentes varios hasta su punto de vuelco.

Durante la etapa de construcción, el Área Operativa incorpora el obrador, un espacio que concentra estructuras esenciales para las tareas preliminares y de montaje. Este incluye instalaciones como hormigoneras, grandes depósitos para materiales de construcción, y parques de máquinas donde se ubican grúas, excavadoras y otros equipos pesados necesarios para las obras. Además, en el obrador se suelen instalar oficinas temporales para el personal de supervisión y coordinación, junto con áreas de servicios básicos para los trabajadores, como comedores y vestuarios.

Área de influencia (AI)

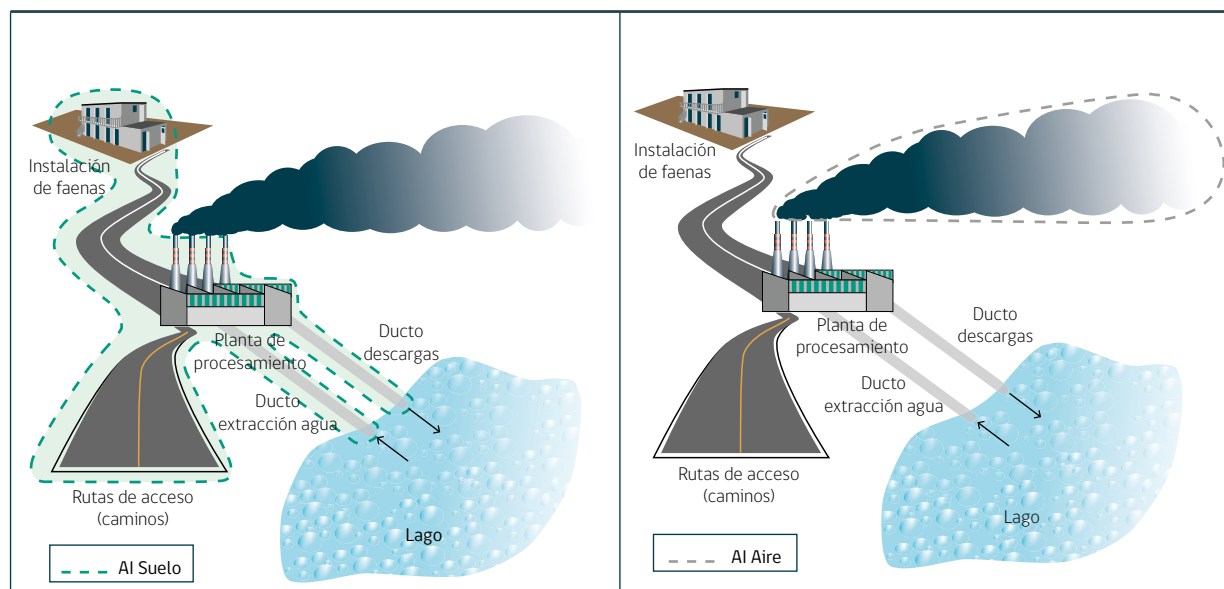
Área de Influencia: «área geográfica sobre la cual el proyecto en cuestión puede ejercer impactos positivos o negativos sobre los receptores ambientales, y sobre cuya gestión la persona proponente está obligada a responder» (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023a).

El AI puede considerarse como el límite geográfico donde ya no es posible detectar una alteración perceptible, es decir, donde el impacto deja de manifestarse (Servicio de Evaluación Ambiental, 2024). Tomando esta premisa, para determinar un AI se debe evaluar la extensión territorial que abarcaría cada impacto identificado y, por ende, se pueden generar múltiples AIs (ver Figura 17). Estas deben integrarse de manera que se presente una única AI para los aspectos ambientales y otra para los aspectos sociales, ya que es costumbre presentarlas de esa manera. Esto puede representar un desafío metodológico, el cual puede resolverse mediante un enfoque progresivo e iterativo, ajustando su delimitación conforme avanza el desarrollo del EsIA (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019). Este enfoque también permite incorporar la participación de actores clave, incluyendo consultas a la población potencialmente afectada, ya sea de manera positiva o negativa, así como a expertos en la materia, lo cual contribuye a una definición más robusta y consensuada del AI (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019).

La determinación y justificación del AI es un proceso progresivo, ya que su representación espacial puede ajustarse conforme se obtienen nuevos resultados en la evaluación de impactos. Aunque en el país no se identifican guías específicas para la delimitación de AIs, la definición del AI es crucial para establecer la

responsabilidad del proponente en la gestión de los impactos. Independientemente de los criterios empleados para su delimitación, todas las áreas deben estar claramente fundamentadas en el EsIA, quedando sujeta a revisión y posible ajuste por parte de las autoridades ambientales competentes.

Figura 17 Ejemplo de áreas de influencia para factor suelo y aire



Fuente: tomado y adecuado de Servicio de Evaluación Ambiental, 2017

Los criterios para definir el AI, pueden estar basados en el tipo de proyecto, en la naturaleza de los impactos esperados, y en las características del entorno y del factor ambiental o social bajo análisis. Por ejemplo, no se utilizarán las mismas herramientas para definir el impacto en el paisaje que en la calidad del agua. Pueden utilizarse herramientas como SIG (Sistemas de Información Geográfica) o modelaciones predictivas, en función del factor del ambiente o del tipo de impacto que se está analizando.

El AI social requiere una mención específica. En un EsIA se delimita considerando no solo el espacio físico donde se desarrollará el proyecto, sino también las dinámicas sociales y económicas que este pueda alterar. Este concepto se extiende más allá del sitio específico de intervención, abarcando los territorios utilizados o habitados por los grupos que ejercen derechos de uso sobre el área intervenida o que se encuentran próximos a ella. La influencia de agentes externos, como las actividades de un proyecto, tiene repercusiones amplias sobre las estructuras sociales, afectando aspectos económicos, culturales y organizativos de las comunidades involucradas (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019).

El Área de Influencia Directa (AID) se corresponde a la envolvente que abarca los espacios donde se pueden identificar y predecir de manera fundamentada los impactos ambientales que el proyecto, a través de sus acciones, genera directamente sobre los receptores sensibles previamente identificados. Por otro lado, el Área de Influencia Indirecta (AII) corresponde a la zona en la que se prevén impactos indirectos. Aunque las denominaciones AID y AII corresponden a un atributo específico, el de efecto (que clasifica los impactos en directos e indirectos), su valoración forma parte de la fórmula de importancia del impacto (ver apartado de Metodología). Por uso y costumbre, ambas áreas se presentan de manera diferenciada, así como también suelen presentarse las AIs de manera diferenciada.

Ecuaciones o definiciones de normas:

Los proyectos de producción de hidrógeno y sus derivados ciertamente contarán con ductos que transporten las sustancias involucradas en el proceso, e inclusive en esta guía se considera la posibilidad de que el transporte se realice por ductos hasta despacho, lo cual puede ser directamente a un puerto para su exportación. En el caso de proyectos lineales, se cuenta con referencias metodológicas que sugieren determinar la superficie del AID considerando una distancia «X» a ambos lados de la traza del proyecto.

Las normas argentinas mínimas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías (Ente Nacional Regulador del Gas, 2006) indican que el AID quedará definida por un área cuya longitud será igual a la de la cañería proyectada y su ancho será igual al máximo permitido de la picada ⁶ o pista multiplicado por un factor de corrección „C«. Un valor de C = 6 representa una estimación mínima, para delimitar el ancho del AID. Por este motivo, y teniendo en cuenta que la probabilidad de ocurrencia de impactos directos disminuye con la distancia a la picada, el valor definitivo del factor «C» deberá ser asignado y justificado por el equipo técnico ambiental, teniendo en cuenta las características ambientales del área de estudio y las recomendaciones de la bibliografía especializada. Luego, esas normas, ofrecen otras consideraciones para la determinación del AII.

$$AID = L \times A \times C$$

siendo: **L**: la longitud del gasoducto o ramal proyectado, en km. **A**: el ancho máximo permitido de la picada establecido en la norma en m. **C**: un factor de corrección para estimar el ancho del área donde es posible la ocurrencia de impactos directos, cuyo valor será ≥ 6 . (Ente Nacional Regulador del Gas, 2006).

Respecto de estructuras u obras no lineales, las normas argentinas mínimas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías propone una metodología de determinación cuando hace referencia a las AID de instalaciones y construcciones complementarias permanentes, y sugiere definirla como un área con «un radio igual o mayor a 6 veces el radio del círculo que circunscriba la instalación, tomado desde el centro geométrico de ésta un radio como referencia» (Ente Nacional Regulador del Gas, 2006). Si bien esto puede tomarse de referencia, no se sugiere aquí una delimitación que pueda adoptar necesariamente una forma circular con el proyecto en su centro. La geometría del área delimitada debe adaptarse a las particularidades de la interacción entre el proyecto y su entorno receptor.

Uso de modelaciones y herramientas de predicción.

Las modelaciones y herramientas de predicción son esenciales para evaluar y delimitar el AI sobre distintos factores del ambiente. Los resultados de análisis de la dispersión de plumas contaminantes, transmisión de sonidos en medios acuáticos, análisis tridimensionales del paisaje, etc. son herramientas que proporcionan información clave para comprender los efectos de las actividades del proyecto y los procesos en los que se encuentran inmersas. Es importante incluir en el análisis las peores condiciones posibles a fin de no subestimar los impactos. Las simulaciones también se utilizan para analizar potenciales contingencias, como derrames, generando información esencial para el desarrollo de los planes de contingencias del proyecto (que deben incluirse en el Plan de Gestión Ambiental).

⁶ Picada o Pista: Porción de terreno longitudinal, en la misma dirección del gasoducto o ramal, conformada por una franja de excavación o zanjeo y depósito de materiales, una franja de trabajo (lugar de operación del equipamiento destinado a la construcción, reparación y mantenimiento de la cañería) y una tercera franja de pasada o camino exclusivo para la construcción.

Los modelos o simulaciones específicos a utilizar no son objeto de esta guía, si bien pueden puntualizarse algunas consideraciones relevantes a los proyectos de producción de hidrógeno:

- **Aire:** en el caso de los contaminantes atmosféricos, se calcula el área de decaimiento de los contaminantes considerando las condiciones operativas y climáticas más desfavorables del área de estudio (Ente Nacional Regulador del Gas, 2006).
- **Ruido y vibraciones:** para las emisiones sonoras, la evaluación del AI se realiza considerando la ubicación de las fuentes de ruido y las condiciones operativas y climáticas más desfavorables, sin incluir factores de atenuación (Ente Nacional Regulador del Gas, 2006). Cuando el proyecto incluya trabajos en ambientes acuáticos, como las tomas y emisarios de una planta desaladora, se deben considerar la transmisión del sonido en el agua, realizando las modelaciones correspondientes. Estas modelaciones tendrán en cuenta indicadores como los umbrales TTS (umbral de cambios auditivos temporales) y PTS (umbral de cambios auditivos permanentes) para los grupos más vulnerables desde el punto de vista auditivo.
- **Agua:** para modelar el aumento de la salinidad, así como de la temperatura, o bien la reducción de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua donde se receptan las descargas de salmuera (provenientes de electrólisis o sistemas de enfriamiento) en la selección del modelo de software más adecuado debe considerarse:
 - › Complejidad de la topografía de la línea de costa;
 - › Presencia de corrientes en los cuerpos receptores;
 - › Posibilidad de recirculación de agua (por ejemplo, en bahías con fuertes corrientes de marea), con acumulación de contaminantes;
 - › Sensibilidad de los ecosistemas locales a concentraciones promedio y/o máximas de contaminantes;
 - › Geometría de la descarga (a lo largo de la costa, bajo el nivel del agua, descarga simple o múltiple, etc.);
 - › Distancia al punto de descarga donde se verifique el cumplimiento de un límite (Dalal-Clayton, B., & Scott-Brown, M., 2024).

2.7 Identificación y Evaluación de impactos

Introducción

Al tratarse de una industria en desarrollo, los proyectos de hidrógeno verde y sus derivados no cuentan con antecedentes significativos sobre los impactos ambientales y sociales que generan, tanto a nivel nacional como mundial, por lo cual la información disponible sigue siendo limitada. Sin embargo, con el avance de nuevos proyectos, se generará mayor conocimiento a través de experiencias locales, revisiones científicas, aportes de autoridades, entidades financieras, entre otros, lo que permitirá contar con información más robusta de los impactos esperables.

En el contexto argentino a la fecha existen pequeños pilotos como Hychico, cuya escala y objetivos no permiten extrapolar resultados concluyentes sobre los impactos. Por lo tanto, este apartado se basa en un análisis comparativo de casos internacionales, guías metodológicas y lineamientos de otros países. Asimismo, se han considerado antecedentes específicos para cada componente de un proyecto de producción de hidrógeno verde y derivados que ya cuente con experiencias en el país o países vecinos. Por ejemplo, para el análisis relacionado con una planta de amoníaco verde, se utilizó como referencia relevante la información disponible de la empresa Profertil S.A., empresa productora de amoníaco en Argentina (aunque en este caso se trata de producción de amoníaco a partir de gas natural). También se realizó un estudio de casos de proyectos integrados de Chile y de una planta desaladora en Argentina.

Es importante destacar que para desarrollar un EsIA, cada proyecto deberá considerar la totalidad de actividades y acciones asociadas que lo componen, evaluando tanto los impactos individuales como los impactos acumulativos derivados de esas acciones en conjunto. En especial, los proyectos integrados deberán prestar una atención particular a los impactos acumulativos y sinérgicos que puedan generarse, tanto dentro de sus propias actividades como en interacción con otras actividades o proyectos en el AI.

Seguidamente se identifican algunos impactos de los proyectos de hidrógeno verde y derivados, clasificados por las etapas de desarrollo de estos proyectos. Para la etapa de construcción, al igual que para la etapa de cierre, se presentarán los impactos de manera unificada en lo que respecta a la construcción de plantas. En cambio, los impactos asociados a la operación se presentarán de manera diferenciada para las plantas según el producto de síntesis que generen, y de forma separada para las plantas desaladoras. Esto permitirá un análisis más específico y ajustado a las características de cada componente del proyecto. Esta sección incluye estructuras como tuberías, ductos y líneas de tensión que conectan los diferentes componentes de la planta de producción de hidrógeno verde y sus derivados. Sin embargo, no se incluyen las conexiones con otros componentes de etapas distintas de la cadena de valor del hidrógeno, como parques eólicos, con lo cual no se consideran acá impactos de tendidos en sí (eléctricos o de ductos).

Impactos de la etapa de construcción

En la Tabla 7 se resumen los impactos ambientales y sociales que pueden estimarse podrían tener lugar en un proyecto de producción de hidrógeno y sus derivados.

Tabla 7 Impactos ambientales y sociales potenciales en la etapa de construcción de una planta

Factor	Impacto
Ruido y vibraciones	Aumento de los niveles de ruido y vibraciones en los sitios e instalaciones asociadas debido a la operación de equipos y tráfico vehicular. Generación de contaminación sonora por el uso de maquinaria pesada y actividades de desmonte o retiro de vegetación. Posible afectación a factores cercanos sensibles por el incremento del ruido.
Aire	Emisión de material particulado (MP10 y MP2.5) y gases de combustión por excavación, tránsito de vehículos, transferencia de materiales y uso de maquinaria. Presencia de contaminantes como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) y compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Aumento de polvo en suspensión por actividades de movimiento de suelo, tránsito vehicular, manipulación y almacenamiento de materiales finos de construcción.
Agua	Afectación del recurso hídrico por el volumen de agua consumido, como en la preparación de hormigón. Posible alumbramiento de aguas subterráneas debido a las labores de excavación en el área del proyecto. Contaminación del agua por deposición seca o húmeda de partículas contaminantes.

Factor	Impacto
Suelo	Alteración de la permeabilidad, estructura y calidad del suelo por tránsito vehicular, construcción de estructuras y actividades de excavación, movimiento de tierra y zanjeo. Impacto en la estabilidad del suelo en humedales o zonas fangosas debido a la permanencia y tránsito de maquinaria pesada. Potenciación de procesos de erosión y modificación del escurrimiento natural de aguas superficiales y subterráneas. Cambios en el drenaje natural por alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Contaminación del suelo por deposición seca o húmeda de partículas contaminantes. Afectación de la calidad y uso productivo del suelo.
Biodiversidad	Modificación de la cobertura vegetal, pérdida de biomasa y alteración del hábitat debido a actividades como el movimiento de suelos, la apertura de caminos, el acopio de materiales y las tareas de desmonte. Fragmentación de hábitats debido a la apertura de nuevos caminos, influenciada por la escala de las construcciones y las especies presentes en la zona. Destrucción de hábitats y afectación de la biodiversidad circundante cuando la construcción requiere la eliminación de vegetación y la alteración del terreno. Pérdida de hábitat y degradación del suelo que afectan la capacidad del ecosistema para sustentar biodiversidad. Contaminación derivada de los campamentos y la circulación de vehículos con efectos adversos sobre suelos y aguas, impactando la flora y fauna local. Modificación de hábitos alimenticios y reproductivos de la fauna debido a la presencia humana, el movimiento de maquinarias y la disponibilidad de residuos orgánicos utilizados como fuentes alternativas de alimento. Desplazamiento temporal o permanente de la fauna terrestre local, incluyendo aves, pequeños mamíferos y animales domésticos, debido a ruidos y molestias generadas por la presencia humana y el movimiento de maquinaria pesada. Principales factores causantes del desplazamiento de fauna: desbroce, aplastamiento de la vegetación y ruido. Fauna que se aleja del área afectada de manera temporal o permanente mientras persistan las perturbaciones en su hábitat. Ocupación de tierras para la construcción con impactos potenciales en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, dependiendo de la ubicación del proyecto, la extensión de las actividades y la fragilidad del ecosistema local.

Factor	Impacto
Paisaje	Polvo en suspensión debido al movimiento de suelos, armado de las plataformas y tránsito de vehículos. Pérdida del aspecto estético local o conocido como «afectación del paisaje por intrusión visual».
Empleo, bienes y servicios	Falsas expectativas por sobredimensionamiento en la generación de empleo.
Usos del suelo, infraestructura y servicios públicos	Aumento de la población local debido al influjo de trabajadores, con posible sobrecarga en la infraestructura de servicios sociales. Incremento en la demanda de vivienda, educación y atención sanitaria. Mayor presión sobre la gestión de residuos, el saneamiento, el suministro de agua, la energía y el transporte. Presión sobre rutas de acceso al sitio por el aumento de tránsito de maquinaria pesada.
Pueblos Indígenas	Dificultades para el acceso a los recursos, fragmentación de la tierra y amenazas a sus medios de vida.
Patrimonio cultural y turismo	Restricción del acceso de la comunidad a sitios sagrados y áreas importantes para la recreación y el disfrute estético. Alteración del paisaje por la construcción de infraestructura y aumento del tránsito.
Salud, seguridad y calidad de vida	Posibles amenazas para las comunidades locales debido al incremento de habitantes por el influjo de trabajadores. Aumento en los índices de violencia, incluyendo violencia de género, lesiones y consumo de alcohol y drogas. Mayor riesgo de propagación de enfermedades transmisibles. Potenciales conflictos entre la población local y los trabajadores exógenos debido a oportunidades laborales, diferencias salariales y presión sobre los recursos naturales.

Factor	Impacto
Riesgos	Contaminación del suelo por derrames de aceites, lubricantes y combustibles derivados del tránsito y mantenimiento de maquinarias. Afectación de la calidad del agua (superficial y/o subterránea) y la biota local debido a la contaminación por derrames. Posible contaminación por vertidos no controlados de hormigoneras y una inadecuada gestión de residuos y materiales de obra. Incremento del riesgo de atropellamiento de animales debido a la constante actividad humana y vehicular. Facilitación del acceso de cazadores furtivos por la apertura de nuevos caminos, aumentando el riesgo de caza ilegal y abigeato. Riesgo de incendios y accidentes en general.
Residuos y efluentes	Residuos sólidos de construcción, embalajes y materiales de empaque. Residuos asimilables a Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Residuos peligrosos. Aguas residuales generadas por las instalaciones temporales de los trabajadores. Aguas de lavado, de lavado de maquinaria y equipos, que pueden contener aceites y grasas.

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones adicionales para plantas desaladoras

Durante la etapa de construcción de la planta de desalinización, se llevarán a cabo obras de captación y descarga de agua, así como la instalación de tuberías en tramos terrestres y marítimos, lo que podría ocasionar erosión del suelo y sedimentación en cuerpos de agua cercanos. Esto puede afectar tanto la calidad del agua como los hábitats acuáticos, dependiendo de factores como el diseño, la ubicación y el tamaño del proyecto (Ausfelder et al., 2023). Asimismo, las obras marinas podrían alterar la calidad fisicoquímica de la columna de agua debido a la suspensión de sedimentos del fondo marino, con impactos adicionales sobre las comunidades bentónicas intermareales y submareales.

Los impactos negativos sobre el ambiente y la biodiversidad estarán estrechamente vinculados a las características de las tomas de agua, que pueden ser de superficie, más comunes y económicas, o subsuperficiales, como pozos costeros y galerías de infiltración, que implican mayores costos de construcción y operación (Vicuña et al., 2022). La construcción de estructuras en ecosistemas marinos sensibles puede generar riesgos para especies dentro de la zona de influencia hidráulica, incluyendo la succión y arrastre de huevos, larvas y esporas, así como el impedimento de su movimiento natural. Esto podría resultar en la pérdida de individuos o poblaciones y en alteraciones de la calidad de la columna de agua (Servicio de Evaluación Ambiental, 2023; Elsaid et al., 2020). Por último, la construcción de la planta puede implicar generación de vibraciones en medio acuático, como por ejemplo para las tareas de pilotaje. Estas vibraciones deben ser específicamente evaluadas ya que pueden afectar fuertemente a la biota.

Impactos de la etapa de operación

Los impactos sociales de esta etapa se presentan inicialmente en la Tabla 8 que agrupa estos impactos asociados a una planta industrial, alineados con el objeto de estudio de esta guía. Posteriormente, se desglosan los impactos ambientales específicos para cada tipo de planta mediante tablas diferenciadas, según el siguiente esquema:

- Producción de hidrógeno mediante electrólisis del agua (Tabla 9).
- Producción de amoníaco (Tabla 10).
- Producción de metanol (Tabla 11).
- Producción de combustibles sintéticos (Tabla 12).
- Captura de carbono de chimenea mediante aminas (Tabla 13).

Los impactos ambientales y sociales de las plantas industriales de desalinización de agua y plantas de tratamiento de agua se presentan en la Tabla 14.

Impactos Sociales

Tabla 8 Impactos sociales de operación de una planta de hidrógeno o sus derivados

Factor	Impacto
Empleo, bienes y servicios	Desarrollo y fortalecimiento de capacidades para la fuerza laboral local. Generación de empleo e inversiones. Falsas expectativas por sobredimensionamiento de la generación de empleo Posibilidad de generar nuevos medios de vida vinculados a la prestación de servicios para plantas de producción e infraestructura asociada, como tiendas o puestos de venta.
Usos del suelo, infraestructura y servicios públicos	Presión sobre rutas de acceso al sitio por el aumento de tránsito. Ampliación de los sistemas de suministro de agua de los proyectos para satisfacer las necesidades de agua de otros usuarios. Afectación a la calidad de vida por escasez del recurso hídrico o desmejora en su calidad. Profundización de la competencia por el acceso a los recursos hídricos disponibles y a la energía. Potencial para suministrar electricidad y agua desalinizada a las comunidades en áreas donde el acceso a estos recursos es limitado o problemático.

Factor	Impacto
Pueblos Indígenas	Restricción del acceso de la comunidad a sitios sagrados y a los recursos. Fragmentación de la tierra y amenazas a sus medios de vida. Los grupos vulnerables deben ser considerados de manera particular en los procesos de participación y consulta. La deficiencia en esos procesos puede traer aparejados impactos negativos asociados, y a la vez omitir la oportunidad de generar un mejor proyecto con beneficios para los actores locales.
Patrimonio cultural y turismo	Restricción del acceso de la comunidad a áreas importantes para la recreación y el disfrute estético. Alteración del paisaje.
Salud, seguridad y calidad de vida	Producción de energía limpia. La presencia y dinámica de trabajadores exógenos puede representar amenazas para las comunidades locales.
Riesgos	Los derrames de aceites, lubricantes, combustibles, etc. derivados del tránsito y mantenimiento de maquinarias puede contaminar el suelo, afectando también la calidad del agua (superficial y/o subterránea) y del suelo. Exposición a contaminantes atmosféricos y acuáticos, con efectos adversos en la salud. Riesgos vinculados a la inflamabilidad del hidrógeno. Exposición a campos electromagnéticos intensos. Riesgos vinculados a la toxicidad del amoníaco y riesgo de explosión Las fugas o derrames accidentales de amoníaco / metanol pueden contaminar el agua subterránea. Riesgos vinculados a la toxicidad del metanol y riesgo de ignición. Riesgos por aparatos sometidos a presión. Incendios y accidentes en general.

Fuente: Elaboración propia

Impactos Ambientales

Tabla 9 Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de hidrógeno por electrólisis

Factor	Impacto
Aire	La intensidad de emisiones está determinada por las emisiones de la electricidad que se utiliza. Emisiones provenientes de grupos electrógenos, motores de equipos y vehículos. Fugas de hidrógeno pueden generar alteraciones en la atmósfera.
Agua	Presión sobre el recurso por consumo de agua intensivo para el proceso.
Riesgos	Fragilización de materiales, fugas de hidrógeno, incendios y explosiones. Riesgo de abandono de las instalaciones industriales al final de su vida útil. Colisión y atropellamiento de animales. Accidentes.
Residuos y efluentes	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Residuos asimilables a RSU. Residuos peligrosos, aceites y fluidos de refrigeración. Aguas residuales generadas por las instalaciones de los trabajadores. Aguas de lavado de maquinaria y equipos, que pueden contener aceites y grasas. Solución de hidróxido de potasio (KOH)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de amoníaco mediante proceso Haber-Bosch

Factor	Impacto
Aire	Venteos o emisiones de N₂, NO_x, MP 2.5, NH₃, agua, O₂, Ar y amoníaco. Emisiones provenientes de equipos de back up y/o emergencia (grupos electrógenos, motores de equipos, etc) y vehículos.
Suelo	Contaminación por deposición seca y húmeda, con acidificación de suelos.
Agua	Contaminación por deposición. Descarga por condensación o depuración de gases residuales que contienen amoníaco y otros productos.

Factor	Impacto
Biodiversidad	Eutrofización. Impactos derivados de la acidificación del suelo y la desmejora en la calidad del aire.
Riesgos	Efectos adversos a la salud y a la biota por la toxicidad del amoníaco. Contaminación de aguas y suelo por derrames, y del aire por fugas. Colisión y atropellamiento de animales. Incendios. Accidentes.
Residuos y efluentes	Agua amoniacal. Catalizadores agotados (sin tratamiento en Argentina) Residuos asimilables a RSU Residuos peligrosos. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) Aguas residuales generadas por las instalaciones de los trabajadores. Aguas de lavado de maquinaria y equipos, que pueden contener aceites y grasas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de metanol

Factor	Impacto
Aire	Venteo de hidrógeno, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapor de metanol y vapor de agua. Las emisiones incluyen VOCs y CO, que pueden ocurrir por las emisiones fugitivas de la planta de producción de metanol. Emisiones provienen de equipos de back up y/o emergencia (grupos electrógenos, motores de equipos, etc) y vehículos.
Riesgos	El metanol es tóxico, corrosivo y explosivo (en mezclas con aire). Contaminación de aguas y suelo por derrames. Colisión y atropellamiento de animales. Incendios. Accidentes.

Residuos y efluentes	Catalizador agotado con metales como cobre, zinc, magnesio y aluminio. Residuos asimilables a RSU. Residuos peligrosos. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Aguas residuales generadas por las instalaciones de los trabajadores. Aguas residuales con contenido de metanol. Aguas de lavado de maquinaria y equipos, que pueden contener aceites y grasas.
----------------------	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Impactos ambientales específicos de la operación de una planta de producción de combustibles sintéticos

Factor	Impacto
Riesgos	Contaminación de aguas y suelo por derrames (la toxicidad varía según la conformación química de la mezcla de sustancias que componen el combustible). Colisión y atropellamiento de animales. Incendios. Accidentes.
Residuos y efluentes	Catalizadores agotados de cobalto o hierro-níquel, que contienen trazas o bajas contenidos de rutenio, platino, renio u otros metales. Residuos con óxidos de aluminio, silicio, cobre. Agua residual: alto contenido de componentes orgánicos (alcoholes, ácidos carboxílicos, cetonas y aldehídos), bajo pH, alta corrosividad y bajo contenido de sólidos en suspensión.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Impactos ambientales específicos del subproceso de obtención de carbono por absorción química con soluciones de aminas

Factor	Impacto
Aire	Compuestos orgánicos volátiles y sustancias nocivas que se dispersan en el aire. Emisiones de GEIs y otros gases de combustión. Se presenta aquí este impacto potencial, si bien se entiende que el uso de energía eléctrica de la red o cualquier otra fuente de emisión de GEI estarán limitados por las regulaciones y/o certificaciones de los productos de H2V y derivados.
Agua	Consumo de agua intensivo.
Biodiversidad	Liberación de sustancias nocivas para animales acuáticos.

Riesgos	Riesgos de contaminación de aire y agua, efectos nocivos en la salud humana (sustancias corrosivas) y la biota del lugar. Incendios. Accidentes
Residuos y efluentes	Solventes y componentes presentes en el proceso como ácido acético, fórmico, propiónico y sales. Lodos, sólidos en suspensión, carbón activado usado, sales termoestables y precipitados sólidos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Impactos ambientales y sociales potenciales de una planta desaladora y planta de tratamiento de agua

Factor	Impacto
Ruido y vibraciones	Niveles de ruido y vibraciones pueden verse incrementado de manera significativa.
Aire	Emisiones de GEIs y otros gases de combustión. Se presenta aquí este impacto potencial, si bien se entiende que el uso de energía eléctrica de la red o cualquier otra emisión de GEI asociada a la obtención de agua de la calidad requerida estarán limitados por las regulaciones y/o certificaciones de los productos de H2V y derivados.
Agua	Alteraciones en la calidad de la columna de agua por re-suspensión de sedimentos, y alteraciones en las propiedades físicas o biológicas de los sedimentos del fondo marino por depósito de sales y otros compuestos. Contaminación térmica (impacto debido a la temperatura de los efluentes). Aumento de la salinidad del cuerpo de agua receptor, estratificación del agua y reducción en el intercambio de oxígeno en la columna de agua. Alteración del color de las aguas receptoras (por elevadas concentraciones de hierro, por cambios en la turbidez y/o re-suspensión de sólidos). Intrusión salina en acuíferos de agua dulce. Potencial aumento sobre la presión de los recursos hídricos locales, especialmente para agua dulce y en regiones con escasez de agua.

Factor	Impacto
Biodiversidad	Intervención del fondo marino con afectación de ecosistemas como humedales y zonas costeras. Posibles cambios en la composición y distribución de la biota marina. Impacto sobre especies marinas debido a succión, arrastre de huevos, larvas y esporas, atrapamiento o alteraciones en la calidad de la columna de agua. Afectación a la biodiversidad por la descarga de efluentes con contaminación física, química o térmica. Vertidos de salmuera como principal impacto de plantas desalinizadoras, especialmente sin medidas adecuadas de dilución, como el uso de difusores.
Paisaje	Alteración de la percepción del paisaje; pérdida del aspecto estético.
Empleo y actividades económicas	Impactos negativos en la pesca y el turismo por la alteración de ecosistemas marinos. Posibles repercusiones en los medios de vida y la provisión de alimentos de las comunidades locales.
Usos del suelo	Conflictos por el uso del suelo y afectación de comunidades o de su patrimonio cultural, sagrado, ancestral o turístico.
Infraestructura y servicios públicos	Aprovisionamiento de agua desalinizada para satisfacer otras demandas y contribuir a suplir la escasez hídrica. Tensiones en el uso de recursos, principalmente del agua.
Riesgos	Contaminación del agua por posibles derrames, uso de sustancias químicas, fugas y roturas de la infraestructura de transporte o deficiente gestión de residuos y efluentes. Efectos nocivos sobre la salud de las comunidades cercanas. Incendios. Accidentes.
Residuos y efluentes	Residuos asimilables a Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Residuos peligrosos, incluyendo las membranas de osmosis. Aguas de lavado, de lavado de maquinaria y equipos, que pueden contener aceites y grasas. Lodo/barro resultante de la remoción de partículas flotantes como algas, grasas, aceites u otros contaminantes líquidos livianos.

Fuente: Elaboración propia

Impactos de la etapa de cierre

Durante la etapa de cierre, los principales impactos negativos están relacionados con el riesgo de accidentes, la contaminación por residuos (de todas las categorías) si no se gestionan adecuadamente, el riesgo de erosión y degradación del suelo, y la alteración del paisaje en caso de no realizarse una correcta restauración. Sin embargo, un adecuado Plan de Gestión Ambiental podría mitigar estos impactos, permitiendo restaurar o incluso mejorar factores del ambiente como el paisaje, recuperar la biodiversidad en las áreas afectadas y reutilizar o reciclar materiales, entre otras buenas prácticas. En la Tabla 15 se presenta un resumen de potenciales impactos que podrían tener lugar en la etapa de cierre de un proyecto de hidrógeno verde y sus derivados.

Tabla 15 Impactos ambientales y sociales potenciales en la etapa de cierre de una planta

Factor	Impacto
Ruido y vibraciones	Generación de ruido significativo por el uso de maquinaria pesada (grúas, excavadoras) y herramientas de corte durante el desmantelamiento de estructuras. Aumento en los niveles de vibraciones debido a las operaciones de demolición. Posible afectación a receptores sensibles cercanos por la intensidad del ruido. Potencial incomodidad o perturbación para comunidades aledañas debido al ruido y las vibraciones.
Aire	Emisión de material particulado (MP10 y MP2.5) y gases de combustión durante las actividades de desmontaje, desmantelamiento y retiro de estructuras e instalaciones. Generación de partículas en suspensión debido a la demolición, corte y transporte de materiales. Contribución a las emisiones de gases de combustión por el uso de maquinaria pesada en esta etapa. Contaminación del aire causada por el tránsito vehicular en caminos pavimentados y no pavimentados. Impacto adicional en la calidad del aire debido a la combustión de vehículos y maquinaria fuera de ruta.
Agua	Posible contaminación de cuerpos y cursos de agua cercanos por derrames de aceites, grasas u otros químicos provenientes de maquinaria y equipos desmantelados. Erosión del suelo expuesto tras el retiro de estructuras, con incremento de sedimentos en aguas superficiales. Potencial contaminación de aguas subterráneas por infiltraciones de contaminantes debido al manejo inadecuado de residuos, especialmente peligrosos. La deposición (seca o húmeda) de partículas contaminantes puede alcanzar el agua.

Factor	Impacto
Suelo	Compactación y alteración del suelo debido al paso de maquinaria durante la etapa de cierre. Posible contaminación del suelo por derrames accidentales de aceites, combustibles o residuos peligrosos, como fluidos dieléctricos usados en equipos eléctricos. Riesgo de afectación a la calidad del suelo o limitación de su uso futuro por una inadecuada gestión de residuos sólidos y escombros. Potencial impacto positivo si la restauración del sitio se lleva a cabo correctamente. La deposición (seca o húmeda) de partículas contaminantes puede alcanzar el suelo.
Biodiversidad	Contaminación derivada de los campamentos y la circulación de vehículos con efectos adversos sobre suelos y aguas, impactando la flora y fauna local. Modificación de hábitos alimenticios y reproductivos de la fauna debido a la presencia humana, el movimiento de maquinarias y la disponibilidad de residuos orgánicos utilizados como fuentes alternativas de alimento. Desplazamiento temporal o permanente de la fauna terrestre local, incluyendo aves, pequeños mamíferos y animales domésticos, debido a ruidos y molestias generadas por la presencia humana y el movimiento de maquinaria pesada. Principales factores causantes del desplazamiento de fauna: desbroce, aplastamiento de la vegetación y ruido. Probabilidad de que muchos animales se alejen del área afectada de manera temporal o permanente mientras persistan las perturbaciones en su hábitat.
Paisaje	Desmejora temporal del paisaje durante las actividades de desmantelamiento. Posible impacto positivo si se implementa una correcta planificación y restauración del paisaje. Alteración significativa del paisaje en caso de una gestión inadecuada de residuos y suelos contaminados. Impacto negativo en el paisaje en caso de abandono de la infraestructura.
Empleo, bienes y servicios	Aumento del desempleo y disminución de la demanda de bienes y servicios.
Usos del suelo, infraestructura y servicios públicos	Presión sobre rutas de acceso al sitio por el aumento de tránsito de maquinaria pesada. Alivio de la presión sobre los servicios.

Factor	Impacto
Riesgos	Derrames de aceites, lubricantes, combustibles, etc. derivados del tránsito y mantenimiento de maquinarias puede contaminar el suelo y el agua. Atropellamiento de animales, y Facilitación del acceso de cazadores furtivos, aumentando el riesgo de caza ilegal y abigeato, por apertura de caminos. Incendios y accidentes en general. Abandono de la infraestructura
Residuos y efluentes	Residuos sólidos incluidos residuos domiciliarios, industriales sólidos no peligrosos (escombros, restos de madera, cables, metales, papel, plástico, entre otros) y peligrosos (materiales contaminados, envases de pintura, aceites, lubricantes, grasas usadas, latas de aerosol vacías, filtros de aceite, entre otros). RAEEs, membranas de ósmosis, catalizadores y electrolitos agotados. Aguas residuales generadas por las instalaciones temporales de los trabajadores. Aguas de lavado con aceites y grasas.

Fuente: Elaboración propia

Riesgos asociados al manejo de hidrógeno y sus derivados

Al igual que otros portadores de energía, el hidrógeno presenta riesgos específicos para la salud y la seguridad, especialmente cuando se utiliza a gran escala. Debido a su naturaleza como gas ligero compuesto por moléculas pequeñas, el hidrógeno puede difundirse a través de materiales considerados herméticos para otros gases, como algunas tuberías de hierro y acero, lo que puede fragilizarlos y aumentar el riesgo de falla estructural. Estas características hacen que el hidrógeno sea más difícil de contener que gases como el gas natural, incrementando el riesgo de fugas (IEA, 2019; Aguado Molina et al., 2021). Además, al ser un gas inodoro, incoloro e insípido, su detección depende del uso de sensores específicos. Las fugas de hidrógeno representan un riesgo significativo debido a su alta inflamabilidad, pudiendo mezclarse con el aire para formar mezclas explosivas en un rango de concentración del 15 al 59 %, a temperatura atmosférica estándar. Aunque su alta flotabilidad y rápida disipación reducen el riesgo de incendios al aire libre, estas mismas propiedades lo convierten en un peligro considerable en espacios cerrados, donde su acumulación puede generar condiciones para explosiones graves (IEA, 2019; Aguado Molina et al., 2021).

El amoníaco es una sustancia altamente corrosiva y tóxica, tanto en su forma gaseosa como líquida, que presenta riesgos significativos para la salud y el medio ambiente. Su inhalación puede provocar irritación severa de las vías respiratorias, edema pulmonar y, en concentraciones superiores a 300 ppm, resultar inmediatamente peligrosa para la vida. En contacto con la piel o los ojos, el amoníaco puede causar quemaduras graves, necrosis e incluso ceguera. (Profertil S.A., 2023). Además, su inflamabilidad bajo condiciones específicas (entre 15,5 % y 27 % en volumen de aire) y la posibilidad de formar mezclas explosivas lo convierten en una sustancia con un alto potencial de riesgo en casos de derrames o fugas. En el ambiente, es muy tóxico para los organismos acuáticos, pudiendo causar daños significativos incluso a bajas concentraciones, aunque se considera fácilmente biodegradable en condiciones controladas. La manipulación segura del amoníaco requiere estrictas medidas de protección personal, sistemas de contención adecuados y protocolos de emergencia específicos.

El metanol también presenta riesgos significativos para la salud y el medio ambiente. Este compuesto es irritante para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Exposiciones agudas por inhalación, ingestión o contacto cutáneo pueden provocar efectos graves a la salud. El contacto prolongado con la piel puede causar dermatitis al eliminar los aceites naturales de la piel y dañar la barrera de permeabilidad. El metanol se degrada fácilmente mediante fotooxidación y biodegradación en diversos entornos, incluidos agua dulce y salada, suelos y aguas subterráneas, lo que reduce su persistencia en el medio ambiente.

En cuanto a los combustibles sintéticos, presentan riesgos similares a los del metanol e hidrógeno en términos de inflamabilidad y toxicidad. Estos combustibles pueden contener aditivos o compuestos volátiles que incrementan el riesgo de exposición en caso de fugas o derrames, y su manejo seguro requiere el cumplimiento de normativas estrictas en almacenamiento, transporte y uso.

En la Tabla 16 se presentan los principales riesgos derivados de la peligrosidad de cada uno de los productos finales de la etapa de generación del hidrógeno y sus derivados.

Tabla 16 Riesgos relativos al hidrógeno y sus derivados

Sustancia	Riesgo
Hidrógeno presurizado	Explosión. Considerar en superficies asfaltadas o que no permitan la difusión del hidrógeno al aire, la facilidad de migración lateral y acumulación subterránea. Fragilización de materiales. Fuga a la atmósfera.
Hidrógeno criogénico	Lesiones por contacto con hidrógeno líquido, sus vapores o superficies frías. Fragilización de materiales. La falta de aislamiento adecuado puede causar la condensación del aire, generando concentraciones elevadas de oxígeno e incrementando el riesgo de incendio o explosión.
Metanol	Muy inflamable y tóxico. La llama puede ser imperceptible al ojo humano. No genera humos o emisiones visibles.
Combustibles sintéticos	Toxicidad intrínseca de cada compuesto que conforma la mezcla, y de la mezcla. Sustancias inflamables.
Amoníaco	Corrosivo. Tóxico por inhalación. Nocivo en contacto con la piel. Irritante: El contacto con los ojos puede producir irritación con posible quemadura y ceguera permanente. Tóxico para organismos acuáticos.

Fuente: Elaboración propia

2.8 Plan de Gestión Ambiental

Introducción

El Plan de Gestión Ambiental (PGA) es un elemento central dentro de un estudio de impacto ambiental, ya que contiene las medidas, programas y otros instrumentos para el abordaje de los impactos ambientales y sociales identificados como potenciales en el EsIA. La documentación que se presenta ante las autoridades en los procesos de EIA, son declaraciones juradas del proponente del proyecto, incluyendo el PGA.

Un PGA contiene las medidas de mitigación específicas para abordar cada uno de los impactos y riesgos, incluyendo la identificación de los responsables del desarrollo de esas acciones, las metodologías e instrumentos necesarios, los indicadores de seguimiento o de éxito, los parámetros a analizar con sus límites o niveles de referencia, idealmente los costos asociados, el período de tiempo en el cual van a ser aplicadas relacionadas al cronograma de ejecución del proyecto en todas sus etapas, los resultados esperables, y, de corresponder, la normativa asociada a la medida de mitigación.

«Las medidas de mitigación son aquellas acciones que se llevarán a cabo para gestionar los potenciales impactos identificados en el ciclo de proyecto» (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023a).

En Argentina, un total de 21 jurisdicciones subnacionales y la Nación requieren la presentación de un PGA detallado como paso previo a la emisión de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). En 17 jurisdicciones se exige, además, la revisión del cumplimiento del PGA como condición necesaria para la renovación de la licencia ambiental. En caso de ser necesario, el plan debe actualizarse en ese momento, asegurando su adecuación a las condiciones vigentes del proyecto y del entorno. Este proceso de renovación se desarrolla dentro de marcos regulatorios definidos por cada jurisdicción, donde los plazos de vigencia de las licencias ambientales dependen, entre otros factores, del tipo de actividad o de la categorización que realiza la autoridad ambiental competente. Por lo general, las licencias tienen una vigencia que varía entre uno y cuatro años, según la normativa aplicable (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023c).

Existen dos conceptos esenciales que deben ser considerados al elaborar un PGA para las autoridades en Argentina: la jerarquía de mitigación y la gestión ambiental adaptativa. Ambos conceptos, reconocidos y aplicados internacionalmente, son fundamentales para garantizar una planificación ambiental efectiva y sostenible. Además, están incorporados en la *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023 (MAyDS, 2023a)*, lo que refuerza su relevancia en el contexto nacional y asegura su alineación con las mejores prácticas internacionales.

Jerarquía de mitigación

El principio de jerarquía de mitigación actúa como un marco conceptual para orientar la planificación anticipada de medidas destinadas a mitigar los impactos ambientales negativos. Este enfoque establece una secuencia jerarquizada de pasos: evitar, minimizar, restaurar y, finalmente, compensar los impactos significativos.

- **Evitar:** constituye la primera categoría y se enfoca en prevenir los impactos mediante estrategias como cambios tecnológicos, ajustes en la escala del proyecto o modificaciones en su ubicación. Estas medidas son más eficaces cuando se implementan en las etapas iniciales del ciclo del proyecto.
- **Minimizar:** en los casos en que los impactos no puedan ser completamente evitados, se busca reducir su magnitud, duración o alcance mediante, por ejemplo, mejoras tecnológicas.
- **Restaurar:** esta instancia se orienta a recuperar los valores ambientales afectados por el proyecto, ya sea durante su ejecución, operación o posterior al cierre. Se aplica cuando no es posible evitar ni minimizar los impactos.

- **Compensar:** corresponde a acciones de conservación que generan mejoras cuantificables en la biodiversidad, con el objetivo de neutralizar los impactos inevitables. Estas medidas se consideran como última alternativa tras agotar las instancias previas de la jerarquía y tienen como meta alcanzar la pérdida neta cero de biodiversidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023a) o ganancia neta.

«Las compensaciones por pérdida de biodiversidad son resultados medibles relacionados con la conservación que se derivan de acciones diseñadas para compensar impactos adversos residuales significativos en la biodiversidad que surjan del desarrollo del proyecto y permanezcan después de que se hayan tomado las medidas adecuadas para evitarlos, minimizarlos y llevar a cabo tareas de restauración». (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2017)

Gestión ambiental adaptativa

La gestión ambiental adaptativa se basa en un enfoque dinámico y flexible que permite ajustar estrategias de manejo en función de los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto. En los proyectos de hidrógeno, este enfoque es especialmente relevante debido a la naturaleza innovadora de estas tecnologías y los riesgos asociados a su implementación. Este es un abordaje esencial para la gestión de la incertidumbre que introduce la consideración de los efectos del cambio climático (Ver Figura 18).

Figura 18 Gestión ambiental adaptativa y cambio climático.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023a.

Programas

Los programas que componen un PGA varían en función tanto del proyecto como de la organización de las medidas de mitigación y de la normativa aplicable. A continuación, se presentan programas que suelen estar presentes en los PGA. Asimismo, los PGAs suelen incluir una matriz de cumplimiento, un programa específico o una sección dedicada a detallar todos los permisos, inscripciones, certificados, y otros requisitos que deben gestionarse para garantizar el cumplimiento de la normativa aplicable a nivel local, provincial y nacional, e inclusive los compromisos voluntarios del proponente del proyecto.

Programas de protección

Se enfocan en conservar y proteger los recursos naturales, como suelos, agua, aire, biodiversidad, etc. así como también la calidad de vida de la población, el patrimonio (cultural, arqueológico, paleontológico). Incluyen medidas específicas para prevenir la degradación ambiental y promover el uso sostenible de los recursos durante todas las fases del proyecto. Una posible organización de los contenidos de este programa sería:

- Protección de la Atmósfera
- Protección de Suelos
- Protección de Recursos Hídricos
- Protección de la Biodiversidad
- Protección del Paisaje
- Calidad de Vida de la Población
- Seguridad y Salud de los Operarios
- Protección de las Actividades Socio-Económicas
- Control del Tránsito y Transporte
- Protección del Patrimonio Histórico Cultural y Hallazgos Arqueológicos y/o Paleontológicos

Programas de atención a quejas y reclamos

Es fundamental que cualquier estudio en su PGA incluya un sistema de atención a quejas y reclamos (*grievance mechanism*) que disponga de canales accesibles y tiempos claros para la resolución de los casos. Este sistema fomenta la participación comunitaria y fortalece las relaciones con los actores locales, garantizando transparencia y confianza en las actividades del proyecto.

El programa de atención a quejas y reclamos tiene como objetivo gestionar y documentar de manera organizada las inquietudes, sugerencias, quejas y reclamos provenientes de la comunidad o de autoridades locales en relación con las actividades del proyecto. En una primera etapa, cada comunicación es registrada y documentada, ya sea directamente en un libro de sugerencias y reclamos o a través del personal responsable, como el encargado ambiental, el personal en seguridad e higiene, el jefe de obra, etc. según la disponibilidad en el lugar. La comunidad es informada sobre la existencia y accesibilidad de este libro mediante señalización visible y comunicación activa, lo que garantiza que las interacciones se realicen en un ambiente respetuoso y cordial. Una vez documentada, se debe realizar un seguimiento detallado de cada caso, asegurando que las inquietudes sean atendidas y resueltas de manera efectiva.

La etapa final del proceso consiste en plantear y comunicar una respuesta adecuada a la persona, grupo o autoridad que presentó la comunicación. Dependiendo del caso, la respuesta puede incluir información verbal, entrega de documentos escritos, reuniones, visitas al sitio u otras acciones específicas. Esta respuesta debe redactarse en un lenguaje claro, respetuoso y acorde a la situación planteada. Los pasos de análisis y respuesta se repiten hasta que la comunicación se cierre satisfactoriamente, asegurando una interacción transparente y resolutive con la comunidad.

Otros programas

Programas de manejo de instalaciones auxiliares. Establecen medidas para garantizar que la construcción y operación de infraestructura auxiliar (caminos, depósitos, oficinas temporales, etc.) cumplan con estándares ambientales y no generen impactos adicionales al entorno. En la etapa de construcción el programa de manejo del obrador es un ejemplo de programa de manejo de instalaciones auxiliares. También se pueden encontrar programas particulares de manejo de tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento de efluentes, patios de disposición de residuos, etc.

Programas de gestión de emisiones, residuos y efluentes. En el capítulo siguiente, se presentan las emisiones, efluentes y residuos (peligrosos) que se identifican en los proyectos de producción de hidrógeno y sus derivados. A partir de esa identificación se debe construir este programa de gestión.

El programa debe incluir todas las corrientes de residuos, no solamente aquellos categorizados como peligrosos. Se debe identificar con precisión los puntos de generación, tratamiento y disposición final, asegurando el cumplimiento de las normativas vigentes. Debe incluir un sistema detallado de recolección y análisis de datos, diseñado para registrar de manera confiable las características fisicoquímicas y biológicas de los efluentes líquidos y los residuos sólidos, con el objetivo de verificar que no se superen los límites permitidos.

Programa de monitoreo o control. Establece procedimientos para medir y evaluar el cumplimiento de los objetivos ambientales, detectando desviaciones o irregularidades. El programa debe establecer los parámetros específicos a monitorear, como la carga contaminante, el caudal y la composición, y definir claramente las metodologías de análisis, priorizando los aspectos que se encuentren normados. Por ejemplo, el monitoreo de la calidad de la salmuera de rechazo y vuelco de efluentes debe considerar el cumplimiento del marco del Decreto MArDS N° 1.540/16.

La **capacitación del personal** involucrado es otro elemento esencial, con énfasis en la correcta aplicación de los procedimientos establecidos y en el cumplimiento de los requisitos legales y técnicos aplicables. Es por ello que el programa de monitoreo también debe considerar la regular revisión y documentación de las capacitaciones y simulacros. No se debe confundir este programa con un programa de monitoreo de calidad de los factores físicos o físicos y biológicos del área operativa. Además, como todo el PGA, este programa abarca el AI del proyecto.

Por último, este programa requiere de un sistema de gestión documental, junto con un cronograma de actividades que especifique las frecuencias o momentos de monitoreo según la normativa, el diseño del proyecto y el cronograma de la obra. Es esencial que los monitoreos estén acoplados a los hitos de la obra. Finalmente, el programa debe integrar un componente de mejora continua y ajuste que permita una gestión ambiental adaptativa.

Planes de contingencias

Los planes de contingencias identifican y gestionan riesgos específicos asociados a las operaciones del proyecto. En proyectos de hidrógeno, los riesgos están asociados a la inflamabilidad de las sustancias combustibles que se producen, a riesgos por aparatos sometidos a presión, a riesgos por la toxicidad de algunas sustancias, no solo para la salud sino también para el ambiente, riesgo de accidentes e incidentes en general. El plan debe detallar acciones específicas para responder a emergencias, asignando responsabilidades claras y garantizando recursos adecuados para gestionar los riesgos.

La gestión adecuada de las emisiones, residuos y efluentes representa un desafío central en el marco de los proyectos de hidrógeno verde y sus derivados, especialmente debido a la necesidad de garantizar la sostenibilidad ambiental en cada una de las etapas del ciclo de vida del proyecto.

3

Emisiones, efluentes y residuos

3.1 Emisiones

Las emisiones de las plantas de producción de hidrógeno y sus derivados, en lo que respecta a GEIs, están intrínsecamente relacionadas con el concepto de hidrógeno verde, considerando como «verde» aquel generado utilizando energía renovable. Como mencionó previamente, las emisiones de GEI asociada a proyectos de hidrógeno verde y/o sus derivados, estarán limitados por las regulaciones y/o certificaciones de esos productos. A nivel nacional, no existe una diferenciación en los procesos de EIA según si la energía utilizada proviene de una fuente renovable o no.

Según la *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – edición 2023 (MAyDS, 2023a)*, se debe presentar una cuantificación de las emisiones de GEIs considerando los alcances 1 y 2. Esta guía indica que el alcance 1 se refiere a «emisiones directas de GEI que ocurren en fuentes de propiedad de la empresa o bajo su control. Esto incluye las emisiones derivadas de la combustión de calderas, vehículos y cualquier proceso de fabricación de la organización», mientras que en el alcance 2 «se contabilizan las emisiones relacionadas con la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización». Por último, la guía mencionada indica que para el alcance 1 se debe desagregar en: fuentes móviles, fuentes fijas, emisiones fugitivas, emisiones del proceso y eliminación de la vegetación.

Si bien el abordaje de la certificación del hidrógeno no constituye parte del alcance de esta guía, cabe mencionar que la mayoría de las regulaciones y sistemas de certificación existentes o propuestos no tienen en cuenta las emisiones asociadas con la fabricación de las tecnologías involucradas en la producción de hidrógeno, como por ejemplo las emisiones generadas durante la fabricación del electrolizador.

De acuerdo con la información presentada por la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2023) mediante el análisis de ciclo de vida, se estima respecto a los electrolizadores que el impacto es relativamente pequeño, por ejemplo, de 0.13 kg CO₂-eq/kg H₂ para un electrolizador de membrana de intercambio de protones (PEM) funcionando 3.000 horas al año. Sin embargo, existen diversas barreras para la medición completa de las emisiones indirectas de los materiales y los procesos de fabricación necesarios para las tecnologías involucradas en la producción de hidrógeno, en particular vinculadas a faltas de datos del inventario del ciclo de vida y por la tendencia a la disminución de la intensidad de emisiones de la generación de electricidad en los próximos años (IEA, 2023).

En el apartado de impactos ambientales, se identificó la generación de gases de combustión en todas las etapas del proyecto. Además, y respecto del proceso de captura de carbono este puede liberar pequeñas cantidades de aminas al aire atmosférico, las cuales pueden transformarse en VOCs y otras sustancias nocivas (Alagu et al., 2024). Durante el proceso de captura, las aminas pueden degradarse y formar subproductos, algunos de los cuales son potencialmente peligrosos, pudiendo haber emisiones de compuestos secundarios como NO_x y SO_x (sic), contribuyendo a la contaminación del aire (Alagu et al., 2024).

En la Tabla 17 a continuación se presentan los valores de gases de emisión permitidos según la normativa nacional.

Tabla 17

Niveles de contaminantes gaseosos relevantes a los proyectos de hidrógeno verde y sus derivados según ley 20.284

Contaminante	Norma de calidad de aire	Alerta	Alarma	Emergencia
CO (ppm)	10 ppm – 8 hs.	15 ppm – 8 hs.	30 ppm – 8 hs.	50 ppm – 8 hs.
	50 ppm – 1 h.	100 ppm – 1 h.	120 ppm – 1 h.	150 ppm – 1 h.
NOx (ppm)	0,45 ppm – 1 h.	0,6 ppm – 1 h.	1,2 ppm – 1 h.	0,4 ppm – 24 hs.
		0,15 ppm – 24 hs.	0,3 ppm – 24 hs.	
SO ₂ (ppm)	0,03 ppm (70 ug/m ³ , promedio mensual)	1 ppm – 1 h.	5 ppm – 1 h.	10 ppm – 1 h.
		0,3 ppm – 8 hs.		
Partículas en suspensión (mg/m ³)	150 ug/m ³ (promedio mensual)	No aplicable	No aplicable	Idem

Fuente: tomado y modificado de la ley 20.284.

Los VOCs son un amplio conjunto de sustancias. Para el seguimiento se puede considerar BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno o- p- m) que están regulados por la normativa (decreto n.º 831/93) tanto para la matriz de aire, como de agua y de suelo.

En base a la revisión de casos realizada, también se pudo determinar la emisión de gases a la atmósfera en los procesos de producción de metanol y de amoníaco. En la Tabla 18 se individualizan esas emisiones y se indica el proceso que las genera.

Tabla 18 Gases derivados de la producción de amoniaco y metanol

Sustancia	Proceso
CO	Producción del metanol
Vapor de metanol	Producción del metanol
H ₂	Gas de síntesis sin reaccionar
NH ₃	Producción de amoníaco
O ₂	Separación del nitrógeno del aire
Ar	Separación del nitrógeno del aire
N ₂	Separación del nitrógeno del aire
Vapor de agua	Producción del metanol

Fuente: Elaboración propia

Un aspecto de preocupación potencial es que, existe la posibilidad de que el hidrógeno liberado a la atmósfera por fugas prolongue la vida útil del metano presente en la atmósfera, intensificando los efectos climáticos y el agotamiento de la capa de ozono. Por lo tanto, cuando se utilice a gran escala, es importante que el hidrógeno no se escape de manera significativa a la atmósfera. (Signoria, & Barlettani, 2023). Además, algunos GEIs pueden generar impactos ambientales adicionales, como el caso del N₂O. Este óxido es un poderoso GEI, que también puede, mediante deposición seca o húmeda, acidificar lluvias y suelos.

3.2 Efluentes

Los efluentes se presentan en dos grupos: los efluentes resultantes del tratamiento de agua para poder ser utilizada como insumo en la electrólisis y los efluentes del proceso de producción de hidrógeno y sus derivados.

Efluentes del proceso de tratamiento de agua

Como se ha mencionado anteriormente, del proceso de desalinización se obtienen dos productos: agua desmineralizada y agua residual, conocida como salmuera. Los principales impactos sobre el medio natural de la operación de una planta de desalinización de agua se vinculan a la descarga de salmuera.

La desalinización de agua de mar genera como subproducto una salmuera que concentra aproximadamente el doble de sales que el agua marina natural. Esta salmuera contiene diversos aditivos, como antiescalantes (polifosfatos y polímeros), coagulantes (sulfato y cloruro férrico), y bisulfito de sodio, empleado para conservar las membranas. También incluye agua de lavado posterior al tratamiento con desechos concentrados, especialmente sólidos suspendidos que pueden incrementar la turbidez y residuos de hierro, así como soluciones de limpieza usadas para mantener las membranas y realizar pretratamientos. Asimismo, la salmuera contiene altos valores de nitrógeno (Signoria, & Barlettani, 2023).

En la provincia de Chubut, Argentina, la normativa que regula el vuelco de efluentes líquidos en cuerpos de agua está principalmente contenida en el decreto Reglamentario N° 1540/16 de Ley XI N° 35 y detalla los límites específicos para distintos parámetros físico-químicos y microbiológicos de los efluentes líquidos. En la «Tabla I. Límites permisibles en efluente descargado a cuerpo receptor hídrico» del Anexo II incorporado al Anexo A del decreto señalado se indica que la variación de la concentración de Sólidos Disueltos Totales (TSD) en el «cuerpo receptor», fuera de la «zona de mezcla», será menor al 10%. El Decreto brinda definiciones de ambos términos. En este caso, entonces, se debe dimensionar la zona de mezcla mediante modelados con datos específicos del sitio donde se pretende realizar la descarga. En la Tabla 19 se presentan los valores permitidos según la norma mencionada.

Efluentes de la producción de hidrógeno y sus derivados

Los efluentes generados durante la producción de amoníaco y metanol pueden contener bajas concentraciones de estos compuestos, lo que resulta en la formación de agua amoniacal y agua con metanol. La Resolución N.º 336/03 de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires establece que, para descargas a sistemas cloacales, pluviales, cuerpos de agua o mar abierto, el contenido de nitrógeno amoniacal debe ser igual o inferior a 75 mg/l. Para descargas en el suelo, este valor se reduce a 25 mg/l.

Se toman los valores de la provincia de Buenos Aires como referencia, ya que alberga una de las plantas de producción de amoníaco del país (Profertil S.A.), cuyos efluentes tratados se descargan en el estuario de Bahía Blanca. Además, en la Tabla 18 se presentan los valores permitidos para la provincia de Chubut según el Decreto Reglamentario N.º 1540/16.

Por último, el Decreto Nacional N.º 831/93 introduce los niveles guía de calidad de agua para distintas sustancias según los usos del agua. El nivel más restrictivo para el amonio corresponde a la pesca industrial, con un límite de 4 µg/l.

Tabla 19 Límites permisibles en efluente descargado a cuerpo receptor hídrico para la provincia de Chubut

Parámetro	Unidades	Cuerpo de Agua Superficial	Costa Marítima	Mar Abierto mediante Emisario
Sólidos disueltos totales (TSD)	mg/L	La fluctuación será $\leq 10\%$ en el cuerpo receptor, fuera de la zona de mezcla, en el momento de la descarga, para esa profundidad. No debe afectar tomas de consumo/potabilización ni la calidad para otros usos.	La fluctuación será $\leq 10\%$, fuera de la zona de mezcla, en el momento de la descarga, para esa profundidad.	La fluctuación será $\leq 10\%$, fuera de la zona de mezcla, en el momento de la descarga, para esa profundidad.
Nitrógeno amoniacal	mg N-NH ₃ /L	Nitrógeno amoniacal ≤ 5	Nitrógeno amoniacal ≤ 20	Nitrógeno amoniacal ≤ 75

Fuente: tomado y modificado de Decreto Provincial n.º 1540/16

El metanol es un compuesto fácilmente biodegradable, lo que implica que al ser liberado en un cuerpo o curso de agua puede aumentar la DBO o DQO de este. De manera indirecta entonces, se puede considerar los límites de DBO y/o DQO para efluentes industriales, que, tomando de referencia normativa específica de las provincias de Buenos Aires y de Chubut debe cumplir con los límites que se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20 límites permitidos para descarga en cuerpos y cursos de agua en Chubut y Buenos Aires

Parámetro	Provincia – límites
DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) mg/l	CHUBUT Cuerpo de Agua Superficial – Si el factor de dilución está entre 25:1 y 42:1, DBO ≤ 20 . – Si el factor de dilución $\geq 40:1$, DBO ≤ 45 . – Nota: Según el Art. 8, no se permitirán vuelcos con factores de dilución $< 25:1$. Para cuerpos lóticos: DBO ≤ 30 . Costa Marítima ≤ 50 Mar Abierto mediante emisario ≤ 130
	BUENOS AIRES Colectora Cloacal: ≤ 200 Cond Pluv. o cuerpo de agua superficial: ≤ 50 Mar abierto: ≤ 200
DQO (Demanda Química de Oxígeno) mg/l	CHUBUT Cuerpo de Agua Superficial – Si el factor de dilución está entre 25:1 y 42:1, DQO ≤ 100 . – Si el factor de dilución $\geq 40:1$, DQO ≤ 250 . – Nota: Según el Art. 8, no se permitirán vuelcos con factores de dilución $< 25:1$. Para cuerpos lóticos: DQO ≤ 150 . Costa Marítima: ≤ 250 Mar Abierto mediante emisario: ≤ 500
	BUENOS AIRES Colectora Cloacal: ≤ 700 Cond Pluv. o cuerpo de agua superficial: ≤ 250 Mar abierto: ≤ 500

Fuente: Elaboración propia en base a Resolución n.º 336/03 de la Autoridad del Agua de Buenos Aires y el decreto Reglamentario N° 1540/16 de Chubut.

El proceso de Fischer-Tropsch genera agua como subproducto, en gran volumen y con un alto contenido de componentes orgánicos (alcoholes, ácidos carboxílicos, cetonas y aldehídos (Ma et al. 2019) (Rahman et al. 2021), un pH bajo, alta corrosividad y bajo contenido de sólidos en suspensión.

Siempre se debe considerar las aguas de escurrimiento en zona de mantenimiento, en zonas de tanques de combustibles, de carga y descarga de combustibles, de lavado de máquinas, etc. ya que generan efluentes con contenido de hidrocarburos, lubricantes, aceites, etc. así como los sistemas de colección por contingencias en zonas de almacenamiento.

En cuanto a los hidrocarburos totales de petróleo (HTP), su límite para vuelcos varía según la provincia. Por ejemplo, en la provincia de Buenos Aires, la Resolución 336/06 de la Autoridad del Agua (ADA) establece que los HTP deben ser inferiores a 30 mg/l, independientemente del cuerpo receptor, aunque este límite no es aplicable para suelos, donde el valor permitido es cero. Por otro lado, en la provincia de Chubut, según la normativa correspondiente, se establece que los valores deben ser inferiores a 5 mg/l para cuerpos de agua, a 10 mg/l para la costa marítima, y a 15 mg/l para el mar abierto mediante emisario.

3.3 Residuos

Durante la etapa de operación, que abarca también las actividades de mantenimiento, se generarán diversas corrientes de residuos. Entre ellos se incluyen los residuos domiciliarios o aquellos asimilables a estos, así como los residuos inertes que no presentan características peligrosas. Estos materiales serán gestionados de acuerdo con las normativas locales vigentes, ya que no plantean retos significativos para la industria en términos de manejo o disposición.

En esta sección nos centraremos en los residuos peligrosos. La operación de la planta puede generar residuos, como aceites y fluidos de refrigeración, que pueden contaminar el suelo si no se gestionan adecuadamente. Las membranas de ósmosis inversa y de electrodesionización necesitan ser reemplazadas periódicamente y deben gestionarse como residuos peligrosos. Las membranas de ósmosis inversa, después de su vida útil (5 a 10 años), deben considerarse residuos peligrosos debido a los compuestos que han retenido, como sales y contaminantes orgánicos. Se recomienda su reciclaje para recuperar componentes útiles, aunque el método más común es el tratamiento en instalaciones de residuos peligrosos.

En los procesos de tratamiento de agua para obtener la calidad necesaria para alimentar al electrolizador se genera lodo resultante de la remoción de partículas flotantes como algas, grasas, aceites u otros contaminantes líquidos livianos. El Decreto N° 831/93 reglamenta la posibilidad de disponer en rellenos sanitarios los lodos, siempre y cuando cumplan con una serie de requisitos. Para cada caso, deberá realizarse una caracterización de la composición a fin de identificar si son aceptables o no para la disposición indicada; caso contrario, se disponen como residuos peligrosos.

Se debe prestar especial atención a la gestión del hidróxido de potasio (KOH) utilizado en procesos alcalinos, así como a otros productos químicos y metales pesados. El manejo del KOH requiere protocolos estrictos debido a su naturaleza altamente corrosiva. Según la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2019), la regeneración y reutilización de soluciones alcalinas constituye una práctica eficaz para minimizar la generación de residuos peligrosos.

En caso de que el KOH sea desechado, es fundamental que sea neutralizado antes de su eliminación final para reducir riesgos ambientales. Si un residuo contiene hidróxido de potasio, se clasifica generalmente como categoría Y34, que corresponde a residuos alcalinos capaces de generar una alta alcalinidad al entrar en contacto con el agua. Esta clasificación destaca la importancia de su correcta gestión para evitar impactos adversos en el medio ambiente.

En procesos Fischer-Tropsch, los catalizadores a base de cobalto son los más utilizados en aplicaciones industriales por su alta actividad y selectividad a productos de cadena larga. Comúnmente se combinan con promotores como el rutenio, platino, renio, entre otros, para mejorar la actividad y estabilidad. Los catalizadores de cobalto suelen estar soportados en materiales como el sesquióxido de aluminio (Al_2O_3) o sílice (SiO_2). Los

catalizadores de hierro son menos activos que los de cobalto, pero son más adecuados para gases de síntesis ricos en CO. Los promotores comunes incluyen potasio y cobre (Horáček et al., 2020). En la operación normal de la planta se generarán residuos peligrosos con contenidos de estos metales pesados que deben retirarse, almacenarse temporalmente, tratarse y disponerse según la corriente de residuos en la que se clasifiquen.

En la producción de metanol del caso de estudio de Chile mencionado previamente, se utiliza el catalizador Katalco 51-8 que contiene óxidos de cobre, zinc, aluminio y magnesio, además de grafito (Johnson, 2019), y se clasifica como una sustancia tóxica. Este catalizador se estima será reemplazado cada 4 años, y tratado como un residuo peligroso.

Según la Ley 24.051 de Residuos Peligrosos en Argentina, estos residuos se enmarcan en la categoría Y26, que incluye materiales que contienen metales pesados como cobalto, cobre, zinc y sus compuestos. Dichos residuos son considerados peligrosos por su toxicidad y su capacidad de bioacumulación, lo que representa un riesgo significativo para la salud humana y el medio ambiente.

En los procesos de absorción con aminas, se pueden presentar productos de degradación a causa de una reacción química entre estos solventes y otros componentes presentes en el proceso. Algunos ejemplos de productos de degradación incluyen los ácidos acético, fórmico y propiónico, y sus respectivas sales (Thitakamol et al., 2017; Kimura et al., 2017). Las aminas utilizadas en el proceso requieren ser regeneradas y se pueden purificar mediante filtros mecánicos o de carbón activado y procesos de recuperación térmica, con el fin de remover sólidos suspendidos, productos de degradación y otros contaminantes del proceso. Esto genera residuos principalmente compuestos de lodos y productos retenidos, cartuchos, sólidos en suspensión, carbón activado usado, sales termoestables y precipitados sólidos. Estos residuos generalmente se eliminan mediante incineración o se depositan en vertederos (Thitakamol et al., 2017).

Los derrames de combustibles, los efluentes de lavado de maquinaria que no hayan sido gestionados de manera correcta, accidentes o incidentes que puedan darse y generen el vuelco de hidrocarburos o combustibles al suelo, generarán suelos contaminados. Los parámetros más comunes de medición de contaminación del suelo por estos compuestos suelen ser los hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y los BTEX. En la Tabla 21 se presentan los valores de referencia. Con respecto a estos compuestos, la clasificación como residuo peligroso depende de la jurisdicción, ya que algunas normas provinciales incluyen categorías no contempladas en la Ley 24.051, como la categoría Y48. Esta categoría hace referencia a materiales y elementos diversos contaminados con residuos peligrosos identificados en el Anexo I o que presentan características peligrosas según el Anexo II de la Ley 24.051. Entre los elementos incluidos en esta categoría se encuentran envases, contenedores, trapos, tierras, filtros y prendas de vestir que hayan estado en contacto con sustancias peligrosas.

Tabla 21 Parámetros de hidrocarburos en suelo

Parámetro	Nivel guía Dto 831/93	Norma holandesa ⁷
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	–	50 mg/g
BTEX	5µg/g peso seco ⁸	

Fuente: Elaboración propia

⁷ No se cuenta con valor de referencia o valor límite en la normativa argentina

⁸ La norma dictamina los límites individuales para Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos. Se toma el límite más estricto: el del Benceno.

4 Recomendaciones para la participación pública

La participación ciudadana transversal es esencial para todo proceso de toma de decisión sobre cuestiones ambientales, como es el otorgamiento de una licencia ambiental. Los proyectos de producción de hidrógeno verde y sus derivados, y más aún si consideramos los proyectos definidos en esta guía como «integrados» requieren de licencia social para operar. Claramente esta licencia no corresponde a un proceso técnico administrativo, sino a una construcción con los actores.

4.1 Marco normativo de la participación

El marco normativo de la participación ciudadana en cuestiones ambientales encuentra su base en instrumentos internacionales y leyes nacionales que establecen obligaciones claras para garantizar los derechos de información, participación y justicia ambiental (Ver Anexo 1).

El Acuerdo de Escazú establece el acceso a la información ambiental como un derecho esencial, garantizando que esta sea accesible de manera oportuna, efectiva y en un lenguaje no técnico. Este derecho permite a la ciudadanía acceder a datos relevantes sobre proyectos sometidos a evaluaciones ambientales, promoviendo una mayor transparencia y un seguimiento efectivo de las decisiones. Además, resalta la importancia de la participación ciudadana como un proceso transversal de diálogo en el que se consideran las necesidades, intereses y preocupaciones prioritarias de la sociedad. También incluye el acceso a la justicia ambiental, permitiendo a los afectados buscar soluciones ante la negación de información, la exclusión de procesos participativos o decisiones perjudiciales. Finalmente, subraya la necesidad de proteger a quienes defienden los derechos humanos en el ámbito ambiental.

El artículo 7 del Acuerdo de Escazú detalla las obligaciones específicas en materia de participación pública, incluyendo aspectos como temporalidad, modalidades y contenidos mínimos para asegurar instancias participativas significativas. Entre estos contenidos, se destacan aquellos necesarios para que el público comprenda plenamente los proyectos y sus implicancias.

Otro instrumento relevante es el Convenio 169 de la OIT, al que Argentina adhiere, y que establece la obligatoriedad del consentimiento previo, libre e informado (CPLI) de los Pueblos Indígenas. Aunque esta obligación no está protocolizada a nivel nacional, el Instituto Nacional de Asuntos Indígenas (INAI) trabaja en la reglamentación de la Ley n.º 24.071 para desarrollar lineamientos básicos que respeten la cosmovisión y las prácticas culturales de estos pueblos. El CPLI constituye un derecho fundamental y un mecanismo de transparencia frente a decisiones que puedan afectarlos directamente, aplicándose no solo en procedimientos de evaluación ambiental, sino también en cualquier medida legislativa o administrativa que los impacte. Para asegurar su validez, debe cumplir con principios claros que garanticen un proceso de diálogo genuino.

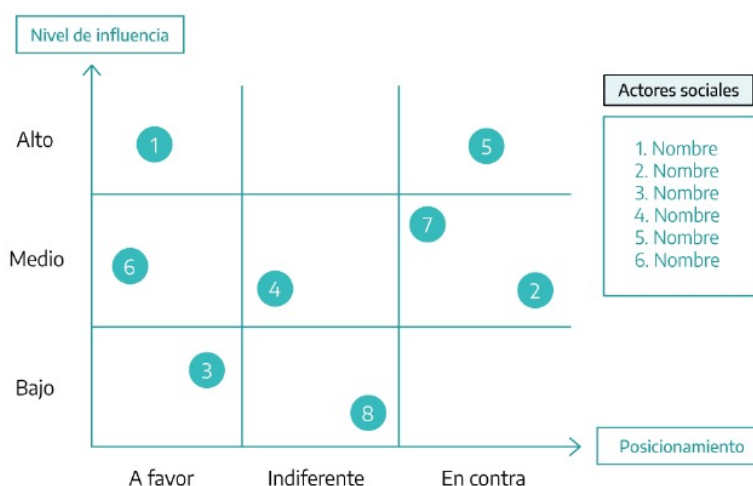
En algunas provincias, como Neuquén, se han desarrollado procedimientos específicos mediante el Decreto provincial N.º 108/2023, mientras que la Administración de Parques Nacionales cuenta con un protocolo propio aprobado por la Resolución N.º 458/2021.

La LGA establece entre los artículos 19 al 21, las consideraciones sobre la participación ciudadana, incluye explícitamente «el derecho de toda persona a ser consultada». Las instancias deben implementarse principalmente en procedimientos de evaluación de impacto ambiental y en los planes de ordenamiento ambiental del territorio, particularmente en las etapas de planificación y evaluación de resultados. La participación temprana es un elemento clave en este proceso, tal como se detalla en la Guía sobre la Participación Pública en Evaluación Ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023d).

4.2 Incorporación de la perspectiva de participación pública

La metodología recomendada para la participación ciudadana, acorde a la Guía sobre la Participación Pública en Evaluación Ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023d) incluye el desarrollo de un mapa de actores clave (Ver Figura 19) que identifique las responsabilidades institucionales, los sectores sociales consultados y los intereses menos visibles. Este mapa permite establecer una visión integral de los grupos interesados y su relación con el proyecto, facilitando el diseño de la comunicación y vinculación de los actores con el proyecto.

Figura 19 Representación esquemática de un mapa de actores



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023d.

El diseño de un plan de participación que defina etapas, espacios específicos y reglas claras para cada instancia es fundamental. Este plan debe proporcionar una hoja de ruta que permita evaluar los logros a medida que avanza el proceso, con la posibilidad de corregir el rumbo cuando sea necesario. Cada encuentro, ya sea en forma de grupos de trabajo, mesas de diálogo o foros, requiere una coordinación adecuada, incluyendo la preparación de una agenda que contemple objetivos, ejes temáticos, técnicas de facilitación y resultados esperados.

Un aspecto crítico en este contexto es la valoración de las diversas formas de conocimiento. Los desequilibrios en el acceso a la información pueden generar desigualdades de poder entre los participantes, por lo que es

necesario abordar dilemas sobre quién produce la información y cómo se gestiona. También resulta crucial generar confianza en los datos compartidos y garantizar que se incorporen tanto los saberes técnicos como las experiencias comunitarias en el proceso de evaluación ambiental.

La *Guía para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023* (MAyDS, 2023a) establece como requisito la generación de un documento de divulgación que actúe como un resumen no técnico para facilitar la comprensión del proyecto, sus implicancias y los mecanismos de comunicación. Además, es esencial contar con un sistema de atención a quejas y reclamos con canales y plazos claros para resolver conflictos, como se planteó anteriormente en el apartado del PGA. Este sistema permite abordar las inquietudes de los actores involucrados y asegurar un seguimiento transparente y eficaz de los procesos participativos.

Bibliografía

- Administración de Parques Nacionales (n.d.). Sistema de Información de Biodiversidad (SIB). <https://sib.gob.ar/>
- Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (n.d.). Normativa Ambiental de la Provincia de Jujuy. <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/agencia/normativa-ambiental-jujuy>
- Agora Energiewende, Agora Industry, Fundación Torcuato Di Tella (2023). 12 perspectivas sobre el hidrógeno – Edición Argentina.
- Aguado Molina, R., Casteleiro Roca, J. L., Jove Pérez, E., Zayas Gato, F., Quintián Pardo, H., Calvo Rolle, J. L. (2021). Hidrógeno y su almacenamiento. El futuro de la energía eléctrica. Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións.
- Alagu, A. R., Boumrifak, C., & López González, L. F. (2024). Carbono para Power-to-X: Fuentes adecuadas de CO₂ e integración en las cadenas de valor de PtX. DECHEMA e.V.
- Aluar Aluminio Argentino S.A.I.C. (2023). Informe ambiental de proyecto: Planta potabilizadora de ósmosis inversa. Consultora Ambiental N.º 287. Puerto Madryn, Chubut, Argentina. Recuperado de: <https://ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2023/09/IAP-PPOI-Aluar-con-anexos-BC.pdf>
- Ausfelder, F., Blaumeiser, D., Boumrifak, C., Frank, D., Kotzur, M., Lucht Uribe, A., Track, T. (2023). Water for X - Water for sustainable hydrogen production and follow-up PtX processes. DECHEMA.
- Aves Argentinas- Asociación Ornitológica del Plata. Posición institucional sobre energía eólica en Argentina. (2019). Posicion Insitucional Energía Eólica_AAAOP.pdf. Disponible en: avesargentinas.org.ar
- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, 2017. Marco Ambiental y Social del Banco Mundial.
- Belesay SA (2021) Comunicación de Proyecto. Planta de Producción de Hidrógeno Verde y derivados. Tomado de: www.ambiente.gub.uy, en setiembre 2024.
- Bernal Aparicio, W., Martínez Cañón, L. E., & Valencia Zuluaga, M. (2022). Guía para la disposición de paneles solares al final de su ciclo de vida en Colombia (Proyecto Integral de Grado). Fundación Universidad de América. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8894/1/27427463-2022-I-GP.pdf>
- Blohm, M y Dettner, F. (2023). Green hydrogen production: Integrating environmental and social criteria to ensure sustainability. Elsevier, Smart Energy. Volume 11, <https://doi.org/10.1016/j.segy.2023.100112>
- Boletín Oficial de la Nación Argentina (n.d.). www.boletinoficial.gob.ar

- Chorkulak, V., Murua, S., Lambertini, G., Villar, P., Bertero, R., Carlino, M., Caratori, L., Rabinovich, G. y López, L. (2024). Fuentes de CO₂ para la producción de PTX en Argentina. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, PTX Hub Argentina.
- Cifuenes Díaz, C. R (2023). Efectos socioambientales de la Industria del Hidrógeno Verde en Chile: Una revisión crítica en la implementación de proyectos sobre la Región de Antofagasta y Magallanes
- Compressed Gas Association. Handbook, disponible en: <https://handbook.cganet.com/monographs/Hydrogen>
- Conesa Fernández Vitora, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 4° Edición. Mundi Prensa.
- Consejo Federal de Inversiones (2024a). Plan hidrógeno Patagonia estudios ambientales. Componente ambiental. Informe integrado de línea de base social. Procesos de consulta y participación.
- Consejo Federal de Inversiones (2024b). Plan hidrógeno Patagonia estudios ambientales. Componente ambiental. Informe final factores ambientales relevantes.
- Corporación Financiera Internacional. (2015). Manual de Buena Práctica: Evaluación y Gestión de Impactos Acumulativos:
- Guía para el Sector Privado en Mercados Emergentes. Washington, D.C.: IFC. Recuperado de <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/ifc-cia-esp.pdf>
- Dalal-Clayton, B., & Scott-Brown, M. (2024). Improving decision-making for the energy transition: Guidance for using strategic environmental assessment. International Association for Impact Assessment (IAIA). Recuperado de: <https://www.iaia.org/improving-decision-making-for-the-energy-transition.php>
- DECHEMA e.V. (2024). Carbono para Power-to-X. Fuentes adecuadas de CO₂ e integración en las cadenas de valor de PtX.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, International PTX Hub.
- De-Leon Almaraz, S., Kocsis, T., Azzaro-Pantel, C. y Oszkar Szantó, Z. (2023). Identifying social aspects related to the hydrogen economy: Review, synthesis, and research perspectives.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2024). Guía para el desarrollo de proyectos de amoniaco verde en México. Bonn y Eschborn, Alemania. Recuperado de: <http://www.giz.de/mexico>.
- Dry, M. E. (1999). Fischer-Tropsch reactions and the environment. Applied Catalysis A: General, 189(1-2), 185–190. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(99\)00275-6](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(99)00275-6)
- EFI Foundation. (2023). U.S. Hydrogen Infrastructure Action Plan. How much? How fast? Infrastructure Requirements of EPA's Proposed Power Plant Rules. EFI Foundation.
- Elsaid, K., Kamil, M., Sayed, E. T., Abdelkareem, M. A., Wilberforce, T., & Olabi, A. (2020). Environmental impact of desalination technologies: A review. Science of the Total Environment, 748, 141528.
- Ente Nacional Regulador del Gas (2006). Normas argentinas mínimas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías. NAG 153. Anexo III. T.O. Resolución ENARGAS N° I 609/2009. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.
- EPA-U.S. Environmental Protection Agency. (2011). EIA Technical Review Guidelines: Energy Generation and Transmission. Vol I & II. Washington: EPA-US.
- Estudios y Servicios Ambientales SRL.(2020). Estudio de impacto ambiental: Construcción del gasoducto APO - La Mora, Provincia del Neuquén.

- Gestión Ambiental Consultores S.A. (2024). Estudio de Impacto Ambiental: Proyecto integral para la producción y exportación de Amoniaco Verde – HNH Energy (Rev. 0).
- GIZ (s.f.). tomado de <https://ptx-hub.org/how-ptx-works/>
- Graves, C., Ebbesen, S. D., Mogensen, M., & Lackner, K. S. (2011). Sustainable hydrocarbon fuels by recycling CO₂ and H₂O with renewable or nuclear energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 1–23. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.014>
- Guthrie, S., Giles, S., Dunkerley, F., Tabaqchali, H., Harshfield, A., Ioppolo, B., & Manville, C. (2018). The impact of ammonia emissions from agriculture on biodiversity: An evidence synthesis. RAND Corporation. Disponible en: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2695.html
- Haldor Topsoe. (2023). Infografía: Cómo se produce el metanol verde a partir de hidrógeno verde. Recuperado de: <https://www.topsoe.com>
- Hartmann, N., Pradelli, V., Márquez, J.S., Gischler, C., Boeck Daza, E. y Galeano, P. (2023). Guide for the implementation of a hydrogen certification system in Latin America and the Caribbean. IDB Technical Note 2861.
- HIF Global. (nd). Esquema del proyecto Haru Oni: Planta de combustibles sintéticos en Magallanes, Chile. Recuperado de: <https://www.hifglobal.com>
- H. Kimura et al., «Environmental Risk Assessment of MEA and its Degradation Products from Post-combustion CO₂ Capture Pilot Plant: Drafting Technical Guidelines,» *Energy Procedia*
- Horáček, J. (2020). Fischer–Tropsch synthesis, the effect of promoters, catalyst support, and reaction conditions selection. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*, 151(10), 1599–1622. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00706-020-02590-w>
- Hydrogen Europe. (2021). The role of hydrogen in Europe’s future energy systems. Hydrogen Europe.Iberdrola. (s.f.). Reciclaje de paneles solares.
- Iberdrola. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-actividad/energia-solar-fotovoltaica/reciclaje-paneles-solares>
- INERCO. (2023). Estudio de impacto ambiental asociado al proyecto de generación de hidrógeno renovable en Los Barrios (Cádiz). EDP.
- Infoleg. Información legislativa y documental (n.d.). <https://www.infoleg.gob.ar/>
- Instituto Americano del Petróleo (2009). API Recommended Practice 752: Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Permanent Buildings (3rd ed.). American Petroleum Institute.
- Instituto de Hidráulica Ambiental & Centro de Estudios de Puertos y Costas. (2010). Guía metodológica: Metodología de diseño de los vertidos al mar de la salmuera, para reducir el impacto ambiental de las plantas desaladoras. Proyecto MEDVSA, Programa Nacional de Desarrollo Experimental. Universidad de Cantabria.
- International Energy Agency (IEA) (2019). The Future of Hydrogen. Seizing today’s opportunities.
- International Energy Agency (2023). Global Hydrogen Review 2023.
- International Energy Agency (2023). Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity. G7 2023 Hiroshima Summit: Climate, Energy and Environmental Ministerial.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) & International Energy Agency Photovoltaic Power Systems (IEA-PVPS). (2016). End-of-life management: Solar photovoltaic panels. IRENA & IEA-PVPS. Disponible en: <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels>

- IRENA (2019), Hydrogen: A renewable energy perspective, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi
- IRENA. (2020). Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020
- IRENA y Methanol Institute (2021). Innovation Outlook : Renewable Methanol, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2022), Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part I – Trade outlook for 2050 and way forward, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA & BlueRisk. (2023). Water for hydrogen production. International Renewable Energy Agency.
- Jefatura de Gabinete de Ministros. Vicejefatura de Gabinete del Interior y Ambiente. Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación. Evaluación de Impacto Ambiental. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/evaluacion-de-impacto-ambiental>
- Johnson Matthey. (2019). Hoja de datos de seguridad: Katalco 51-8. Versión 2, emitido el 12 de marzo de 2019. Johnson Matthey.
- Kuprewicz, R. B. (2022). Safety of Hydrogen Transportation by Gas Pipelines. Accufacts Inc. Disponible en: <https://www.pstrust.org/>
- Labunski, F., Schnurr, B., Pössinger, J., & Götz, T. (2024). Environmental impact of e-fuels via the solid oxide electrolyzer cell (SOEC) and Fischer-Tropsch synthesis (FTS) route for use in Germany. Energies, 17(1078). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en17051078>
- Lamas, R., & Aguilar, D. (2015). Evaluación de Impacto Ambiental en una Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Minería en el Norte de Chile. Universidad de Chile.
- Methanol Institute (2013). Manual de la manipulación segura del metanol. Disponible en: www.methanol.org
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (2022). Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (2023a). Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental - Edición 2023. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/guias-de-evaluacion-ambiental>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023b). Lineamientos para el abordaje de la Evaluación Ambiental Estratégica. Aprobadas por la Disposición DNEA No. 1/2023.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023c). Diagnóstico del estado de la Evaluación Ambiental 2022. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/evaluacion-ambiental/impacto/diagnostico>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023d). Guía sobre participación pública en la Evaluación Ambiental. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/guias-de-evaluacion-ambiental>
- Ministerio de Ambiente (n.d.). Provincia de Buenos Aires. Normativa Provincial Ambiental. https://www.ambiente.gba.gob.ar/contenido/normativa_ambiental_nacional
- Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de Jujuy (n.d.) <https://ambientejujuy.gob.ar/>
- Ministerio de Justicia. Sistema Argentino de Seguridad Jurídica (n.d.) <http://www.saij.gob.ar/>
- Ministerio de Salud y Ambiente de Santa Cruz (n.d.) <https://saludsantacruz.gob.ar/secretariadeambiente/>
- Moreira, S., Laing, T. (2022). Sufficiency, sustainability, and circularity of critical materials for clean hydrogen. The World Bank and Hydrogen Council.

- Müller, F., Tunn, J., & Kalt, T. (2022). Hydrogen justice. *Environmental Research Letters*, 17(11).
- Naciones Unidas (2019). Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) (8th ed.). United Nations. Disponible en: <https://unece.org/ghs-rev8-2019>
- Naciones Unidas (2021). Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Model Regulations (23rd ed.). United Nations. Disponible en: <https://unece.org/rev23-model-regulations>
- Niklas Andersen, Ola Eriksson, Karl Hillman and Marita Wallhagen (2016). Wind Turbines' End-of-Life: Quantification and Characterisation of Future Waste Materials on a National Level. MDPI.
- Organización Internacional de Normalización (n.d.). <https://www.iso.org/es/home.html>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1981). Convenio sobre la seguridad y la salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155). Recuperado de <https://normlex.ilo.org/>
- Palys, Matthew J. y Prodromos Daoutidis (2022) „Power-to-X: A review and perspective.« *Computers & Chemical Engineering* 165 (2022): 107948.
- Páez Zamora, J. C., Quintero, J. D., & Scott-Brown, M. (2023). Guía práctica para la evaluación y gestión de impactos acumulativos en América Latina y el Caribe. Corporación Interamericana de Inversiones (BID Invest). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>
- Panfilov, M. (2016). Underground and pipeline hydrogen storage. Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-362-1.00004-3>
- Pares & Alvarez (2020). Ingeniería y proyectos. Declaración de Impacto Ambiental „Proyecto Piloto de Descarbonización y Producción de Combustibles Carbono Neutral». Tomado de: www.sea.gob.cl
- Parfomak, P. W. (2021). Pipeline Transportation of Hydrogen: Regulation, Research, and Policy. Congressional Research Service. Disponible en: <https://crsreports.congress.gov>
- Profertil S.A. (2023). Ficha de datos de seguridad: Amoníaco anhidro.
- Profertil S.A. (2024). Reporte de sostenibilidad 2023: Capítulo 3 - Aspectos ambientales. Profertil. Disponible en: <https://rs.profertil.com.ar/>
- Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética en Chile. Cadena de Valor del Hidrógeno Verde. Disponible en: <https://4echile.cl/recursos/cadena-de-valor-h2/>
- REDLASEIA (2024). Presentación mesa de trabajo n.º 2. Tomado de: www.redlaseia.org, visitado en setiembre 2024.
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Colesie, C., & Weselek, A. (2023). Agrophotovoltaics: Synergies and perspectives for agriculture and energy transformation. *Energy, Sustainability and Society*, 13(1).
- Schmidt, R., Frank, D. (2023). GreeN-H₂ Namibia. Feasibility Study for Green Hydrogen in Namibia. Report on desalination, brine treatment options, disposal options and its potential impacts on maritime life. DECHEMA.
- Scottish Government (2021). SEA of the Draft Hydrogen Action Plan for Scotland. Environmental report.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2019). Guía para la evaluación de los impactos ambientales de proyectos de energías renovables - 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

- Secretaría de Ambiente de Tierra del Fuego (n.d.) <https://saludsantacruz.gob.ar/secretariadeambiente/>
- Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Nación (2023a). Estrategia Nacional para el desarrollo de la economía del hidrógeno. Argentina. Disponible en: www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/07/estrategia_nacional_de_hidrogeno_-_sae.pdf
- Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Nación (2023b). Evaluación Ambiental Estratégica. Síntesis de resultados Preliminares. Disponible en: www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/09/resultadospreliminareseae2023.pdf
- Secretaría de Turismo, Ambiente y Deporte, Subsecretaría de Ambiente (n.d.) Centro de Información Ambiental-Sistema Integrado de Información Ambiental (CIAM). <https://ciam.ambiente.gob.ar/repositorio.php?tid=6#>
- Secretaría de Turismo, Ambiente y Deporte, Subsecretaría de Ambiente (n.d.). Mapa de Parques Nacionales Argentinos. <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/parquesnacionales>
- Servicio de Evaluación Ambiental (2023). Criterio de evaluación en el SEIA: descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA. Santiago de Chile. Chile.
- Servicio de Evaluación Ambiental de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena (2021). Informe consolidado de la evaluación de la declaración de impacto ambiental del proyecto «Proyecto Piloto de Descarbonización y Producción de Combustibles Carbono Neutral». Servicio de Evaluación Ambiental. Disponible en: <https://validador.sea.gob.cl/validar/2151723370>
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (2024). Guía áreas de influencia en ecosistemas terrestres. Dirección Ejecutiva del Servicio de Evaluación Ambiental, Santiago, Chile. Recuperado de: <https://www.sea.gob.cl>
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (2017). Guía para la descripción del área de influencia en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Servicio de Evaluación Ambiental. Recuperado de: <https://www.sea.gob.cl>
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (2023). Guía para la descripción de proyectos de plantas desalinizadoras en el SEIA. Primera edición, Santiago, Chile. Recuperado de: <https://www.sea.gob.cl>
- Servicio de Evaluación Ambiental, Región de Antofagasta (SEIA) (2021). Informe consolidado de la evaluación: Declaración de impacto ambiental del proyecto «HyEx - Síntesis de Amoniaco Verde». SEIA Chile. Disponible en: <https://validador.sea.gob.cl/validar/2155599641>
- Signoria, C., & Barlettani, M. (2023). Environmental, health, safety, and social management of green hydrogen in Latin America and the Caribbean: A scoping study (IDB Technical Note No. 2554). Inter-American Development Bank.
- Sistema de la Provincia de Chubut de Información Ambiental (n.d.). <https://spia.chubut.gov.ar/>
- Subsecretaría de Ambiente. Buscador de leyes ambientales (n.d.). <http://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/normativa>
- Sutton, M., Reis, S. and S.M.H. Baker (eds), Atmospheric Ammonia, 41. Springer Science + Business Media B.V. 2009.
- Synfuels Americas (2021). Productos derivados del proceso Fischer-Tropsch. Synfuels Americas. Disponible en: <https://www.synfuelsamericas.com>.
- Thitakamol, B., Veawab, A., & Aroonwilas, A. (2007). Environmental impacts of absorption-based CO2 capture unit for post-combustion treatment of flue gas from coal-fired power plant. International Journal of Greenhouse Gas Control, 1(3), 318–342. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1750-5836\(07\)00042-4](https://doi.org/10.1016/S1750-5836(07)00042-4)

- Varaschin, G., von Meyer, H., Scheyl, J., Friese, J., Rauch, N. (2022). PtX.Sustainability: Dimensions and Concerns. Towards a conceptual framework for standards and certification. International PTX Hub.
- Vicuña, S., Daniele, L., Farías, L., González, H., Marquet, P. A., Palma-Behnke, R., Stehr, A., Urquiza, A., Wagemann, E., Arenas-Herrera, M. J., Bórquez, R., Cornejo-Ponce, L., Delgado, V., Etcheberry, G., Fragkou, M. C., Fuster, R., Gelcich, S., Melo, O., Monsalve, T., ... Winckler, P. (2022). Desalinización: Oportunidades y desafíos para abordar la inseguridad hídrica en Chile. Comité Asesor Ministerial Científico sobre Cambio Climático; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
- Vukasovic, V, Carreño, R., Jaeger, P. y Salgado, T. (2023). Desalinización de agua de mar y reutilización de aguas de desecho para la producción de hidrógeno verde y derivados en Chile. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, International PTX Hub.
- Vukasovic, V., & Messina, D. (2023). Análisis de la disponibilidad de CO₂ para la producción de derivados de H₂ verde en Uruguay. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- World Bank Group (2007). Environmental, health, and safety guidelines for wind energy. International Finance Corporation. Disponible en: <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2000/final-wind-energy.pdf>
- World Health Organization (2022). Chemical fact sheets: Ammonia. Recuperado de: <https://www.who.int/publications/m/item/chemical-fact-sheets--ammonia>

6 Anexos

A1. ANEXO 1 Marco normativo

A1.1 Introducción

El derecho ambiental de la República Argentina está compuesto por normativa nacional, provincial y municipal, además de los tratados y convenciones internacionales que tienen rango constitucional. En este anexo se presenta la normativa de mayor relevancia para la guía a nivel nacional, así como los marcos aplicables de cinco provincias seleccionadas (Buenos Aires, Chubut, Jujuy, Santa Cruz y Tierra del Fuego).

La Constitución Nacional (CN) de la República Argentina, ley suprema en todo el territorio, establece la organización federal de la normativa ambiental: el Estado Nacional aprueba leyes de presupuestos mínimos de protección ambiental (PMPA), que pueden ser complementadas por las provincias en el ejercicio del dominio sobre los recursos naturales existentes en su territorio y del poder de policía en sus jurisdicciones.

Asimismo, la CN recepta el derecho colectivo a «gozar de un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras» (art. 41), siendo la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) uno de los instrumentos de política y gestión ambiental receptado por la Ley General del Ambiente (LGA) N° 25.675. La LGA establece que toda obra o actividad que sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población en forma significativa, debe someterse obligatoriamente a dicho procedimiento antes de su ejecución. En consecuencia, todo proyecto requerirá, como parte de la EIA, la ejecución de un análisis completo de la normativa vigente aplicable.

Acorde la Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Edición 2023, aprobada por Resolución MAYDS N° 23/23, en tales estudios se debe incluir la normativa nacional, provincial y municipal aplicable en las jurisdicciones donde se emplaza el proyecto, los aspectos regulatorios sectoriales y la compatibilidad del proyecto con dicho marco normativo. Se destaca que en los procesos de EIA pueden intervenir el Estado Nacional, las provincias y el o los municipios en donde se establezca el proyecto, a los fines de obtener el permiso solicitado por el proponente. La evaluación de normativa municipal excede el presente producto, no obstante, lo cual los proponentes deben realizar su análisis de acuerdo con el emplazamiento del proyecto objeto de EIA.

La autoridad de aplicación a nivel nacional es la actual Subsecretaría de Ambiente, perteneciente a la Secretaría de Turismo, Ambiente y Deporte de la Vicejefatura de Gabinete del Interior. Las autoridades provinciales son las encargadas de evaluar los proyectos u obras que se encuentran en su jurisdicción, ejerciendo su autoridad de aplicación.

A1.2 Marco normativo de proyectos de Hidrógeno Verde

Actualmente no existe en Argentina un marco normativo que resulte aplicable a la producción, transporte, almacenamiento y uso del hidrógeno. La Ley N° 26.123 de 2006 establecía un régimen para el desarrollo de la tecnología, producción, uso y aplicaciones del Hidrógeno como combustible y vector de energía, no obstante, finalizó su vigencia conforme el art. 21, que establecía un plazo de vigencia de 15 años a partir de la promulgación (2 de agosto de 2006).

Resulta relevante para el caso de la producción de hidrógeno verde por electrólisis con fuentes de energías renovables, hacer mención a la Ley N° 27.191, modificatoria de la Ley N° 26.190, que establece el «Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica», y prevé incentivos para el primer eslabón de la cadena de valor del hidrógeno.

Desde el vencimiento de la ley de hidrógeno N° 26.123 se han enviado para tratamiento legislativo diversos proyectos de ley en relación al hidrógeno verde, tanto nacionales como provinciales, específicamente con respecto a regímenes de promoción, investigación y fomento. Asimismo, Argentina publicó en septiembre de 2023 su Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno (ENH) posicionando al hidrógeno como vector productivo en la transición energética del país.

A1.3 Marco Normativo Nacional

La reforma de la CN de 1994 incorporó en su art. 41 el derecho colectivo a «gozar de un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras». El mismo artículo estableció la obligación de recomponer el daño ambiental y el deber de las autoridades de proveer a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.

En su segundo párrafo, el art. 41 de la CN atribuyó a la Nación la facultad de dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección ambiental (PMPA), y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales. Corresponde así a la Nación establecer el piso de protección, que deberá ser respetado por las provincias.

Por otra parte, el art. 124 reconoció a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.

El art. 75 de la CN, dentro de las atribuciones del Congreso, establece que le corresponde... «Inc.17. Reconocer la preexistencia étnica y cultural de los pueblos indígenas argentinos (...). Asegurar su participación en la gestión referida a sus recursos naturales y a los demás intereses que los afecten. Las provincias pueden ejercer concurrentemente estas atribuciones».

Las leyes de PMPA existentes en nuestro ordenamiento hasta la fecha, serán analizadas oportunamente, según la temática, en caso de corresponder para los proyectos de análisis: Ley N° 25.675 LGA. Establece el Marco Normativo en relación a los procedimientos de EIA; Ley N° 25.831 Régimen de libre acceso a la información ambiental. Apartado « Marco Normativo en relación a los procedimientos de EIA; Ley N° 25.688 Régimen de Gestión Ambiental de Agua; Ley N° 25.916 Residuos Sólidos Urbanos; Ley N° 26.562: Control de actividades de quema; Ley N° 26.815 Manejo del Fuego; Ley N° 26.331 Bosques Nativos Parques, Bosques y Reservas; Ley N° 26.639 Preservación de los glaciares y del ambiente periglacial; Ley N° 25.612 Gestión Integral de los Residuos Industriales y de Actividades de Servicio; Ley N° 25.670 Gestión y eliminación de los PCBs; Ley N° 27.279. Productos Fitosanitarios; y Ley N° 27.520. Estrategia Nacional de Cambio Climático, instrumentos de mitigación y adaptación.

Entre las leyes de PMPA, la más relevante a los efectos de esta guía es la Ley N° 25.675 Ley General del Ambiente (LGA), del año 2002, establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Establece, además, los principios de la política ambiental. Bajo la tutela uniforme de los PMPA se imponen determinados instrumentos de política y gestión ambiental, cuya aplicación es obligatoria en todo el territorio de la Nación. Entre estas exigencias se establece la obligatoriedad de la EIA, el Ordenamiento Territorial, la educación ambiental y el sistema de información ambiental, entre otros. La EIA debe realizarse para «toda obra o proyecto que sea susceptible de degradar el ambiente, algunos de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, de forma significativa».

En el Anexo I de la LGA se propicia la creación del COFEMA (Consejo Federal de Medio Ambiente) órgano que congrega a los responsables ambientales de todas las provincias argentinas, la Ciudad de Buenos Aires y la Nación. Quien preside el COFEMA es electo por el voto de sus miembros, de acuerdo con lo dictaminado en el Anexo II. La LGA establece instrumentos en forma general, conformando el «marco» institucional para toda regulación al efecto, estableciendo las exigencias mínimas que debe contener.

A1.4 Marco Normativo relevante para el procedimiento de EIA

Evaluación de Impacto Ambiental

La EIA es un procedimiento técnico-administrativo obligatorio, de carácter preventivo, que permite la toma de decisiones informadas sobre la ejecución de un proyecto u obra. El documento técnico central es el Estudio de Impacto Ambiental (EslA), a cargo del proponente del proyecto, siendo el objetivo final la obtención de la aprobación, otorgando una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) formalizada a través de un acto administrativo que puede ser una resolución o disposición.

La LGA establece que toda obra o actividad que sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en forma significativa, estará sujeta obligatoriamente a un procedimiento de EIA, previo a su ejecución (art. 11). Requiere la presentación de una declaración jurada manifestando si la obra o actividades afectarán el ambiente, debiendo la autoridad competente determinar el alcance de los requisitos y emitir una declaración aprobando o rechazando los estudios presentados (art. 12). Los EslA deberán contener, como mínimo, una descripción detallada del proyecto de la obra o actividad a realizar, la identificación de las consecuencias sobre el ambiente, y las acciones destinadas a mitigar los efectos negativos (art. 13). Si bien la ley define un contenido mínimo para los EslAs, su alcance y complejidad es competencia de las autoridades de la jurisdicción local correspondiente. Respecto de la información ambiental establece que las personas físicas y jurídicas, públicas o privadas, deben brindar información en relación a la calidad ambiental y referida a las actividades que desarrollan. Además, todo habitante podrá obtener de las autoridades la información ambiental que administren, exceptuando los casos donde esté legalmente definida como reservada (art.16).

El art. 21 de la LGA, exige la participación ciudadana en los procesos de EIA, sobre todo en la etapa de proyecto y de análisis de resultados. Cabe destacar que las instancias de participación ciudadana no son vinculantes para la DIA. El art. 22 establece la necesidad de la adquisición de un seguro de cobertura o que garantice el Seguro Ambiental Obligatorio (SAO) para garantizar el financiamiento de la recomposición del daño que pudiese producir.

La Resolución N° 23/23 de la ex Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación del entonces Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, aprueba como Anexo I y II, la Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental - Edición 2023 y la Guía sobre la Participación Pública en la Evaluación Ambiental. La Resolución N° 434/2019 de la ex Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable establece el alcance y procedimiento para la aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica. A través de la Disposición N° 1/2023 de la ex Dirección Nacional de Evaluación Ambiental del ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se aprueban como Anexo los Lineamientos generales para la consideración de la Evaluación Ambiental Estratégica según la naturaleza de las actividades en las políticas, planes y programas del Estado Nacional.

Participación Pública y Acceso a la Información

La LGA regula, en sus artículos 19, 20 y 21, los procesos de participación ciudadana. Específicamente, el art 21 indica que: «La participación ciudadana deberá asegurarse, principalmente, en los procedimientos de EIA y en los planes y programas de ordenamiento ambiental del territorio, en particular, en las etapas de planificación y evaluación de resultados.»

La Ley N° 25.831, de Régimen de libre acceso a la información ambiental, establece los presupuestos mínimos para garantizar el derecho de acceso a la información ambiental que se encuentre en poder del Estado, tanto en el ámbito nacional como provincial, municipal, como así también de entes autárquicos y empresas prestadoras de servicios públicos, cualquiera sea la composición del capital (públicas, privadas o mixtas).

La Ley N° 23.302, sobre Políticas Indígenas y Apoyo a las Comunidades Aborígenes, declara el interés nacional a la atención y apoyo a los aborígenes y a las comunidades indígenas existentes en el país, así como su defensa y desarrollo para su plena participación en el proceso socioeconómico y cultural de la Nación, respetando sus propios valores y modalidades.

La Ley N° 24.071 aprueba el Convenio OIT 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. En el art. 2° se establece que los gobiernos deberán asumir la responsabilidad de desarrollar, con la participación de los pueblos interesados, una acción coordinada y sistemática con miras a proteger los derechos de esos pueblos y a garantizar el respeto de su integridad. En el art. 15° se establece que los derechos de los pueblos interesados a los recursos naturales existentes en sus tierras deberán protegerse especialmente. Estos comprenden el derecho de esos pueblos a participar en la utilización, administración y conservación de dichos recursos.

La Ley N° 27.566 , aprueba el Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, llamado «Acuerdo de Escazú», que tiene como objetivo garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos al acceso a la información ambiental, la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales, y el acceso a la justicia en asuntos ambientales.

Algunas provincias cuentan con normativa que regula la audiencia pública; por lo general, con alcance amplio para actos de Gobierno, incluyendo su aplicación en materia ambiental. Tal es el caso a nivel nacional de las audiencias públicas de EIA, que se encuentran reguladas por el Decreto N° 1172/03 „Reglamento General para la Publicidad de la Gestión de Intereses en el ámbito del Poder Ejecutivo Nacional«.

Seguros Ambientales

El art. 22 de la LGA establece la necesidad de contratación de un seguro, para toda persona física o jurídica, pública o privada, que realice actividades que representen un riesgo para el ambiente a fin garantizar la reparación del daño ambiental que en su tipo pudiere producir; asimismo, según el caso y las posibilidades, podrá integrar un fondo de restauración ambiental que posibilite la instrumentación de acciones de reparación.

La Resolución conjunta de la ex Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS), Secretaría de Finanzas (SF) y Superintendencia de Seguros de la Nación (SSN) N° 177/2007 (modificada por Res SAyDS N° 303/2007 y N° 1639/2007), aprueban las normas operativas para dicha contratación. Para el caso en que el proponente presente el EslA, en jurisdicciones provinciales la autoridad de aplicación provincial será la encargada de controlar estos requerimientos en materia de Seguros Ambientales.

Normativa provincial EIA

Para las provincias de Buenos Aires, Chubut, Jujuy, Santa Cruz y Tierra del Fuego

Jurisdicción	Norma	
Buenos Aires	Constitución Provincial	La Constitución contempla el derecho a un ambiente sano en su art. 28, siendo el marco legal fundamental a nivel provincial en Buenos Aires que consagra el derecho a un ambiente sano y obliga tanto a los ciudadanos como a las autoridades a preservar y proteger el medio ambiente. A su vez, establece el principio de recomposición ambiental en caso de daños al medio ambiente, priorizando la restauración del entorno afectado. Las leyes y normas complementarias desarrollan este principio constitucional para aplicarlo en distintas áreas, como la gestión de residuos, la protección de recursos naturales, la evaluación de impacto ambiental, entre otros.
	Ley N° 11.723. Decreto N° 2.135/90	El marco normativo que regula los procedimientos EIA en la Provincia de Buenos Aires (PBA) es amplio y se sustenta en la normativa nacional, al tiempo que desarrolla sus propios procedimientos y regulaciones específicas. La ley N° 11.723 - Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de la Provincia de Buenos Aires, conocida como la Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, es el pilar fundamental de la normativa ambiental en la provincia. Sancionada en 1995, establece los lineamientos para la protección, preservación y gestión del medio ambiente en Buenos Aires. Esta ley es de carácter general y abarca aspectos ambientales diversos, siendo el procedimiento de EIA uno de los elementos centrales. El artículo 10, obliga a someter a una EIA a aquellos proyectos y actividades que puedan afectar el ambiente de manera significativa; el artículo 11 determina que las autoridades deben evaluar los impactos negativos que una actividad propuesta podría generar sobre el ambiente y, de ser necesario, rechazarla o establecer medidas de mitigación; el artículo 20, dispone la obligatoriedad de la participación ciudadana mediante audiencias públicas para aquellos proyectos de gran envergadura o que puedan causar alteraciones relevantes en el ambiente. El Decreto Reglamentario N° 2.135/90 (modificado por el Decreto N° 3.483/02) establece los procedimientos específicos para la implementación de la EIA en la Provincia de Buenos Aires. Este decreto reglamenta los mecanismos y pasos necesarios para llevar a cabo el proceso de evaluación. La Provincia de Buenos Aires posee una normativa robusta y específica para la EIA a través de la Ley N° 11.723, el Decreto N° 2.135/90, y las resoluciones del OPDS (actualmente Ministerio de Ambiente), las cuales son complementadas por leyes sectoriales.

	Ley N° 11.459	La provincia de Buenos Aires, es la única provincia de las evaluadas la cual tiene una ley de Radicación Industrial, la que establece el marco normativo para la localización, categorización y control de las actividades industriales dentro de la provincia. Su objetivo principal es regular la instalación y operación de establecimientos industriales para minimizar su impacto ambiental y proteger la salud pública y el entorno. Algunos puntos claves para EIA es que esta ley clasifica las industrias en tres categorías (1, 2 y 3), de acuerdo con el nivel de riesgo y el impacto ambiental que puedan generar. Las categorías más altas, como la tercera, corresponden a industrias de mayor riesgo ambiental, que incluirá aquellos establecimientos donde su funcionamiento constituye un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente. Asimismo, se incluye en la tercera categoría por la Resolución 80/99, de la entonces Secretaría de Política Ambiente a los establecimientos industriales que se consideran peligrosos porque elaboran y/o manipulan sustancias inflamables, corrosivas, de alta reactividad química, infecciosas, teratogénicas, mutagénicas, carcinogénicas y/o radioactivas, y/o generan residuos especiales de acuerdo con lo establecido por la Ley N° 11.720 y su Decreto Reglamentario N° 806/97, que pudieran constituir un riesgo para la población circundante u ocasionar daños graves a los bienes y al medio ambiente de acuerdo a lo establecido por el artículo 9° del Decreto N° 1741/96, serán consideradas de Tercera Categoría independientemente de su Nivel de Complejidad Ambiental (NCA). Establece condiciones de localización según la categoría, determinando qué tipo de industrias pueden instalarse en cada zona (urbana, rural, industrial, etc.) y exige la presentación de un EsIA. La autoridad ambiental provincial, principalmente el Ministerio de Ambiente, es responsable de otorgar permisos, evaluar los EsIAs y realizar inspecciones para asegurar el cumplimiento de las normativas. También se establecen sanciones y medidas para las industrias que no cumplan con las regulaciones ambientales o que operen sin los permisos necesarios.
Chubut	Constitución Provincial.	El Capítulo VI, en sus artículos 109 al 111, versan sobre derechos a un ambiente sano y la preservación de la integridad y diversidad natural y cultural del medio. Establece prohibiciones en relación a residuos peligrosos, tóxicos o radioactivos, o susceptibles de serlos.
	Decreto N° 1153/1995	La provincia sigue las directrices generales establecidas en la ley nacional N° 25.675, con una estructura de normativa sólida para la regulación de EIA. El decreto 1153/1995 establece la regulación marco para la protección ambiental provincial. Define los principios rectores para el desarrollo sustentable y la preservación de los recursos naturales en la provincia. Este decreto establece la base para el procedimiento de EIA en la provincia, introduciendo la obligatoriedad para actividades que potencialmente afecten el ambiente, bajo el principio de precaución. La autoridad de aplicación es la actual Dirección General de Evaluación Ambiental, perteneciente a la Secretaría de Ambiente y control de Desarrollo Sustentable, y se exige la participación tanto de organismos de la provincia (como el Instituto Provincial del Agua) como de las municipalidades afectadas, para asegurar que el desarrollo de proyectos industriales y energéticos se realice de forma responsable y en equilibrio con la protección del ambiente y los recursos naturales. Este marco normativo asegura un enfoque multidimensional, donde tanto el estado provincial como los gobiernos municipales y organismos reguladores participan en la supervisión y control de los proyectos, promoviendo el desarrollo sustentable en el territorio chubutense.

	Decreto N° 185/09	Regula los aspectos técnicos y administrativos para la realización de la EIA. Su Anexo V establece específicamente los proyectos y actividades que requieren una EIA debido a su potencial impacto en el ambiente, y también define los criterios y procedimientos para su presentación. En particular, el Anexo V de este decreto exige la presentación de una EIA para varias actividades, tales como: la «producción de energía» (requiriendo EIA para proyectos que involucren la producción y generación de energía, especialmente en actividades que impliquen la utilización de recursos naturales o la emisión de contaminantes), «industrias químicas» (incorporando la obligatoriedad para las industrias que manipulan sustancias químicas, dado su potencial riesgo para el ambiente y la salud pública), y «obtención de oxígeno e hidrógeno a escala industrial». A diferencia de otras provincias, Chubut menciona de manera expresa a las plantas que producen oxígeno e hidrógeno a escala industrial, indicando una atención particular a los riesgos asociados con estos procesos industriales. La autoridad de aplicación para la EIA en Chubut es la Dirección General de Evaluación Ambiental, que depende de la Secretaría de Ambiente de la provincia. También se contempla la participación de los municipios en el proceso de evaluación, enviando el Informe Ambiental del Proyecto o el EsIA (según corresponda) a las municipalidades. Esto garantiza que las autoridades locales tengan conocimiento de los proyectos y puedan involucrarse en la toma de decisiones, especialmente si los proyectos tienen impacto directo en las comunidades. Posee la particularidad de exigir a los proponentes la difusión radial de los alcances del proyecto.
Jujuy	Constitución Provincial	Su artículo 22, prevé el derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, correspondiendo a la provincia regular, prohibir y eliminar o evitar «todos los elementos que puedan ser causa de contaminación del aire, el agua, el suelo y en general, todo aquello que de algún modo afecte o pudiere afectar el entorno de sus pobladores y de la comunidad», así como promover el aprovechamiento racional «de los recursos naturales, salvaguardando su capacidad de renovación y la estabilidad ecológica», y «dictar leyes de preservación de los recursos naturales y del medio ambiente, de protección de especies animales y vegetales útiles o autóctonas; de forestación y reforestación...», entre otras facultades.
	Ley N° 5063 . Decreto N° 5980/06.	Ley provincial de Medio Ambiente, cuyo objetivo es la protección y preservación del ambiente mediante el desarrollo sostenible. El Título I - Cap. IV De los Instrumentos de la Política Ambiental, Sección III, determina el procedimiento de EIA. Establece que es obligatoria para proyectos públicos y privados antes de su ejecución, con el fin de evitar, reducir o mitigar daños ambientales. Además, promueve la participación ciudadana y la gestión ambiental integral para asegurar que las actividades cumplan con los límites permisibles de contaminación y degradación. Asimismo, crea la Secretaría de Gestión Ambiental, el Comité Interministerial, el Consejo Provincial del Medio Ambiente, y el Sistema Provincial de Información Ambiental. El Decreto Reglamentario N° 5980/06, reglamenta los EsIAs. Asimismo, es norma técnica de calidad ambiental para la protección de la atmósfera, aguas y suelos. (estándares y valores fijados (Anexos III, IV y V) para las emisiones de contaminantes).
Santa Cruz	Constitución Provincial	La Constitución Provincial de Santa Cruz consagra el derecho a un ambiente sano y establece obligaciones tanto para el Estado como para los particulares en cuanto a la preservación, conservación y mejoramiento del ambiente.

	Ley N° 2658. Decreto N° 7/2006.	El marco normativo que regula los procedimientos de EIA se encuentra principalmente en la ley N° 2658 y su reglamentación a través del Decreto N° 7/2006. Esta normativa establece los lineamientos para la protección del medio ambiente en proyectos que puedan generar impactos ambientales significativos, ya sea en actividades industriales, mineras, energéticas, entre otras. La Ley Provincial N° 2658 regula específicamente los procedimientos de EIA, obligando a los titulares de proyectos a presentar un EsIA cuando la actividad proyectada pueda afectar el ambiente. Como se mencionó, esta ley es complementada por el Decreto N° 7/2006, que actúa como reglamentación y establece los procedimientos técnicos y administrativos para llevar a cabo una EIA. En particular, el Anexo VI del Decreto N° 7/2006 detalla los requisitos y contenidos mínimos que debe incluir el EsIA.
Tierra del Fuego	Constitución provincial.	Para la provincia de Tierra del Fuego, el marco normativo para el procedimiento de EIA está regido principalmente por la que establece los fundamentos y requisitos para proteger el ambiente en actividades con potencial impacto. La Constitución Provincial incluye disposiciones relevantes en su artículo. 86, el cual consagra el derecho a un ambiente sano y establece que las actividades públicas o privadas que puedan afectar el medio ambiente deben ser evaluadas y reguladas bajo un régimen de prevención y control de impactos ambientales.
	Ley N° 55	Según esta ley, es necesario realizar una EIA para cualquier proyecto que pueda generar un efecto significativo en el ambiente, como las actividades industriales, de infraestructura, o de explotación de recursos naturales. La autoridad competente es la encargada de emitir la aprobación o desaprobación de estas evaluaciones, y de asegurar que el proceso cumpla con los principios de participación ciudadana y transparencia. La ley también contempla sanciones para aquellos proyectos que incumplan con las normas de calidad ambiental, y establece mecanismos de monitoreo y control para asegurar el cumplimiento de los criterios de preservación ambiental. Además, la ley regula aspectos específicos, como la gestión y tratamiento de efluentes y residuos que puedan degradar el ambiente, y establece parámetros de calidad para el agua y el aire en la provincia.

A1.5 Normativa nacional y provincial aplicable por temática

Recursos Hídricos

Jurisdicción	Norma	
Nación	Ley N° 25.688	Ley de PMPA. Régimen de Gestión Ambiental de Aguas. Su objetivo es la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Define las mismas, indica la obligatoriedad de contar con un permiso ambiental para el uso y establece las competencias de la autoridad de aplicación. Crea los comités de cuencas hídricas con la misión de asesorar a la autoridad competente en materia de recursos hídricos y colaborar en la gestión ambientalmente sustentable de las mismas. O sea, para cuencas hídricas interjurisdiccionales, los comités de cuencas hídricas tienen la misión de asesorar a la autoridad competente en materia de recursos hídricos y colaborar en la gestión ambientalmente sustentable de las cuencas hídricas.
	Decreto Reglamentario N° 831/93.	El Decreto Reglamentario de la Ley N° 24.051 de Residuos Peligrosos, contiene parámetros para el vertido y la calidad de aguas. Para los vertidos industriales a los sistemas colectores cloacales/industriales y pluviales/industriales en lo referente a constituyentes peligrosos de naturaleza ecotóxica, toma como marco al Decreto 674/89, modificado por Decreto 776/92, actualmente bajo el marco de la Ley 26.221 de creación del organismo AySA SA, el cual regula la prestación de Agua y saneamiento tanto en la Ciudad de Buenos Aires como en ciertos municipios de la Provincia de Buenos Aires.
	Ley N° 13.577 y 20.324 . Decreto N° 674/89.(mod Decreto 776/92) Res. 79.179/90. Resolución SRNyAH N° 315/94. Resolución SRNyAH N° 242/93.	Ley orgánica y Decreto reglamentario para la administración general de obras sanitarias de la nación. Régimen para establecimientos que produzcan vertidos industriales, con el objetivo de evitar la degradación de los recursos hídricos y fomentar el correcto uso y explotación. La Resolución N° 315/94 indica los estándares de calidad para los vertidos líquidos directos a cuerpos de agua los que surgen de cumplir con las exigencias contenidas en la Clase 9 de Naciones Unidas Código H 12 Ley 24.051. En particular, dichas descargas no deberán presentar toxicidad aguda para la biota acuática empleando al menos los siguientes bioensayos de toxicidad acuática: -Normas ISO 6341, 1989 (E) -Normas ISO 8692, 1989 (E) -Normas CETES B SP, BRASIL LS 228/1988. La Resolución SRNyAH N° 242/93 regula los vertidos de establecimientos industriales o especiales alcanzados por el Decreto N° 674/89, modificado por el Decreto N° 776/92

Buenos Aires	Ley N° 12.257. El Decreto Reglamentario N.º 878/03 Resolución N° 336/03	Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires. Es la ley marco para la regulación de los recursos hídricos en la provincia. Establece los principios generales para el uso, conservación, y protección de los recursos hídricos. También esta ley define tipos de uso del agua (uso consuntivo, no consuntivo, uso para abastecimiento, industrial, agrícola, etc.) y regula los permisos necesarios para su explotación. El Decreto Reglamentario N.º 878/03 establece procedimientos y requisitos para la obtención de permisos de uso de agua en la provincia. Este decreto es especialmente relevante para el uso de recursos hídricos en actividades industriales. Para desarrollar actividades industriales o de producción de hidrógeno que involucren el uso de recursos hídricos, es necesario obtener permisos específicos, según lo estipulado en el Código de Aguas. Los requerimientos y el tipo de permiso pueden variar en función del tipo de uso del agua (como uso consuntivo o no consuntivo). En relación a los permisos de uso de agua, cualquier actividad industrial que requiera este uso (incluyendo la producción de hidrógeno) necesita un permiso otorgado por el organismo competente: la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA). El ADA es el organismo encargado de la regulación, control y otorgamiento de permisos de uso de agua en la provincia. El actual Ministerio de Ambiente, evalúa y regula el cumplimiento de la normativa ambiental, especialmente en lo referente a la gestión de efluentes industriales y al control de la contaminación. El Código de Aguas clasifica el uso del agua en diferentes categorías, y cada una de ellas requiere permisos específicos. El uso consuntivo incluye el agua que se consume y no retorna al sistema, como en el riego agrícola o en ciertos procesos industriales. El uso no consuntivo se refiere al agua que se utiliza sin alteración significativa de su volumen, como en la generación de energía hidroeléctrica. El uso industrial está específicamente regulado y requiere estudios previos de impacto ambiental, además de permisos de descarga de efluentes. En particular, el uso para producción de hidrógeno, y si bien es un uso industrial específico, está sujeto a una revisión detallada por su consumo de agua y sus posibles impactos ambientales. El Registro de Usuarios del Recurso Hídrico es un sistema en el que se deben inscribir todas las entidades que usen o descarguen agua, incluyendo industrias y productores de hidrógeno. La inscripción implica la entrega periódica de reportes de consumo y calidad de agua, permitiendo así un monitoreo constante por parte de la ADA. La ADA y el Ministerio de Ambiente revisan estos estudios y pueden imponer condiciones adicionales para asegurar el uso sustentable del agua y la prevención de contaminación. Propicia la modificación de los parámetros para: Nitrógeno Total, Nitrógeno Orgánico, Demanda Bioquímica de Oxígeno (valor para descarga al mar) e Hidrocarburos Totales, por un lado; y por otro el ajuste del parámetro Cromo, de acuerdo a la tendencia actual en la materia y teniendo en cuenta fundamentalmente la protección y preservación del ambiente y de los recursos naturales, para lo cual se propone su desglose como Cromo Total y Cromo Hexavalente. Además, incluye aquellas actividades cuyos efluentes no deben disponerse en pozos absorbentes.
--------------	---	---

Chubut	Ley N.º 53/1996	Código de Aguas provincial, regula el uso, manejo y conservación de los recursos hídricos en Chubut, y define que cualquier modificación en el cauce o uso del recurso deberá ser autorizada por el Instituto Provincial del Agua (IPA)
	Ley XVII N° 88	Política Hídrica Provincial. Determina las directrices para la gestión sustentable de aguas. Establece la obligatoriedad de una EIA para obras y proyectos que involucren recursos hídricos (artículo 20). Establece al Instituto Provincial del Agua (IPA) como autoridad de aplicación en coordinación con organismos ambientales provinciales y municipales, así como autoridad regulatoria encargada de emitir permisos y concesiones. También la norma incluye la obligatoriedad de inscribirse en el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico para cualquier uso industrial o energético del agua. La producción de hidrógeno, considerada de alto consumo hídrico, necesita permisos específicos de uso consuntivo y debe garantizar la eficiencia en el uso. Asimismo, cualquier obra que involucre el recurso hídrico (como una planta de hidrógeno) debe someterse a una EIA (artículo 20). El proceso implica la presentación de un estudio detallado al IPA, que luego coordina con el organismo ambiental correspondiente para la evaluación. Si se afectan cuerpos de agua o el flujo hídrico, la obra puede requerir modificaciones o medidas compensatorias.
	Decreto N° 185/09 y Resolución N° 70/15	Decreto Reglamentario del Código ambiental de la provincia para los estudios de impacto ambiental, estableciendo la Resolución N° 70/2015 que los nuevos proyectos que contemplen captaciones de agua, deberán enmarcarse en el Decreto N° 185/09 sobre Evaluación de Impacto Ambiental, de conformidad con el Artículo 20° de la Ley XVII N° 88 «Ley de Política Hídrica».
	Decreto 216/98	Establece como autoridad de aplicación en materia hídrica a la actual Secretaria de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable. Esta cartera interviene en el proceso de EIA y garantiza que las obras respeten el marco ambiental. Los municipios y las comunas pueden participar en el control de proyectos locales que afecten cuerpos de agua específicos. La normativa de la provincia de Chubut impone un marco estricto y coordinado para el uso del recurso hídrico en actividades industriales y energéticas, incluida la producción de hidrógeno. Las concesiones y permisos son gestionados por el IPA, mientras que cualquier obra que impacte al recurso debe cumplir con una EIA obligatoria.
	Reglamentario n.º 1540/16	Regula sobre el vertido de efluentes líquidos en cuerpos de agua se encuentra principalmente en el Decreto Reglamentario n.º 1540/16 de la Ley XI n.º 35, el cual establece los límites específicos para diversos parámetros físico-químicos y microbiológicos de dichos efluentes.
Jujuy	Ley N° 161 (modificada por Ley N° 4.396 y N° 2.427)	Código de Aguas. Establece que el uso especial, entre el cual se encuentra el industrial, requiere el otorgamiento de una concesión o permiso, estando las concesiones limitadas por la disponibilidad del recurso y el límite de la afectación de los derechos de terceros. Establece asimismo, la publicidad de las solicitudes de concesión. Establece las funciones de la Autoridad de Aplicación.

	Ley N° 4090 (modificada por Ley N° 4530)	Regula la administración de recursos hídricos y régimen de servicios de agua, saneamiento y energía, estableciendo el régimen general y básico para la prestación de los servicios de agua, saneamiento y energía. Para las aguas residuales o servidas provenientes de usos públicos, industriales o domésticos, que descarguen en depósitos y cursos de agua, establece que deberán reunir condiciones para prevenir la contaminación, degradación, modificaciones, alteración de aprovechamientos, capacidad hidráulica.
Santa Cruz	Disposición N° 3/2003	El uso de los recursos hídricos para actividades industriales, energéticas y de producción de hidrógeno está regulado por una serie de normas provinciales, que buscan asegurar una gestión sostenible del agua y la preservación de los recursos. La regulación del uso de recursos hídricos en la provincia de Santa Cruz para fines industriales y de producción de hidrógeno exige una concesión o permiso, según el impacto del proyecto. La Dirección Provincial de Recursos Hídricos y el Consejo Agrario Provincial son los organismos principales encargados de supervisar y controlar el uso adecuado del recurso, asegurando la sostenibilidad y el cumplimiento de los procedimientos administrativos y técnicos establecidos. Se destaca que la duración de los permisos, pueden otorgarse por un plazo de hasta 50 años, con la posibilidad de renovación a criterio de las autoridades competentes. La Disposición N° 3/2003 establece los requisitos y procedimientos para solicitar autorización de uso de agua con fines industriales. Los usuarios deben cumplir con obligaciones técnicas y administrativas, incluyendo la instalación de equipos de medición de caudales. Además, deben informar de cualquier incidente o anomalía en sus instalaciones, notificar trabajos programados con anticipación, y presentar mensualmente planillas de consumo a modo de declaración jurada. Establece que los usuarios industriales de agua deben instalar equipos de medición del caudalímetro.
	Resolución N° 113/2023	Regula el procedimiento para la autorización de obras hidráulicas, estableciendo los requisitos y condiciones para las construcciones o intervenciones en cuerpos de agua que impliquen un impacto significativo en el recurso hídrico. Los permisos son otorgados por la Dirección Provincial de Recursos Hídricos, que depende del Consejo Agrario Provincial, y es la autoridad de aplicación en materia de recursos hídricos en Santa Cruz. Además el Consejo Agrario Provincial de la Dirección de Recursos Hídricos interviene en la regulación del uso de recursos naturales, apoyando en la gestión y preservación del agua.

Tierra del Fuego	Ley N°1126.	Es determinante establecer que el caudal de una fuente de agua pública sea suficiente para abastecer a todos los usuarios y/o concesionarios o a quienes tengan derecho exclusivo a aprovecharlo. La autoridad competente y de aplicación puede restringir los volúmenes de aguas y/o el tiempo durante el cual los reciban, tal como lo dispone, por ejemplo, el art. 58 refiere «uso energético» al uso de agua como materia prima para la generación de energía. Establece que para el aprovechamiento del recurso hídrico se debe obtener un permiso que otorga el derecho o una concesión. Dicho contrato administrativo otorga al concesionario un derecho subjetivo de uso, de carácter temporario y transferible mediando previa autorización. El mismo es emitido por la Dirección General de Recursos Hídricos, dependiente de la Secretaría de Ambiente. Se indica que la autoridad de aplicación podrá establecer zonas de reserva dentro de cuyos límites no se autorizará la extracción de aguas subterráneas salvo para uso común, así como también podrá fijar límites que permitan definir un perímetro de protección de pozos, a fin de evitar el deterioro de la fuente por actividades que impliquen un riesgo en cuanto a su cantidad o calidad. La obtención de permisos en la Provincia de Tierra del Fuego se fijan un plazo máximo de duración para las concesiones de uso de agua de 30 años.
	Decreto N°450/2021	Reglamenta las disposiciones de la ley en relación a la gestión de recursos hídricos. Cuando a criterio de la autoridad una solicitud de aprovechamiento de agua pudiere generar riesgo o daño al ecosistema acuático y al ambiente en general, se exigirá la obtención de una DIA por parte de la autoridad ambiental provincial. No obstante, si el uso de agua con fines industriales implica la alteración biológica, física o química del agua o en el flujo natural del caudal, previo a otorgar la autorización, se deben aprobar los programas de utilización del agua y los vertidos. En caso de proyectarse obras hidráulicas asociadas al uso del agua, se debe además tramitar en simultáneo una autorización para las obras también.
	Resolución N° 282/2004	Establece el procedimiento para la solicitud y aprobación de usos del recurso hídrico en el que se prevé la intervención de otras autoridades.

Residuos Sólidos Urbanos

Jurisdicción	Norma	
Nación	Ley N° 25.916	Ley de PMPA para la gestión integral de los residuos domiciliarios ya sean de origen residencial, comercial, asistencial, sanitarios, industrial, y que no se encuentren regulados por otra ley específica. La norma diferencia la disposición inicial de la disposición final, y define como residuos domiciliarios a «aquellos elementos, objetos o sustancias que, como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, son desechados y/o abandonados». Esta ley trata la gestión integral: generación, disposición inicial, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos domiciliarios.
	Ley N° 25.612	Ley de PMPA de Gestión Integral de Residuos Industriales «sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional, y sean derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.»
Buenos Aires	Ley N.º 13.592. Decreto Reglamentario Nº 1.783/04	La normativa sobre la gestión de RSU establece procedimientos claros para la generación, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental y sanitario. La Ley de Gestión Integral de RSU regula la gestión de RSU en la provincia. Esta ley establece los principios y lineamientos para la reducción en la generación de residuos, reciclaje, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. La ley promueve la minimización de los residuos y fomenta prácticas de separación en origen. El Decreto Reglamentario Nº 1.783/04 reglamenta la Ley Nº 13.592 y establece obligaciones específicas para los municipios y otros actores involucrados en la gestión de RSU. Este decreto detalla el proceso para la disposición final de los residuos, promoviendo el uso de rellenos sanitarios y otras técnicas de disposición segura.
Chubut	Ley XVII N.º 94 (antes Ley 6053) Decreto N.º 1540/09.	La regulación de residuos se enmarca en una serie de leyes, decretos y normativa complementaria que establecen lineamientos específicos para la generación, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos. Decreto N° 1340/09, que regula el régimen de gestión de los efluentes líquidos.
Jujuy	Ley N° 5.954	La normativa sobre la gestión de residuos establece pautas específicas para la generación, transporte, tratamiento, y disposición final de estos residuos, en cumplimiento con principios ambientales y sanitarios. Los municipios tienen competencias específicas sobre la recolección y disposición de RSU dentro de sus jurisdicciones, estableciendo la coordinación entre los municipios y la provincia para asegurar un tratamiento adecuado de los RSU.
Santa Cruz	Ley N° 2.658	Es la principal norma que regula la gestión de residuos, con el objetivo de proteger el medio ambiente y la salud pública mediante la gestión responsable de estos residuos en todas sus etapas: generación, transporte, tratamiento y disposición final.

Tierra del Fuego	Ley N° 101	Establece las bases para la gestión integral de estos residuos en Tierra del Fuego, promoviendo prácticas de reducción, reutilización y reciclaje. Define las responsabilidades de los municipios en la recolección, transporte y disposición final de los RSU. Los municipios deben implementar sistemas de recolección y disposición que cumplan con las normas provinciales y fomenten prácticas de reducción y reciclaje. Respecto de la disposición final y el tratamiento de residuos, la normativa establece que la disposición final de residuos debe realizarse en instalaciones habilitadas y que los rellenos sanitarios deben cumplir con normas específicas para evitar la contaminación de suelos y cuerpos de agua.
	Resolución N° 70/2018	Regula los rellenos sanitarios y define los estándares técnicos y operativos para minimizar el impacto ambiental en las áreas de disposición final de RSU. Los municipios juegan un rol activo en esta gestión, particularmente en la recolección y disposición final de los residuos domésticos. También se promueve el desarrollo de plantas de reciclaje y tratamiento de residuos en la provincia para reducir la cantidad de RSU destinados a disposición final.

Residuos Sólidos Urbanos

Jurisdicción	Norma	
Nación	Ley N° 24.051. Decreto N° 831/1993	Regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final y los define como « todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Esta norma establece las disposiciones para la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos, así como prohíbe la importación, introducción y transporte de todo tipo de residuos provenientes de otros países al territorio nacional y sus espacios aéreo y marítimo. En su Anexo A detalla la corriente de desechos considerados peligrosos, mientras que el Anexo B están descriptas las características de peligrosidad de los materiales. El Anexo C describe las operatorias aptas para eliminación y disposición final de los desechos alcanzados en la ley. Las personas, físicas o jurídicas responsables de la generación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, deben inscribirse en un Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos y cumplir con los requisitos que la ley establece, así como garantizar el manejo adecuado, siendo responsables por los daños que pudieran causar. Tienen la obligación de garantizar el manejo adecuado de los residuos y asumir la responsabilidad por cualquier daño que puedan causar. En cuanto al transporte fronterizo con otras provincias, hay que tomar en cuenta los procedimientos implicados en el transporte, y las autorizaciones expresas por parte de las provincias involucradas. Otro requisito obligatorio es el Manifiesto de Transporte. Tal como se indicó más arriba, quienes transporten deben estar inscriptos en el Registro pertinente. La ley prioriza la protección del medio ambiente y la salud mediante la reducción de riesgos asociados al manejo y transporte de residuos peligrosos. La regulación sobre el manejo de residuos peligrosos en las provincias de Jujuy, Chubut, Jujuy, Santa Cruz y Tierra del Fuego, y Santa Cruz, cuentan con normas específicas que prohíben la entrada de residuos peligrosos a su territorio.

	Ley N° 23.922	Aprueba el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. Se destaca el principio de proximidad. En los casos en que los residuos peligrosos no puedan ser tratados o dispuestos en la jurisdicción de origen, el Convenio de Basilea permite el traslado a otra jurisdicción, pero bajo ciertas condiciones. Este traslado debe justificarse únicamente si la exportación de los residuos permite su recuperación o tratamiento adecuado, y siempre considerando las restricciones locales y las capacidades de recepción en la jurisdicción de destino.
	Ley N° 25.612	PMPA sobre la Gestión Integral de Residuos de Origen Industrial y de Actividades de Servicio, no se encuentra operativa.
Buenos Aires	Ley N° 11.720 Decreto N° 806/97	Ley que regula los residuos especiales. Establece los requisitos para la generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos, y define como residuos especiales aquellos que representan un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. La ley establece que los generadores, transportistas y operadores de residuos especiales deben registrarse y cumplir con medidas estrictas de seguridad, y el Decreto N° 806/97, que reglamenta la Ley N° 11.720, establece las obligaciones específicas para los generadores. Los generadores y transportistas deben inscribirse en el registro provincial. La Autoridad del Agua (ADA) es el organismo que previamente debe habilitar la continuidad del trámite para que finalmente el actual Ministerio de Ambiente de la PBA, sea responsable de regular y fiscalizar la gestión de residuos, tanto sólidos urbanos como especiales, en la provincia. Estas autoridades se encargan de emitir permisos, realizar inspecciones y aplicar sanciones cuando sea necesario. La Ley Nacional N.° 24.051 se aplica en casos de interjurisdiccionalidad. Posee capacidad para recibir y procesar ciertos residuos peligrosos, impone restricciones estrictas para evaluar en cada caso de ingreso de estos materiales, asegurándose de que cumplan con las normativas ambientales y de seguridad.
Chubut	Ley XVII N° 32 (antes Ley N° 4673)	Regula específicamente este tipo de residuos. La Resolución N° 186/13 regula el transporte de residuos peligrosos, exigiendo que los vehículos cumplan con condiciones de seguridad específicas y que los transportistas posean habilitaciones especiales. La autoridad de aplicación en residuos peligrosos se limita a la Secretaría de Ambiente, si bien los municipios también tienen responsabilidades en la gestión de RSU, principalmente en su recolección y disposición final. Para el manejo de residuos peligrosos, los generadores y operadores deben registrarse y obtener permisos específicos. Esta provincia adhiere a la Ley Nacional N° 24.051.
	Resolución N° 292/15	Norma complementaria que fija los estándares para el manejo y la disposición de residuos en rellenos sanitarios y sitios controlados, incluyendo requisitos técnicos para minimizar el impacto ambiental.
	Resolución N° 22/06	Establece las condiciones para el almacenamiento temporal de residuos peligrosos en instalaciones industriales, con medidas para prevenir derrames y otros incidentes ambientales.
Jujuy	Ley Provincial N° 5.011. El Decreto 6.002/06	Adhiere a la ley nacional N° 24.051, y refuerza la regulación para el manejo de residuos peligrosos dentro de la provincia, designando autoridades competentes y definiendo criterios específicos para la disposición final y el control de los residuos peligrosos. En su reglamentación, crea el Registro Provincial de Generadores, Transportistas y Operadores de Residuos Peligrosos, Industriales y de Servicios.

Santa Cruz	Decreto N° 7/2006	La regulación está orientada a controlar la generación, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final. Reglamenta ciertos aspectos técnicos de la gestión de residuos peligrosos y establece los requisitos para la obtención de permisos por parte de generadores, transportistas y operadores de estos residuos..
	Disposición N° 3/2003	Detalla el procedimiento de autorización para el uso de aguas en actividades industriales y también establece ciertos lineamientos para el manejo de residuos industriales, que incluye la necesidad de instalar equipos de medición de caudales y la remisión de informes periódicos sobre el uso y consumo. La autoridad responsable de la gestión de residuos es la Dirección Provincial de Recursos Hídricos. Establece las obligaciones de los usuarios de aguas y de quienes generan residuos peligrosos.
Tierra del Fuego	Ley N° 55	Ley que regula la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente. Regula la generación, manipulación, transporte y disposición final de residuos peligrosos en la provincia. También establece la necesidad de contar con un registro de generadores y operadores, quienes deben cumplir con requisitos específicos en materia de seguridad y trazabilidad. La autoridad de aplicación es la Secretaría de Ambiente, Desarrollo Sostenible y Cambio Climático de Tierra del Fuego. Esta provincia adhiere a la Ley Nacional N° 24.051.
	Decreto N.º 2250/2010	Reglamenta aspectos específicos de la gestión de residuos peligrosos en la provincia, incluyendo los requisitos de seguridad para el transporte y almacenamiento.
	Resolución N° 125/2013	Establece los procedimientos de autorización para el transporte y disposición final de residuos peligrosos, así como las características técnicas de los vehículos y contenedores utilizados.

Emisiones y calidad del aire

Jurisdicción	Norma	
Nación	Ley N° 25.675	La ley General del Ambiente incluye el principio de prevención y precaución respecto a las actividades contaminantes. No fija límites específicos de emisiones, pero establece el marco para la creación de normativas más detalladas.
	Ley N° 20.284	Ley de preservación de los recursos del aire que contiene en su texto las normas para la preservación de los recursos del aire, para todas las fuentes capaces de producir contaminación atmosférica ubicadas. Se menciona que la ley N° 24.051, hace referencia a contaminación atmosférica tanto cuando define residuo peligroso (todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general), así como al apartado de régimen penal (para que al que utilizando los residuos a que se refiere la presente ley, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.)

Buenos Aires	Ley N° 11.723.	La normativa sobre emisiones y calidad del aire se enfoca en la preservación de los recursos atmosféricos y el establecimiento de límites máximos permisibles de emisión para actividades industriales y comerciales. Esta normativa se enmarca dentro de un sistema regulador que permite a la provincia implementar políticas para la protección de la calidad del aire y la reducción de la contaminación atmosférica. La Ley N° 11.723 es el marco legal principal que regula la gestión ambiental, incluyendo la calidad del aire. Esta ley establece los principios y políticas generales para la protección de los recursos naturales y del ambiente en general, promoviendo la sostenibilidad y el derecho a un ambiente sano. Especifica que todas las actividades productivas y de servicios que generen emisiones deben adoptar las mejores técnicas disponibles para mitigar su impacto en el ambiente. Esto incluye medidas para controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos. Respecto de la regulación de emisiones y límites máximos permisibles, la normativa provincial contempla decretos y resoluciones específicas que establecen los límites máximos permisibles de emisiones para distintas fuentes, como industrias químicas, cementeras, plantas de generación de energía y otros sectores productivos. Estos límites se establecen en función de los tipos de contaminantes, tales como el material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), compuestos orgánicos volátiles (COVs), y monóxido de carbono (CO), entre otros. Los límites varían según el tipo de industria y el proceso productivo. A través de su normativa, la provincia establece los límites permisibles y promueve la fiscalización de las actividades industriales que generan contaminación atmosférica.
	Resolución N° 552/14.	Resolución que complementa la normativa general, la cual detalla aspectos específicos de los contaminantes atmosféricos y establece métodos de cálculo y control de las emisiones. Además, regula la autorización y fiscalización de las emisiones industriales a través de protocolos específicos. Asimismo, especifica los requerimientos técnicos para los sistemas de control de emisiones y determina los parámetros de calidad del aire en áreas urbanas e industriales para prevenir que los niveles de contaminantes excedan los límites permitidos. El Ministerio de Ambiente, administra el sistema de monitoreo de la calidad del aire en colaboración con municipios y otras entidades.
	Ley N° 5965. Decreto 1074/18. Resolución 559/2019.	Norma de protección de la atmósfera, encontrándose todos los generadores de emisiones gaseosas, bajo esta ley. Su decreto reglamentario establece criterios, permisos y estándares tal como la Licencia de Emisiones Gaseosas a la Atmósfera (LEGA).

Chubut	Ley XVII N° 88. Decreto N° 185/2009	La normativa sobre emisiones y calidad del aire tiene como objetivo la preservación de los recursos atmosféricos, protegiendo la salud pública y el ambiente frente a la contaminación generada por fuentes industriales y de otros sectores. La Ley XVII N° 88, que establece la política hídrica y ambiental provincial, contempla de manera general la protección de los recursos naturales, incluyendo el aire. Si bien esta ley se centra principalmente en el uso y preservación de los recursos hídricos, también incluye directrices para la preservación del ambiente en su conjunto, lo cual implica indirectamente la calidad del aire. La ley impone la EIA como un requisito obligatorio para actividades que puedan producir emisiones significativas, buscando minimizar y mitigar los efectos de la contaminación. El Decreto N° 185/2009 reglamenta específicamente los procedimientos para la EIA en la provincia, aplicándose a todas las actividades con potencial de afectar los recursos ambientales, incluyendo el aire. Este decreto especifica que las industrias que emiten contaminantes atmosféricos deben realizar una evaluación de sus impactos potenciales y presentar un Plan de Manejo Ambiental que incluya medidas de mitigación para limitar las emisiones dentro de los límites permisibles establecidos para cada sector. Las actividades industriales de gran envergadura, como las plantas de producción de energía o las industrias químicas, deben presentar un informe detallado de sus emisiones y cumplir con los parámetros establecidos para reducir la contaminación. La normativa provincial contempla sanciones administrativas y multas para aquellos establecimientos que incumplan con los límites de emisión. También se requiere que los generadores de emisiones presenten informes periódicos con datos sobre su nivel de emisiones y la eficacia de sus sistemas de control, a modo de declaración jurada. Este procedimiento permite a las autoridades ambientales mantener un registro actualizado y tomar acciones preventivas en caso de incrementos en los niveles de contaminación.
	Resolución N° 70/2015	Establece los límites máximos permisibles de emisiones atmosféricas para distintos sectores industriales y comerciales en la Provincia de Chubut. Esta normativa define los valores específicos para contaminantes tales como material particulado (PM), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO), y compuestos orgánicos volátiles (COVs). La resolución exige que las empresas instalen sistemas de monitoreo continuo de emisiones en sus instalaciones, especialmente aquellas que generen emisiones significativas. Estos sistemas deben reportarse periódicamente a las autoridades para asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales. Además, se establece que en caso de superar los límites permitidos, las industrias deben implementar medidas correctivas inmediatas y reportar a la Dirección General de Evaluación Ambiental, organismo responsable de la aplicación y supervisión de estas normas, dependiente de la Secretaría de Ambiente de Chubut.

Jujuy	Ley N° 5063. Decreto N° 5980/06	La Ley Provincial de Medio Ambiente de Jujuy establece la regulación sobre emisiones y calidad del aire la cual se centra en la preservación de los recursos atmosféricos para reducir la contaminación y proteger la salud pública. Establece las bases para la protección y preservación del ambiente en la provincia, incluye disposiciones sobre el cuidado de la calidad del aire, estableciendo lineamientos generales para prevenir la contaminación atmosférica y proteger la salud pública y límites máximos permisibles de emisiones para las actividades industriales y comerciales, con el fin de minimizar los efectos adversos sobre el aire y evitar concentraciones perjudiciales de contaminantes. El decreto Reglamentario N° 5980/06 dicta las normas técnicas de calidad ambiental para la protección de la atmósfera, aguas y suelos. Este decreto especifica que todas las fuentes emisoras potencialmente contaminantes (incluyendo sectores industriales, comerciales y vehículos) deben cumplir con límites máximos permisibles de emisión. La normativa define los contaminantes regulados, como el material particulado, óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COVs), monóxido de carbono (CO) y otros, según las actividades específicas. En el marco de la regulación provincial, también se establece un sistema de monitoreo de la calidad del aire que permite a las autoridades realizar mediciones y evaluaciones periódicas en zonas urbanas e industriales. Adicionalmente, la normativa prevé la elaboración de informes periódicos por parte de las empresas e industrias que operan en Jujuy, las cuales deben declarar sus niveles de emisión y cumplir con la normativa para evitar sanciones. La regulación provincial establece límites de emisión específicos para diversos sectores industriales, tales como la minería, cementeras, plantas de generación de energía y otros sectores productivos con alto potencial contaminante. Estos límites son diseñados para mitigar el impacto sobre la calidad del aire, y deben ser respetados estrictamente por las instalaciones industriales. Los responsables de las fuentes de emisión deben implementar tecnologías y prácticas de control para reducir los niveles de emisión, lo que puede incluir el uso de filtros, sistemas de purificación, y otras medidas de mitigación. La Secretaría de Medio Ambiente de la provincia de Jujuy es la autoridad encargada de la aplicación de la normativa de calidad del aire. Esta entidad es responsable de fiscalizar las fuentes emisoras, verificar el cumplimiento de los límites establecidos y aplicar sanciones en caso de incumplimientos. La autoridad también gestiona los programas de monitoreo de la calidad del aire y se coordina con otras entidades provinciales y municipales para implementar acciones de control y de educación ambiental, que promuevan una reducción en las emisiones contaminantes. En caso de incumplimiento de los límites de emisión o de las normativas sobre calidad del aire, se establecen sanciones que pueden incluir multas, clausuras temporales, o incluso el cierre definitivo de instalaciones que representen un riesgo significativo para la salud y el ambiente. Las empresas que incumplen las normativas también están obligadas a presentar planes de mitigación para corregir las desviaciones detectadas y reducir sus niveles de emisión.
-------	------------------------------------	--

Santa Cruz	Ley N° 3133 Ley N° 2.658 Decreto N° 7/2006	La normativa de emisiones y calidad del aire se estructura en torno a la preservación de los recursos atmosféricos, con el objetivo de proteger la salud pública y el medio ambiente de los impactos negativos asociados a la contaminación del aire. Esta regulación establece límites máximos permisibles de emisiones para diversas industrias y actividades, abordando tanto la reducción de contaminantes como el control y monitoreo de las fuentes emisoras. La Ley N° 3133 es la norma específica para emisiones y establece las medidas necesarias para mantener la calidad del aire. El Decreto N° 7/2006 establece procedimientos específicos para la EIA y EsIA así como para la gestión de emisiones contaminantes. Este decreto requiere que los sectores industriales de alto impacto presenten estudios detallados sobre la cantidad y calidad de sus emisiones, asegurando que se cumplan los límites permisibles establecidos para proteger la calidad del aire. Además, el decreto establece mecanismos de monitoreo continuo y obliga a los generadores de emisiones a reportar periódicamente sus niveles de emisión a las autoridades competentes. La Dirección Provincial de Medio Ambiente es la autoridad de aplicación en materia de calidad del aire y emisiones en Santa Cruz. Esta entidad emite resoluciones específicas que regulan los tipos de contaminantes que deben ser controlados, incluyendo material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SO₂) y otros compuestos tóxicos. Las resoluciones también establecen la obligatoriedad para las industrias de instalar equipos de control de emisiones y monitorear constantemente sus niveles de polución, reportando anomalías y ajustando sus procesos para reducir la contaminación. La normativa en Santa Cruz exige que las actividades que puedan afectar la calidad del aire se sometan a un proceso de EIA que incluya participación ciudadana.
Tierra del Fuego	Ley N° 55. Decreto N° 1333/93.	La normativa sobre emisiones y calidad del aire se enfoca en la preservación de los recursos atmosféricos y en la protección del ambiente y la salud pública frente a la contaminación generada por diversas fuentes, incluyendo las actividades industriales. Esta regulación establece límites máximos permisibles de emisiones para distintos sectores, asegurando que las actividades productivas cumplan con estándares ambientales para minimizar el impacto sobre la calidad del aire. La Ley N° 55, establece los lineamientos para la preservación y control de los recursos ambientales de la provincia, incluyendo el recurso del aire. Además, la ley establece la obligación de tomar medidas de mitigación para minimizar los efectos de las emisiones y prevenir la contaminación del aire. Esta ley es la base jurídica para que la provincia imponga controles específicos a las industrias en cuanto a la calidad de sus emisiones. El decreto reglamentario de la Ley N° 55 establece normas específicas para la regulación de emisiones contaminantes. Este decreto regula los procedimientos y requisitos para las evaluaciones de impacto ambiental en relación con actividades industriales y comerciales, imponiendo límites de emisión para proteger la calidad del aire. Entre otros aspectos, el decreto exige que las industrias y otras fuentes de emisión instalen sistemas de monitoreo de emisiones, y reporten periódicamente sus niveles de emisión a las autoridades competentes. Su Anexo IV, establece la tabla de niveles guía de calidad del aire ambiental y la de estándares de emisiones gaseosas para el listado de constituyentes peligrosos. Todas las actividades industriales de significativa envergadura o impacto potencial sobre la atmósfera deben someterse a un proceso de EIA antes de comenzar sus operaciones. La actual Secretaría de Ambiente es la autoridad de aplicación en materia de calidad del aire y emisiones.

Suelos

Jurisdicción	Norma	
Nación	Ley 25.675	En cuanto a los suelos, la LGA busca prevenir la contaminación y promover su manejo sustentable, aplicando los principios de precaución, prevención y responsabilidad ambiental. La Ley N° 22.428 de Protección del Suelo (Fondo de Incentivo para la Conservación) fomenta la recuperación de suelos con medidas que buscan reducir la erosión y preservar su fertilidad, ya que regula la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos, como así también, busca prevenir y controlar la degradación de las tierras provocada por la actividad antrópica.
Buenos Aires	Ley N° 12.247	La Ley de Conservación del Suelo y Lucha contra la Erosión regula la utilización de los suelos, orientando las actividades agropecuarias hacia la sustentabilidad, impone restricciones en zonas con alta erosión, y fomenta prácticas de rotación de cultivos para evitar el agotamiento del suelo.
Chubut	Ley N° 5.004	Regula el uso agropecuario y los permisos de ocupación de tierras fiscales. La ley promueve la recuperación de tierras degradadas por sobrepastoreo, especialmente en zonas de pastizales naturales, y la implementación de manejo controlado del ganado.
Jujuy	Ley N° 5063	La provincia de Jujuy, cuenta con normativas y programas específicos relacionados con la prevención de la desertificación y el uso racional de suelos en el contexto de la Ley Nacional N° 24.701 (Convenio de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación). Se incentivan programas agroforestales y la reforestación para mitigar los impactos del cambio climático en los suelos.
Santa Cruz	Ley N° 3.130	Se prioriza la conservación de suelos y el combate contra la erosión eólica, así como la protección de las áreas con uso ganadero. Se aplican incentivos a quienes implementen prácticas de manejo sustentable, como la rotación de campos y el descanso del suelo.
Tierra del Fuego	Ley N° 55/92. Decreto N°1333/93	La provincia se enfoca en la prevención del sobrepastoreo en los sectores ganaderos y la recuperación de áreas degradadas. La normativa establece controles estrictos sobre la ocupación de tierras y la conversión de suelos forestales en suelos agrícolas. Además, en el marco de las políticas de conservación, se aplican normas para proteger los ecosistemas de turberas, esenciales en la regulación hídrica y en la retención de carbono. El Anexo III del decreto, establece emisiones de efluentes a ser volcados en suelos, así como pautas para residuos peligrosos, remitiendo a la ley N° 24.051.

Sistema de Protección de áreas y especies

Jurisdicción	Norma	
Nación	Ley N° 22.351	Establece el régimen de protección para Parques, Monumentos y Reservas Naturales, siendo áreas de conservación para investigaciones científicas, educación y goce de las generaciones presentes y futuras. La autoridad de aplicación es la Administración de Parques Nacionales (APN). La ley define como Parques Nacionales a «las áreas a conservar en su estado natural, que sean representativas de una región fitozoogeográfica y tengan gran atractivo en bellezas escénicas o interés científico»...»En ellos está prohibida toda explotación económica con excepción de la vinculada al turismo, que se ejercerá con sujeción a las reglamentaciones que dicte la Autoridad de Aplicación». El art. 5° dispone otras prohibiciones en los Parques Nacionales.
	Ley N° 27.037	Establece el Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SNAMP) con la finalidad de proteger y conservar espacios marinos representativos de hábitats y ecosistemas de importancia nacional. De acuerdo con la información proveída por la autoridad de aplicación, en la actualidad la República Argentina cuenta con 73 áreas protegidas nacionales administradas por la APN y más de 500 áreas protegidas provinciales. Cabe destacar que la gestión puede ser provincial, municipal, universitaria, privada o mixta, creada por norma provincial o municipal.
	Resolución N° 639/2023 de APN	Aprueba un nuevo reglamento que tiene por objetivo establecer el procedimiento de EIA y los instrumentos o herramientas de evaluación y monitoreo ambiental que se requerirán para la evaluación y toma de decisión respecto a la ejecución de proyectos públicos o privados a llevarse a cabo en las áreas protegidas bajo jurisdicción de la APN sujetas al régimen de la Ley N° 22.351.
	Ley N° 24.375	Ratifica el Convenio sobre Diversidad Biológica, cuyos objetivos son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada (art. 1)
Buenos Aires	Ley N° 10.907	Establece el Régimen de Reservas Naturales en la provincia, definiendo categorías de protección y los procedimientos para la creación y gestión de áreas protegidas. En su Artículo 31: Todas aquellas reservas y monumentos naturales declaradas por la presente, pasarán a integrar el sistema provincial de áreas protegidas.
Chubut	Ley Provincial XI-18	Chubut cuenta con un Sistema de Áreas Naturales Protegidas, creado por la Ley Provincial XI-18 en agosto del 2001, el cual posee un total de 16 áreas. El como ejemplo el Decreto 1328 / 2001 Establece la « CREACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA PENÍNSULA VALDÉS». La provincia cuenta con diversas normativas que regulan la creación y gestión de áreas naturales protegidas.

Jujuy	Dto. Prov. 2213/92, 5122/68 y 282/82 Leyes Prov. N° 3820/81, 5203/00, 5206/00, 4126/84, 5365/03 y 5347/02 MAB UNESCO 1990 y 2002 ORD. MUN. 1 BIS/1993, 756/03 y 1989/95 Dto. Nac 1733/79.	La provincia de Jujuy ha establecido áreas protegidas y reservas naturales mediante diversas normativas. cuenta en conjunto con 16 áreas protegidas declaradas formalmente por diferentes instancias institucionales (internacional, nacional, provincial o municipal), que en conjunto reúnen más de 2.025.000 ha, lo que constituye un 38% del total del territorio (excluidos los Sitios Ramsar, parcialmente superpuestos con otras categorías de conservación). Algunas de estas áreas corresponden a figuras de protección que se asientan parcialmente sobre territorios privados y que albergan actividades productivas intensivas, como son las Reservas de la Biosfera y los sitios de Patrimonio Mundial. Si se excluyen estas figuras, la superficie protegida se sitúa en torno a 720.000 ha, o el 13,5% del territorio provincial. El sistema de áreas protegidas de la Provincia de Jujuy se caracteriza por una gran desigualdad entre sus áreas en lo que se refiere al grado de desarrollo Y Reid institucional y de gestión.
Santa Cruz	Ley N° 3.466	Establece los criterios generales para la conservación, ordenamiento y manejo de las áreas protegidas en la provincia, definiendo categorías como Parques Provinciales, Reservas Naturales y Monumentos Naturales
Tierra del Fuego	Ley N° 272:	Crea el Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas, estableciendo categorías como Parques Naturales Provinciales y Monumentos Naturales Provinciales, y regulando su administración y uso.

Bosques Nativos, Parques y Reservas

Jurisdicción	Norma	
Naci	Ley N° 26.331	La ley de protección ambiental de los bosques nativos es una ley de presupuestos mínimos (reglamentada por Decreto Reglamentario N° 91/09), que establece los lineamientos para la adecuada gestión, preservación, conservación, enriquecimiento y manejo sostenible de los bosques nativos. La ley ordena a las provincias a dictar su normativa de ordenamiento territorial, protección, planes de manejo sostenible y desmonte, a fomentar las actividades de enriquecimiento, conservación, restauración, mejoramiento y manejo sostenible de los bosques nativos e indica que toda intervención sobre bosques nativos debe realizarse bajo un plan (de manejo, de conservación o de cambio de uso del suelo). Se zonifica el área territorial de bosques nativos de acuerdo a diversas categorías de conservación. De lo anterior se desprende que cada provincia debe contar con un ordenamiento territorial de bosques nativos (OTBN) el cual deberá ser observado por el proponente.
	Ley N° 22.421	Es la ley de conservación de la fauna,y conforma el régimen legal aplicable en materia de preservación de la fauna silvestre y su hábitat. Esta norma regula temas concernientes a protección, comercialización, importación y exportación de especies, caza deportiva, comercial y científica. Además, establece la competencia de la Autoridad de Aplicación para coordinar con los organismos oficiales nacionales y locales, en pos de la prevención de la contaminación o de la degradación ambiental, arbitrando medidas preventivas. Por otro lado, la ley establece la realización de estudios de factibilidad y proyectos de obras, cuando los mismos puedan causar transformaciones en el ambiente de la fauna silvestre, obligando a consultar previamente a las autoridades nacionales o provinciales competentes en materia de fauna.
	Ley N° 24.375	Aprueba el Convenio sobre Diversidad Biológica, cuyo objetivo es la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Dicho Convenio define que se establecerán procedimientos apropiados para exigir una EIA cuando los proyectos puedan tener impactos y efectos adversos para la diversidad biológica.
	Ley N° 26.562	Sobre el control de actividades de quema, es una ley que establece los PMPA relativos a las actividades de quema en todo el territorio nacional, con el fin de prevenir incendios, daños ambientales y riesgos para la salud y la seguridad públicas. Esta ley prohíbe en todo el territorio nacional toda actividad de quema que no cuente con la debida autorización expedida por la autoridad local competente.
	Ley N° 26.639	Preservación de los glaciares y del ambiente periglacial, es una ley de presupuestos mínimos, que tiene como objeto preservar los glaciares y el ambiente periglacial, y los determina como bienes de carácter público. Enumera las actividades prohibidas y determina la obligatoriedad de la evaluación de impacto para las actividades permitidas, exceptuando las de rescate y ciertas actividades deportivas y de carácter científico.
Buenos Aires	Adhirió a la Ley Nacional N° 26.331 a través de la Ley Provincial N° 14.888. Y la Ley N° 12.704	Establece la protección de los recursos forestales y regula la conservación de las áreas arboladas en la provincia. En esta provincia, se priorizan acciones para conservar remanentes de bosques y áreas forestadas en zonas protegidas.

Chubut	Ley N° XVII-92 (ex Ley N° 4556): Adhiere a la Ley Nacional N° 26.331	Regula la protección y manejo sostenible de los bosques nativos en la provincia. La provincia cuenta con un Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) aprobado, que clasifica las áreas forestales según las categorías de conservación establecidas por la ley nacional (rojo, amarillo y verde). La autoridad de aplicación es el Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de Chubut.
Jujuy	Ley N° 5.633: Adhiere a la Ley Nacional N° 26.331	Establece los lineamientos para la protección y manejo de los bosques nativos en la provincia. Jujuy posee un Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) aprobado, que incluye las áreas boscosas del Parque Nacional Calilegua y otras regiones de selva de yungas. La autoridad de aplicación es el Ministerio de Ambiente de Jujuy, encargado de la evaluación y monitoreo de los bosques nativos.
Santa Cruz	Ley N° 3.154: Adhiere a la Ley Nacional N° 26.331	Sobre la protección de los bosques nativos en Santa Cruz. Aunque Santa Cruz tiene escasa superficie boscosa, las normativas buscan proteger los bosques andino-patagónicos y arbustales, especialmente en zonas cordilleranas. La autoridad de aplicación es el Consejo Agrario Provincial, encargado de coordinar acciones de manejo sostenible y conservación.
Tierra del Fuego	Ley N° 869: Adhiere a la Ley Nacional N° 26.331	Regula el manejo sostenible de los bosques nativos en la provincia. Tierra del Fuego cuenta con importantes extensiones de bosques nativos, principalmente los bosques subantárticos. La normativa se centra en la protección de estas áreas y en la promoción de un uso sustentable de los recursos forestales. La autoridad de aplicación es la Secretaría de Ambiente, Desarrollo Sostenible y Cambio Climático.

Patrimonio Cultural y Natural

Jurisdicción	Norma	
Nación	Ley N° 25.743	Protección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico, establece el régimen legal aplicable en materia de protección de este patrimonio a nivel nacional. Esta ley regula la distribución de competencias y de las autoridades de aplicación; sobre los bienes arqueológicos y paleontológicos; el Registro Oficial de Yacimientos Arqueológicos y Paleontológicos y de Colección u Objetos Arqueológicos o Restos Paleontológicos; las concesiones; las limitaciones a la propiedad particular; así como determina infracciones y sanciones; delitos y penas; condiciones para el traslado de objetos; protección especial de los materiales tipo paleontológico.
Buenos Aires	Ley Provincial N° 10.419	Declara de interés provincial la protección del patrimonio arqueológico y paleontológico. La ley regula la preservación de materiales arqueológicos y paleontológicos en el territorio bonaerense. Establece que cualquier hallazgo debe ser informado a las autoridades provinciales competentes. La Dirección Provincial de Patrimonio Cultural, dependiente del Instituto Cultural de la Provincia de Buenos Aires, es la autoridad encargada de la protección de estos recursos. También se relaciona con la normativa nacional para prevenir el saqueo, tráfico y exportación ilegal de bienes arqueológicos y paleontológicos.

Chubut	Ley Provincial N° 3559	Declara patrimonio cultural de la provincia los bienes arqueológicos y paleontológicos. Es complementaria de la Ley Nacional N° 25.743. La autoridad de aplicación es la Dirección General de Patrimonio Cultural y Museos, que depende de la Secretaría de Cultura de la provincia. La normativa regula las investigaciones, excavaciones, conservación y manejo de los sitios arqueológicos y paleontológicos en Chubut. También fomenta la educación y concientización sobre la importancia del patrimonio arqueológico y paleontológico.
Jujuy	Ley Provincial N° 5.346	Adhiere y complementa la Ley Nacional N° 25.743, asegurando la protección del patrimonio arqueológico y paleontológico. La provincia es rica en patrimonio arqueológico, especialmente en sitios prehispánicos como los ubicados en la región de la Quebrada de Humahuaca (declarada Patrimonio Mundial por la UNESCO). La autoridad de aplicación es la Dirección Provincial de Patrimonio Cultural, dependiente de la Secretaría de Cultura. Regula la investigación y el rescate arqueológico, así como el control del tráfico de bienes patrimoniales.
Santa Cruz	Ley Provincial N° 3137	Declaró el patrimonio arqueológico y paleontológico como parte del patrimonio cultural de la provincia. Complementa la Ley Nacional N° 25.743, estableciendo normativas para la protección, registro, conservación y estudio de los bienes patrimoniales. La autoridad de aplicación es el Museo Padre Molina y la Subsecretaría de Cultura de Santa Cruz, que gestionan los permisos para investigaciones y coordinan tareas de preservación. Santa Cruz posee un gran interés paleontológico, especialmente en la región de la Patagonia, donde se han encontrado restos de dinosaurios y otras especies fósiles.
Tierra del Fuego	Ley Provincial N° 370	Declara de interés provincial la protección, conservación y estudio del patrimonio arqueológico y paleontológico. Es complementaria de la Ley Nacional N° 25.743. La autoridad de aplicación es el Instituto Fueguino de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET) y la Dirección de Patrimonio Cultural de la provincia. Regula las excavaciones, investigaciones y la conservación del patrimonio en la región, teniendo en cuenta su riqueza tanto en yacimientos paleontológicos como arqueológicos (vinculados a las culturas originarias como los Selk'nam y Yámana).

Energía Eléctrica

En relación a la generación de energía, la Resolución N° 558/2022 del Ente Nacional Regulador de la Electricidad, la cual deroga la Resolución N° 555/2001 y otras, establece criterios ambientales a cumplimentar e informar indicando un procedimiento para los agentes generadores, autogeneradores, cogeneradores, transportistas de energía eléctrica en alta tensión, transportistas de energía eléctrica por distribución troncal, transportistas de energía eléctrica de interconexión internacional y distribuidores de energía eléctrica de jurisdicción federal del MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA (MEM) quienes deberán elaborar, implementar y certificar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para las instalaciones bajo su responsabilidad.

Asimismo, indica un procedimiento alternativo para agentes responsables de parques solares fotovoltaicos o plantas de energía solar termoeléctrica, cuyas instalaciones posean un Nivel de Complejidad Ambiental (NCA) inferior a catorce coma cinco (14,5) puntos y agentes responsables de parques eólicos, cuyas instalaciones posean un NCA inferior a catorce coma cinco (14,5) puntos.

Normativa técnica aplicable al hidrógeno

El hidrógeno tiene propiedades específicas (densidad, reactividad, inflamabilidad, velocidad de ignición) por las cuales su uso y manejo implica riesgos particulares que requieren tratamientos específicos en términos de seguridad.

En relación a la seguridad para los sistemas de hidrógeno, no se encuentra normativa específica en el país.

En tal sentido, en 1990 se conformó el Comité Internacional ISO TC 197 – Tecnologías del Hidrógeno, para la elaboración de normas en el campo de los sistemas y dispositivos de producción, almacenamiento, transporte, medición y uso de hidrógeno. Desde 1997, Argentina es miembro plenario de este Comité a través de IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación).

En el ámbito nacional existen las siguientes normas IRAM que reflejan las ISO correspondientes: (i) IRAM 14687:2003. Hidrógeno combustible. Especificaciones de producto; (ii) IRAM-ISO/TR 15916:2007. Consideraciones básicas de seguridad para sistemas de hidrógeno.

Cabe advertir que las normas ISO-IRAM sólo son de aplicación obligatoria en la Argentina cuando la autoridad de aplicación competente las adopta como tales. En caso contrario, el carácter de estas normas es el de estándares técnicos libremente adoptados por la industria para observar buenas prácticas.

En relación al transporte de hidrógeno por ductos, actualmente Argentina no cuenta con normativa específica. Para la construcción de ductos podrían usarse como referencia las Normas argentinas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías NAG 153, así como normas internacionales como la ASME B31.12 - Hydrogen Piping and Pipeline. Asimismo, la calidad del gas a ser transportado por ductos, cuando se trata de mezclas de hidrógeno con gas natural, también se rige por la norma NAG 602.

En relación al transporte de dióxido de carbono, al igual que el de hidrógeno y derivados por carretera o ferrocarriles, se consideran dentro de la categoría de Transporte de Mercaderías Peligrosas y se encuentran alcanzados por la Comisión Nacional de Regulación de Transporte (CNRT), como autoridad de aplicación. Particularmente se regula sobre la identificación del transporte, protocolos de cómo proceder ante un siniestro, y la capacitación a los choferes de los transportes. El transporte interjurisdiccional en todo el país se rige principalmente por las siguientes normas nacionales para el transporte de carga:

- Ley Nacional N° 24.449 de Tránsito y Seguridad Vial y modificaciones
- Decreto Reglamentario N° 779/95 (Ley N° 24.449) y modificaciones
- Ley N° 24.653 de Transporte Automotor de Carga
- Decreto Reglamentario N° 1035/2002 (Ley N° 24.653)
- Resolución S.T. 74/2002: Registro Único de Transporte Automotor (R.U.T.A.). Obligatoriedad de registro de empresas y vehículos que realicen transporte de carga nacional e internacional.

Específico para mercancías peligrosas:

- Decreto N° 779/1995 y sus modificatorias, reglamentario de la Ley N° 24.449 y sus modificatorias. ANEXO S - Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (Normas Funcionales).
- Resolución N° 195/1997 de la ex Secretaría de Obras Públicas y Transporte, por la que se incorporan normas técnicas al Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, aprobado por el Decreto N° 779/1995. En la actualidad, se encuentra a la espera de la entrada en vigencia de la Resolución 64/2022, la cual será efectiva desde la adhesión de la totalidad de los países del Mercosur.

También cabe destacar el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), que es un estándar internacional para la clasificación y etiquetado de productos químicos, diseñado para garantizar la seguridad en el manejo, transporte y uso de sustancias peligrosas, contenido en lo que se conoce como «libro púrpura». El mismo debe utilizarse para la comunicación de peligros.

El „Libro Naranja« (publicación de las Naciones Unidas) proporciona recomendaciones sobre el transporte de mercancías peligrosas, e incluye una clasificación de sustancias peligrosas, directrices, criterios de embalaje, y procedimientos ante casos de emergencia. Contiene una clasificación de sustancias peligrosas, directrices para su manejo seguro, criterios para el embalaje, y procedimientos de respuesta en caso de emergencia. Para el caso del metanol, podrá remitirse al Manual de manipulación segura del metanol del Methanol Institute (2013).

Otras normas

Además, la ley N° 25.743 de Protección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico establece el régimen legal aplicable en materia de protección de este patrimonio a nivel nacional. Esta ley regula la distribución de competencias y de las autoridades de aplicación; sobre los bienes arqueológicos y paleontológicos; el Registro Oficial de Yacimientos Arqueológicos y Paleontológicos y de Colección u Objetos Arqueológicos o Restos Paleontológicos; las concesiones; las limitaciones a la propiedad particular; así como determina infracciones y sanciones; delitos y penas; condiciones para el traslado de objetos; protección especial de los materiales tipo paleontológico.

La Ley N° 25.197 del Registro del Patrimonio Cultural tiene por objetivo la centralización del ordenamiento de datos de los bienes culturales de la Nación, en el marco de un sistema de protección colectiva de su patrimonio, que a partir de la identificación y registro del mismo será denominado Registro Nacional de Bienes Culturales. La Ley N° 21.836, Convención sobre Protección del Patrimonio mundial cultural y natural, tiene como objeto identificar, proteger, conservar, rehabilitar y transmitir a las generaciones futuras el patrimonio cultural y natural situado en su territorio.

Por último, La Ley N° 27.520 de Estrategia Nacional de Cambio Climático, instrumentos de mitigación y adaptación, es una ley de PMPA cuya finalidad es garantizar acciones, instrumentos y estrategias adecuadas de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. Establece objetivos y principios, crea el Gabinete Nacional de Cambio Climático. La Ley N° 26.815 establece los PMPA en materia de incendios forestales y rurales, indicando la necesidad de planes de manejo del fuego, y obligaciones de particulares, responsabilidad, entre otros.

A2. ANEXO 2 Recomendaciones normativas

En el análisis de la normativa aplicable a la EIA en Argentina, especialmente en el contexto de proyectos para la producción de hidrógeno verde, es fundamental señalar la necesidad de adoptar un enfoque que contemple la evaluación integral de los proyectos, es decir más allá de las etapas y las distintas unidades incorporadas al proyecto, tener una visión integradora del proyecto y de su alcance y dar participación a las áreas e instituciones con la experticia necesaria para elevar el prestigio y la calidad de la evaluación. Esto implica que las evaluaciones, y por ende los EsIAs, se deberían realizar de forma unificada y coherente, evitando la segmentación en partes independientes por parte de la autoridad de evaluación. La fragmentación de estos estudios puede llevar a una subestimación de los impactos acumulativos y sinérgicos, disminuyendo la efectividad de las medidas de mitigación y los estándares de protección ambiental.

Del análisis realizado surge que actualmente no existe una normativa específica aplicable para la EIA del hidrógeno verde, lo cual dificulta la evaluación adecuada de los impactos ambientales de proyectos integrados en este sector emergente. Se listan una serie de medidas que se podrían implementar a fin avanzar en la creación de un marco que incentive los proyectos de hidrógeno verde en el país:

- **Simplificar los procedimientos:** Evitar la burocratización y garantizar que las EIA se apliquen de manera eficiente, abordando todos los componentes de los proyectos de hidrógeno verde como un todo integrado en lugar de fraccionarlos.
- **Trabajar sobre la especificidad:** Crear marcos regulatorios específicos para la producción de hidrógeno verde, con estándares de evaluación que aborden sus particularidades tecnológicas, ambientales y socioeconómicas
- **Procesos Integrados en la Evaluación:** Implementar una evaluación ambiental integrada para proyectos complejos, de modo que todas las actividades y sus impactos se consideren en conjunto, asegurando una visión holística que permita identificar todos los riesgos y efectos acumulativos.
- **Legislación Uniforme a Nivel Nacional:** La falta de un marco regulatorio uniforme crea disparidades entre las provincias, generando desigualdades en los estándares de protección ambiental. Es importante que se promueva una legislación que pueda aplicarse en todo el territorio, garantizando coherencia en la implementación de EIAs para proyectos de hidrógeno verde.
- **Legislación Provincial:** Desarrollo provincial de normativa específica la cual fomentaría el desembarco de proyectos de hidrógeno verde en sus territorios de acuerdo a las condiciones específicas de las mismas.
- **Desarrollos y promoción regional:** Se destaca la importancia de acuerdos interjurisdiccionales en la Patagonia los cuales podrían replicarse en otras regiones como el Norte Argentino, donde el hidrógeno verde podría producirse a partir de energía solar. Estos acuerdos ayudarían a establecer criterios comunes y fomentar el desarrollo del hidrógeno verde en diversas zonas del país, impulsando una transición hacia energías más limpias de forma equitativa y coordinada.

- **Normas de Fomento y Evaluación Ambiental Estratégica (EAE):** Es necesario aprobar normas de fomento para incentivar la instalación de proyectos de hidrógeno verde, así como impulsar EAEs que proporcionen un análisis amplio y previo y brinden un marco de sostenibilidad para la producción de hidrógeno verde. Este enfoque es crucial para anticipar los efectos y tomar decisiones informadas que beneficien tanto el desarrollo económico como la preservación ambiental.

Es importante mencionar que, si bien ha perdido estado parlamentario, sirve de referencia el Proyecto de Ley de Presupuestos Mínimos de Evaluación Ambiental, cuyo objetivo era establecer lineamientos nacionales mínimos para la implementación de instrumentos de protección y gestión ambiental. Este proyecto buscaba fortalecer la protección ambiental, acelerar los procesos, garantizar la participación ciudadana y asegurar una evaluación exhaustiva de los impactos. Además, proponía la creación de la Agencia Federal de Evaluación Ambiental (AFEVA), cuya función era evaluar proyectos de impacto interjurisdiccional, promoviendo la coordinación entre las provincias y la Nación.

Por otro lado, en lo que respecta a cuestiones específicas que requieren normativas detalladas, el análisis indica que las principales deficiencias regulatorias se presentan en aspectos puntuales y a nivel local. Se recomienda que, en ausencia de legislación específica dentro de una jurisdicción, se tomen como referencia las normativas nacionales (si existen), las regulaciones de otras provincias o estándares internacionales.

Un ejemplo relevante en el ámbito del control y vertido de efluentes, particularmente aplicable a proyectos relacionados con la producción de hidrógeno verde y la gestión de salmuera, se encuentra en el Decreto N° 1540/16 de la provincia de Chubut. Esta normativa establece los criterios para el vertido de efluentes que incluyen sólidos disueltos totales (SDT). Los límites permitidos para la descarga están detallados en los anexos del decreto, y los valores más relevantes han sido presentados en la guía dentro del apartado «Emisiones, residuos y efluentes».

Con respecto a los ductos, los mismos no cuentan con normativa específica, por lo cual los parámetros utilizados se basan en normas internacionales como la ASME B31.12 – Hydrogen Piping and Pipeline y las Normas argentinas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías NAG 153.

En materia de seguridad de los sistemas de hidrógeno, el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), que trabaja con el objetivo de desarrollar y mantener la uniformidad de sistemas y criterios, en este caso suple la falta de legislación al respecto, aplicando la norma ISO TC 197- Hydrogen technologies.

En relación a la gestión de riesgos asociados a ubicaciones de edificios en instalaciones de procesamiento, como plantas químicas y refinerías, podrán tomarse como referencia para la seguridad y las distancias adecuadas entre edificios y áreas de procesos para proteger a los ocupantes de explosiones, incendios y liberaciones tóxicas, las directrices volcadas en la Norma API RP 752 del Instituto Americano del Petróleo (2009). El almacenamiento del hidrógeno no está específicamente regulado si bien hay normativa general referida al almacenamiento de gases inflamables en complejos industriales.

También podemos mencionar el monitoreo de aves para parques eólicos. Cabe destacar el caso de la Resolución 37/2007 de la Provincia de Chubut, la cual ha sido tomada de referencia en diversos estudios de impacto ambiental en otras provincias del país.

A3. ANEXO 3 Herramientas

Herramientas generales

Diagnóstico del estado de la Evaluación Ambiental 2022. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023). <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/evaluacion-ambiental/impacto/diagnostico>

Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental - Edición 2023. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (2023). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019/02/guia_esia_2023.pdf

Guía sobre participación pública en la evaluación ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina (2023). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019/12/guia_pp_2023.pdf

¿Qué entendemos por participación temprana? ¿Cuándo, dónde y para qué es necesaria? Secretaría de Ambiente, Turismo y Deportes de la Nación Argentina (2024). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/que_entendemos_por_participacion_temprana_final_web_1.pdf

Herramientas sectoriales

Guía de buenas prácticas para el desarrollo eólico en Argentina. Gestión de Impacto de Aves Murciélagos. Ministerio de Hacienda, Presidencia de la Nación. BID Invest. IFC. (2019). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_buenas_practicas_energia_eolica_y_biodiversidad_-_final_web.pdf

Guía para la evaluación de los impactos ambientales de proyectos de energías renovables. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2019). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_buenas_practicas_energia_eolica_y_biodiversidad_-_final_web.pdf

Manual de evaluación y gestión ambiental de obras viales. MEGA II. Ministerio de planificación federal, inversión pública y servicios. Secretaría de obras públicas. Dirección Nacional de Vialidad (2007). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/seci_completo.pdf

Normas argentinas mínimas para la protección ambiental en el transporte y distribución de gas natural y otros gases por cañerías. NAG 153. Ente Nacional Regulador del Gas (2006). <https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-153.pdf>

Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental. Administración Nacional de Parques de la Nación Argentina (2023). https://sib.gob.ar/archivos/Reglamento_de_Evaluacion_de_Impacto_Ambiental.pdf