

Relatorio de Impacto Ambiental

Proyecto:

**“Implantación de una Unidad de
Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”**



PTI

Parque Tecnológico
Itaipu

Proponente: FUNDACION PARQUE TECNOLOGICO
ITAIPU - PARAGUAY

Representante: Carlos Alberto Mercado Rotela

Finca: 7137

Lugar: Itaipú

Consultor: Ing. Amb. Maida Cáceres Mercado

Registro MADES: CTCA I-1401

Hernandarias – Alto Paraná – Paraguay.

Cel: (0973) 192 - 189

Marzo – 2025

Índice general

1.	Antecedentes	5
1.1.	Nombre del Proyecto	6
1.2.	Proponente	6
1.3.	Datos del Inmueble	6
1.4.	Derechos de la propiedad	6
2.	Objetivos	7
2.1.	Objetivo General.....	7
2.2.	Objetivos Específicos	7
3.	Área de estudio.....	8
3.1.	Ubicación:	8
3.1.	Áreas de Influencia	8
3.1.1.	Área de Influencia Directa	9
3.1.2.	Área de Influencia Indirecta.....	9
4.	Descripción del medio ambiente.....	10
4.1.	Medio físico.	10
4.1.1.	Geografía y Suelo	10
4.1.2.	Clima	10
4.1.3.	Hidrografía	11
4.2.	Medio biológico.....	11
4.2.1.	Vegetación y Fauna.....	11

4.3.	Medio Sociocultural.....	11
4.3.1.	Población y estructura comunitaria.....	11
5.	Alcance del Proyecto	12
5.1.	Descripción del proyecto propuesto	12
5.2.	Tipo de Obra	13
5.3.	Infraestructura.....	13
5.4.	Distribución y componentes principales de la infraestructura	14
5.5.	Descripción de la actividad	15
5.6.	Servicios básicos.....	16
5.7.	Sistema de prevención y combate de incendios	17
5.8.	Materia Prima e insumos	17
5.8.1.	Materia prima.....	17
5.8.2.	Insumos	18
5.9.	Etapas del proyecto	18
5.10.	Tipos de desechos	21
5.10.1.	Residuos Sólidos	21
5.10.2.	Residuos Líquidos	21
5.10.3.	Residuos Gaseosos	22
5.11.	Cronograma de actividades.....	23
5.12.	Organigrama	26
6.	Determinación de los Potenciales impactos del proyecto	28
6.1.	Identificación de impactos.....	28

6.1.1. Actividades de impacto positivo	28
6.1.2. Actividades de impacto negativo	29
7. Plan de Gestión ambiental.....	30
7.1. Análisis de alternativas para el proyecto propuesto	30
7.2. Elaboración de Plan de Mitigación para atenuar los impactos negativos	37
7.3. Elaboración del Plan de Monitoreo – Cronograma	42
8. Conclusiones y recomendaciones	45
9. Equipo de consultor	47
10. Bibliografía.....	48

Índice de Tablas

Cuadro 1. Usos.....	14
Cuadro 2. Impactos positivos	28
Cuadro 3. Impactos negativos	29
Cuadro 4. Medidas agua y suelo	37
Cuadro 5. Medidas Aire.....	38
Cuadro 6. Medidas flora, fauna y paisaje	39
Cuadro 7. Medidas - social	39
Cuadro 8. Medidas – Plan de emergencia.....	40
Cuadro 9. Medidas – Gestión de aguas residuales-rsu-materia prima	41

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Organigrama de la empresa	27
--	----

1. Antecedentes

El Parque Tecnológico Itaipú (PTI-Py) es una iniciativa impulsada por ITAIPU Binacional con el propósito de promover la ciencia, la tecnología y la innovación en Paraguay. Administrado por la Fundación Parque Tecnológico Itaipú, se ha consolidado como un referente en el desarrollo de proyectos tecnológicos y de investigación que buscan contribuir al progreso económico, social y ambiental de la región.

El PTI-Py cuenta con dos Declaraciones de Impacto Ambiental vigentes que amparan diversas actividades dentro de su predio. En esta ocasión, se busca obtener la Declaración de Impacto Ambiental para un proyecto específico: la instalación de una Unidad de Hidrógeno Verde destinada a la investigación y desarrollo, en el marco de un convenio establecido con instituciones dedicadas a la innovación tecnológica y la sostenibilidad.

El presente proyecto responde al interés estratégico del PTI-Py por fomentar la investigación en tecnologías limpias y sostenibles, en concordancia con la tendencia global hacia la transición energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La iniciativa se alinea con la misión de contribuir al desarrollo sostenible, impulsando proyectos que promuevan la eficiencia energética y el uso responsable de los recursos naturales.

En cumplimiento con la normativa ambiental vigente en Paraguay, se ha emprendido esta Evaluación de Impacto Ambiental Preliminar de acuerdo con la Ley N° 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental y sus decretos reglamentarios N° 453/13 y N° 954/13. La evaluación se realizará considerando los Términos Oficiales de Referencia (T.O.R.) establecidos para este tipo de proyectos y lo dispuesto en el

artículo 3 de la Ley N° 294/93, que define los componentes esenciales que debe contener todo Estudio de Impacto Ambiental.

En un contexto donde la sostenibilidad y la protección ambiental son prioridades globales, el PTI-Py se compromete a cumplir con las normativas ambientales en vigor, adoptando medidas preventivas, correctivas y de mitigación para asegurar un desarrollo responsable y respetuoso con el entorno natural. Además, esta iniciativa pretende convertirse en un modelo de innovación tecnológica que integre la investigación científica con el respeto por el medio ambiente.

1.1. Nombre del Proyecto

"Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I"

1.2. Proponente

Firma: Fundación Parque Tecnológico Itaipu – Paraguay **RUC:** 80057536-9

Representante: Carlos Alberto Mercado Rotela **C.I.N°:** 3.215.815

Dirección: Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

Teléfono: (061)5990000

Correos: mesa.entrada@pti.org.py victor.balbuena@pti.org.py

1.3. Datos del Inmueble

- **Finca:** 7137

1.4. Derechos de la propiedad

El proyecto se desarrollará en un espacio físico cedido en régimen de comodato por ITAIPU Binacional, según el contrato N° JEP.JE/005/2011 y su Aditivo

Nº 1, dentro del área asignada en dicho documento para el desarrollo del Parque Tecnológico de Itaipu Paraguay.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Desarrollar el proyecto la Evaluación de Impacto Ambiental Preliminar para la implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y la identificación de impactos ambientales asociados al proyecto.

2.2. Objetivos Específicos

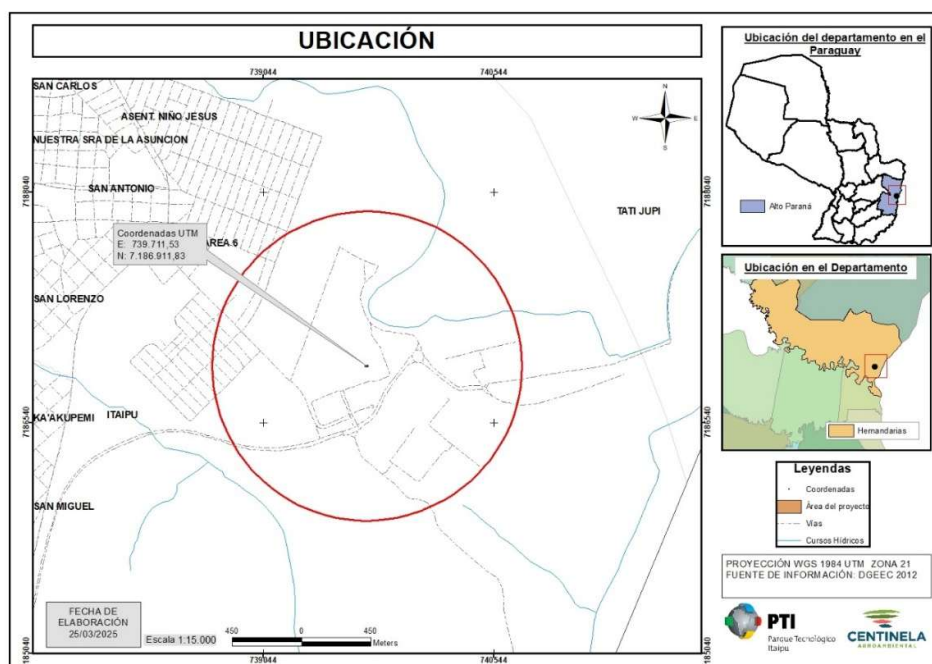
- Elaborar los términos de referencia para el desarrollo del proyecto, asegurando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales, con especial énfasis en aquellos adversos que puedan derivarse de las operaciones.
- Diseñar un Plan de Gestión Ambiental, incorporando medidas específicas para prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos del proyecto.
- Establecer un cronograma de implementación y monitoreo, definiendo indicadores ambientales clave para garantizar la efectividad de las medidas de mitigación.
- Elaborar y presentar el informe de Evaluación de Impacto Ambiental, documentando los hallazgos, las medidas de mitigación y el plan de seguimiento para su aprobación por las autoridades competentes.

3. Área de estudio

3.1. Ubicación:

- Dirección: Central Hidroeléctrica de Itaipú
- Lugar: Itaipú
- Distrito: Hernandarias
- Departamento: Alto Paraná
- Coordenadas UTM:
 - X (ESTE)= 739.711,53
 - Y (NORTE)= 7.186.911,83

MAPA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO



3.1. Áreas de Influencia

Para la descripción de las Áreas de influencia del emprendimiento se separan en Área de influencia Directa (AID) que corresponde a la zona donde se desarrolla la actividad según los límites establecidos de las documentaciones presentadas y en Área de influencia Indirecta (AII) que abarca un radio de 1000 metros con relación a los límites de la propiedad.

3.1.1. Área de Influencia Directa

Comprende la superficie ocupada por el emprendimiento donde se desarrolla la actividad.

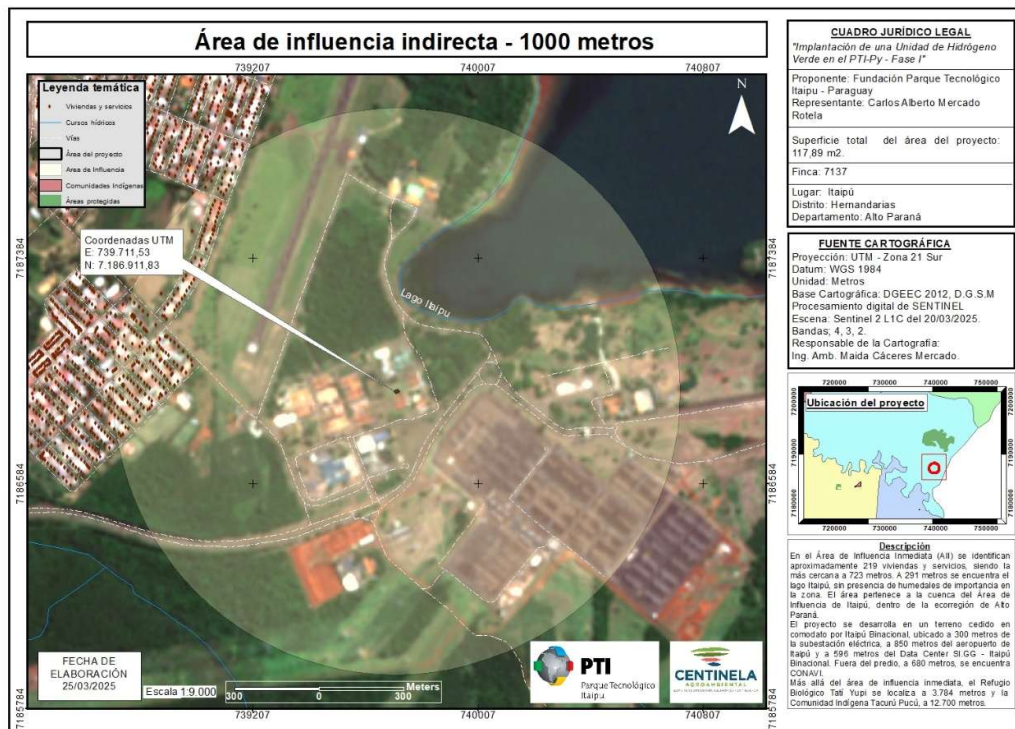
3.1.2. Área de Influencia Indirecta

En el Área de Influencia Inmediata (AI) se identifican aproximadamente 219 viviendas y servicios, siendo la más cercana a 723 metros. A 291 metros se encuentra el lago Itaipú, sin presencia de humedales de importancia en la zona. El área pertenece a la cuenca del Área de Influencia de Itaipú, dentro de la ecorregión de Alto Paraná.

El proyecto se desarrolla en un terreno cedido en comodato por Itaipú Binacional, ubicado a 300 metros de la subestación eléctrica, a 850 metros del aeropuerto de Itaipú y a 596 metros del Data Center SI.GG - Itaipú Binacional. Fuera del predio, a 680 metros, se encuentra CONAVI.

Más allá del área de influencia inmediata, el Refugio Biológico Tatí Yupi se localiza a 3.784 metros y la Comunidad Indígena Tacurú Pucú, a 12.700 metros.

MAPA 2. ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA-1000METROS



4. Descripción del medio ambiente

4.1. Medio físico.

4.1.1. Geografía y Suelo

El departamento de Alto Paraná está constituido por formación Misiones en el Triásico-Jurásico, y formaciones Alto Paraná y Acaray en el Cretácico. La predominancia es la de la formación Alto Paraná constituida por una extensa área de derrame de basaltos, su máximo espesor está estimado en más de 700-800 metros en Itaipú, cerca del río Paraná. Está constituida por una extensa área de derrame de basaltos, predominantemente toleíticos, que cubren en la cuenca un área de 800.000 Km², con 24.867 Km² en el Paraguay Oriental (Dirección del Servicio Geográfico Militar, 1986).

El departamento está constituido por valles estrechos y tierras altas, tiene un paisaje ondulado, con suelos de buen drenaje, de característica arcilloso de textura fina, cuyo material originario es el basalto cuyo relieve presenta pendientes cuyos valores oscilan entre el 2 y 15 % (Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social (STP), 2020).

4.1.2. Clima

El clima en el departamento del Alto Paraná es subtropical. El verano es caluroso, con un promedio de enero de 27 °C. El invierno es fresco, con una temperatura promedio de julio de 17 °C. Raramente se dan temperaturas inferiores a 1 °C o superiores a 38 °C. Los días cubiertos son más frecuentes en invierno, pero cuando más llueve es en verano, época en que se desarrollan tormentas a veces muy intensas, por lo que grandes cantidades de agua caen en poco tiempo. En invierno son más comunes lloviznas débiles pero continuas (Grassi, Vázquez, & Rodríguez, 2020)

4.1.3. Hidrografía

El Río Paraná es el recurso más importante, y sus principales afluentes son los ríos Acaray, Monday, Itambey, Ñacunday, Limoy, Yñaró, Itabo Guazú Ypetí, Ycuá Guazú, Yacuí y Pira Pytá. El poderoso caudal de los ríos Paraná y Acaray han sido aprovechados para la construcción de las usinas hidroeléctricas de Itaipú y la de Acaray (Instituto Nacional de Estadística (INE), s.f.).

4.2. Medio biológico.

4.2.1. Vegetación y Fauna

El departamento del Alto Paraná pertenece a la Ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná, que es una de las zonas más húmedas y biodiversas del país. Esta ecorregión, conocida como Selva Paranaense, se caracteriza por una gran cantidad de especies vegetales y animales. Entre las especies botánicas más destacadas se encuentran el Guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), el Lapacho (*Tabebuia heptaphylla*) y el Cedro (*Cedrela fissilis*), entre otras. En cuanto a la fauna, esta región alberga al Jaguar (*Panthera onca*), el Tapir (*Tapirus terrestris*) y el Ocelote (*Leopardus pardalis*) (Mereles, s.f.).

4.3. Medio Sociocultural.

4.3.1. Población y estructura comunitaria

Según proyecciones la población del departamento Alto Paraná al año 2021 es de 842.307 habitantes, que representa el 11,5% de la población total del país. La estructura por edad de la población muestra que casi el 30% de la población es menor de 15 años, aproximadamente el 65% tiene entre 15 a 64 años y cerca del 5% con 65 y más años. Se observa un descenso de la población de niños y adolescentes,

mientras que hay un aumento de la población de adultos jóvenes (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2021).

5. Alcance del Proyecto

5.1. Descripción del proyecto propuesto

El proyecto propuesto en etapa de proyección consistirá en la implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el Parque Tecnológico Itaipú (PTI-Py) - Fase I, con fines experimentales, de investigación y de formación de recursos humanos. Esta unidad empleará la tecnología de electrólisis del agua, utilizando energía eléctrica proveniente de la red interna del PTI-Py que proviene de la Itaipú Binacional para la producción de hidrógeno verde.

El objetivo principal es investigar y desarrollar procesos tecnológicos relacionados con la producción, almacenamiento y uso de hidrógeno verde de manera sostenible, con miras a evaluar su eficiencia, seguridad y viabilidad en distintas aplicaciones. Este proyecto se alinea con la tendencia global hacia la transición energética y la adopción de tecnologías limpias que contribuyan a la descarbonización.

La Unidad de Hidrógeno Verde constará de cuatro módulos destinados a la electrólisis del agua, sistemas de almacenamiento y uso del hidrógeno, así como una infraestructura de control y monitoreo que garantizará la seguridad, eficiencia y el adecuado control del proceso de producción de hidrógeno. El abastecimiento de agua se realizará a partir de la red interna, utilizando aproximadamente un 1% del concentrado químico necesario para el proceso. Además, el drenaje del sistema se llevará a cabo una vez al año, siguiendo procedimientos específicos para la disposición segura de los efluentes generados

El proyecto no busca la comercialización del hidrógeno producido, sino su utilización como un insumo para la investigación y el desarrollo de tecnologías relacionadas con la producción y el uso sostenible de hidrógeno verde. Asimismo, se busca evaluar su potencial como fuente de energía limpia que pueda ser aprovechada en diversas aplicaciones futuras.

5.2. Tipo de Obra

El presente proyecto se enmarca en las disposiciones establecidas en la Ley N° 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental y sus decretos reglamentarios N° 453/13 y N° 954/13. La implantación de la Unidad de Hidrógeno Verde se considera una actividad que requiere de una Declaración de Impacto Ambiental debido a sus características técnicas y operativas.

Dado que el proyecto involucra la instalación de módulos de electrólisis para la producción de hidrógeno verde, así como sistemas operativos asociados (almacenamiento, uso, aplicación y monitoreo), se incluye dentro de las obras o actividades susceptibles de generar impactos ambientales según lo dispuesto en la normativa vigente.

Asimismo, se contempla la evaluación de posibles riesgos ambientales derivados del uso de hidrógeno, así como la disposición final de los efluentes generados por el proceso. Por lo tanto, este proyecto se someterá al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental Preliminar para garantizar su desarrollo de manera segura y ambientalmente responsable.

5.3. Infraestructura

La infraestructura proyectada para la implantación de la Unidad abarcará un área total de 117,89 m², ubicada dentro de dos contenedores metálicos con

dimensiones aproximadas de 13,55 m x 8,70 m. El diseño arquitectónico considera la distribución adecuada de los equipos, áreas de trabajo y acceso, asegurando la eficiencia operativa y el cumplimiento de las normativas vigentes en materia de seguridad y medio ambiente.

CUADRO 1. Usos

Cuadro de usos			
Descripción	Sup en m2	Sup en hás	%
Infraestructura - Unidad de hidrógeno	117,89	0,01	100,00
TOTAL	117,89	0,01	100

5.4. Distribución y componentes principales de la infraestructura

- Contenedor Metálico: Estructura principal que alberga todos los componentes del proyecto, con un recubrimiento adecuado para garantizar condiciones óptimas de seguridad y protección contra elementos externos.
- Gabinete de Hidrógeno y celda a combustible: Ubicados en la parte izquierda del contenedor, destinados al almacenamiento y manipulación segura de hidrógeno. Incluyen un área específica para el depósito de cilindros, con medidas de 2,20 m de ancho y 1,50 m de profundidad, asegurando un almacenamiento adecuado.
- Compresor de Hidrógeno: Instalado junto al sistema del gabinete de hidrógeno y celda a combustible, encargado de comprimir el hidrógeno producido para su almacenamiento o uso posterior.
- Sistema de Purificación de Agua: Localizado en la parte central de la instalación, este sistema se encarga de purificar el agua utilizada en el proceso de electrólisis. Su posición estratégica permite un fácil acceso para mantenimiento y operación.

- Oficina: Situada en la esquina superior derecha del segundo contenedor, destinada a funciones administrativas y de monitoreo. Permite el control eficiente de las operaciones y el acceso seguro al área técnica.
- Piso: Toda la superficie interior del contenedor contará con un revestimiento de vinílico antideslizante de alto tráfico, que ofrece estabilidad estructural, durabilidad y resistencia al desgaste.
- Accesos y Circulación: El diseño considera pasillos amplios y bien delimitados entre los equipos, asegurando la movilidad adecuada de personas y materiales dentro de la instalación. Además, se prioriza la seguridad mediante un orden lógico y eficiente de las áreas de trabajo.

5.5. Descripción de la actividad

El proceso de producción de hidrógeno será realizado mediante un sistema de electrólisis de agua con una solución electrolítica compuesta por hidróxido de potasio (KOH). El proceso se llevará a cabo en las siguientes etapas:

- Preparación de la Solución Electrolítica: Se utiliza agua purificada junto con aproximadamente un 1% de hidróxido de potasio (KOH) como electrolito. El purificador desmineraliza el agua y luego esta es mezclada con la solución de hidróxido de potasio.
- Electrólisis del Agua: En esta etapa, se utilizan cuatro módulos diseñados específicamente para la electrólisis, los cuales se encargan de separar el agua en hidrógeno y oxígeno mediante el paso de corriente eléctrica. La energía eléctrica utilizada proviene de la red interna del PTI-Py, maximizando el uso de recursos energéticos locales.

- Compresión y Almacenamiento: El hidrógeno generado es comprimido utilizando un compresor de hidrógeno y se almacena en cilindros de alta presión ubicados fuera del contenedor. El área está diseñada con estrictos estándares de seguridad para el manejo de gases comprimidos.
- Monitoreo y Control: La actividad es supervisada desde la oficina administrativa, donde se realiza un seguimiento de los parámetros operativos del proceso, tales como la presión y el flujo de gases. Se cuenta con sistemas de seguridad para asegurar el control de las condiciones del proceso en todo momento.
- Drenaje y Manejo de Efluentes: Los efluentes generados, principalmente líquidos con trazas de KOH, son acumulados en un sistema de contención adecuado. El drenaje de estos efluentes se realiza de forma periódica (aproximadamente una vez al año), siguiendo los procedimientos de gestión ambiental y seguridad establecidos.
- Uso de la Energía Generada: El hidrógeno producido será utilizado directamente en el predio para pruebas experimentales y demostraciones tecnológicas. Este uso contribuye al avance de la investigación en energías renovables y favorece el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas sostenibles.

5.6. Servicios básicos

El proyecto dependerá de varios servicios básicos para su funcionamiento. Tanto el agua necesaria para el proceso de electrólisis como la energía eléctrica requerida serán suministradas por la red interna del PTI-Py que proviene de la Itaipú Binacional.

5.7. Sistema de prevención y combate de incendios

El proyecto contará con un sistema de prevención y combate de incendios diseñado para garantizar la seguridad, especialmente en las áreas de almacenamiento de hidrógeno y sistemas eléctricos. Debido a la inflamabilidad del hidrógeno, se implementarán medidas estrictas de seguridad. Estas incluyen sistemas de detección de humo y calor en áreas críticas, como los módulos de electrólisis y almacenamiento. Además, se instalarán extintores en las zonas de mayor riesgo, asegurando una respuesta rápida ante cualquier incidente. El personal recibirá capacitación continua en procedimientos de emergencia para asegurar una intervención efectiva en caso de necesidad. También se diseñarán rutas de evacuación adecuadas y se instalará señalización de seguridad claramente visible para facilitar la evacuación en situaciones de emergencia. Finalmente, se implementará un sistema de monitoreo constante de posibles fugas de hidrógeno mediante sensores especializados, lo que permitirá la detección temprana de cualquier fuga y la activación de los sistemas de seguridad correspondientes. Estas medidas están alineadas con las normativas de seguridad vigentes y tienen como objetivo proteger tanto al personal como a las instalaciones, minimizando los riesgos asociados al manejo de hidrógeno.

5.8. Materia Prima e insumos

5.8.1. Materia prima

- Agua desmineralizada o tratada: La materia prima principal para la producción de hidrógeno verde es agua. El agua utilizada en el proceso de electrólisis debe ser de alta pureza para evitar la contaminación de los electrolizadores y asegurar una producción eficiente de hidrógeno.

- Energía eléctrica: El proceso de electrólisis requiere energía eléctrica. En este proyecto, se utilizará energía proveniente de fuentes renovables a través del sistema de distribución del predio.

5.8.2. Insumos

- Electrolizadores: Equipos clave para el proceso de electrólisis, que requieren insumos técnicos especializados, como membranas, electrodos y sistemas de refrigeración.
- Sistemas de compresión: Insumos relacionados con los compresores que permiten almacenar el hidrógeno a alta presión.
- Sistema de almacenamiento: Insumos para la instalación de cilindros de alta presión.
- Sistemas de control y monitoreo: Sensores, dispositivos de control y software que garantizan la operación segura y eficiente de la planta.

5.9. Etapas del proyecto

a. Planificación y Preparación de Actividades

- Definición de los objetivos técnicos y operativos del proyecto de investigación sobre hidrógeno verde.
- Desarrollo de un plan estratégico para la implementación y operación de la Unidad de Hidrógeno Verde.
- Establecimiento de plazos y cronogramas para la instalación de los módulos de electrólisis y la puesta en marcha del sistema experimental.

b. Preparación de Recursos y Capacitación del Personal

- Adquisición de equipos técnicos, módulos para electrólisis, sistemas de monitoreo y seguridad, y otros recursos operativos necesarios.
- Capacitación del personal técnico y operativo sobre el manejo del sistema de electrólisis, seguridad en el manejo de hidrógeno y procedimientos de control.
- Garantía de disponibilidad de recursos materiales y operativos, asegurando su correcto funcionamiento durante el proyecto experimental.

c. Acondicionamiento y Organización de Infraestructura

- Instalación y adecuación de los módulos de electrólisis y sistemas de almacenamiento en el espacio designado dentro del PTI-Py.
- Implementación de medidas de seguridad para la manipulación de hidrógeno, incluyendo sistemas de detección de fugas y alarmas, así como medidas de prevención de incendios.
- Acondicionamiento de las instalaciones de monitoreo y control para asegurar el seguimiento adecuado de los parámetros operacionales.

d. Gestión de Materiales y Recursos Operativos

- Organización y distribución eficiente de los recursos necesarios para el proceso de electrólisis, como el agua desmineralizada, el hidróxido de potasio (KOH), y otros insumos.
- Control de inventarios de los materiales utilizados en el proceso de investigación, asegurando su disponibilidad y correcta gestión.

e. Organización del Personal y Gestión Técnica

- Asignación de responsabilidades entre el personal técnico, administrativo y de seguridad para la operación continua del sistema experimental.
- Coordinación de los turnos de operación, mantenimiento y monitoreo del sistema, garantizando la eficiencia en todas las áreas del proyecto.
- Fomento de una colaboración eficiente entre los investigadores y el personal operativo del PTI-Py, promoviendo la innovación y el trabajo en equipo.

f. Inicio de Operaciones Experimentales y de Investigación

- Puesta en marcha de los módulos de electrólisis, iniciando el proceso de producción de hidrógeno verde.
- Ejecución de las pruebas experimentales para evaluar el rendimiento de los módulos, el sistema de almacenamiento y las condiciones operativas.
- Supervisión continua de los sistemas de monitoreo y control, así como el seguimiento de la eficiencia y seguridad del proceso experimental.

g. Evaluación de Resultados y Mejora Continua

- Monitoreo del rendimiento del sistema de producción de hidrógeno verde, evaluando su eficiencia energética, la calidad del hidrógeno producido y los impactos ambientales.
- Identificación de oportunidades de mejora en el proceso, ajustando parámetros técnicos y operativos para optimizar los resultados.

5.10. Tipos de desechos

Los residuos generados en el proyecto se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos:

5.10.1. Residuos Sólidos

- Electrodos y Componentes Desgastados: Materiales de los electrolizadores que sufren deterioro con el tiempo, como metales o materiales de membranas.
- Residuos de Limpieza: Materiales utilizados en el proceso de limpieza de equipos, como filtros, esponjas, trapos, y otros elementos que deben ser descartados una vez utilizados.
- Contenedores Vacíos: Envases de productos químicos usados, tales como soluciones electrolíticas, limpiadores u otros productos de mantenimiento.
- Residuos Orgánicos: Restos de comida, cáscaras de frutas, envoltorios y otros desechos generados por el personal durante el trabajo en el proyecto.

5.10.2. Residuos Líquidos

- Soluciones Electrolíticas Usadas: Ácido o base (como hidróxido de potasio) que pierde efectividad con el tiempo y debe ser reemplazado. Estas soluciones deben gestionarse de acuerdo con normativas específicas.

- Agua Residual: Agua contaminada por sales o metales generada durante el proceso de electrólisis o en las actividades de limpieza de equipos, que requiere tratamiento adecuado antes de su disposición.
- Líquidos de Limpieza: Residuos de productos químicos utilizados para limpiar los electrolizadores, tuberías y otras instalaciones del sistema, que pueden contener sustancias peligrosas o corrosivas.

5.10.3. Residuos Gaseosos

- Hidrógeno (H_2): En posibles situaciones de fugas no controladas, las pequeñas fugas serían de un impacto mínimo o prácticamente nulo.
- Oxígeno (O_2): Subproducto generado de manera controlada durante la electrólisis, el cual es liberado en cantidades medidas según los parámetros operacionales del proyecto.
- Vapor de Agua: Vapor generado durante el proceso de electrólisis, que puede ser condensado y reutilizado en el sistema.

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

5.11. Cronograma de actividades

ETAPA	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN	Definición del planeamiento y estructura técnica de la EIAP.	X	X										
	Elaboración de la lista de documentos requeridos.	X	X										
	Solicitud de documentaciones preliminares	X	X										
	Elaboración de notas de presentación.	X	X										
2. Revisión Normativa y Recolección de Información	Identificación de normativas internacionales y mejores prácticas.		X										
	Trabajo de campo para captura de datos.		X										
	Levantamiento de información secundaria		X										
	Recepción y revisión de documentos proporcionados por el proponente.		X										
	Definición del alcance del proyecto y categorización de fases.		X										
3. Análisis Técnico y Elaboración del Informe	Elaboración de cartografía según normativas vigentes.		X	X									
	Análisis del entorno y compatibilidad con normativas ambientales.		X	X									
	Evaluación del área de estudio y medio de implementación.		X	X									
	Determinación y evaluación de impactos ambientales.		X	X									
	Elaboración del Plan de Gestión Ambiental (PGA).		X	X									
	Redacción del Relatorio de Impacto Ambiental (RIMA).		X	X									

Proponente: Fundación Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay
Hernandarias – Alto Paraná

Consultor: Ing. Amb. Maida Mercado
Registro MADES CTCA: I-1401

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

ETAPA	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4. Presentación del Proyecto al MADES	Presentación del proyecto al MADES		X X X										
5. Evaluación y Proceso de Aprobación	Seguimiento del proceso de evaluación en el MADES.			X X X X	X X X X	X X X X	X X X X		X				
	Respuesta a requerimientos adicionales del MADES.			* * * *	* * * *	* * * *	* * * *						
	Publicación en diarios y medio digital del MADES.							X					
	Publicación del RIMA							X X					
6. Dictamen y Declaración de Impacto Ambiental (DIA)	Recepción del Dictamen del MADES y emisión de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).								X X X				
	Análisis del dictamen y entrega del documento final al proponente.									X			
	Preparación de cronograma de las medidas recomendadas en la declaración de impacto ambiental licencia y las consideraciones									X			

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

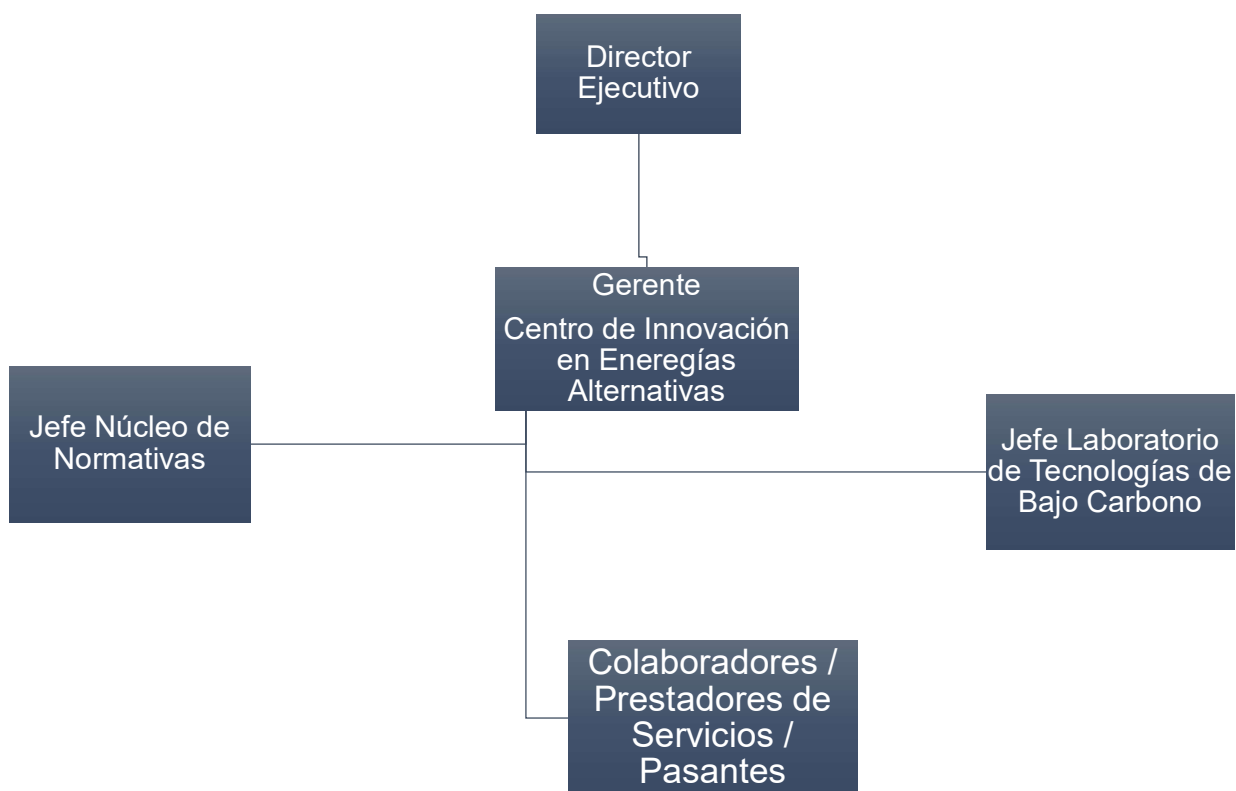
ETAPA	DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7. Implementación y Seguimiento	Entrega del proyecto impreso al proponente y demás actores relevantes.												
	Charla informativa sobre el cronograma de implementación de medidas ambientales y las condiciones establecidas por el MADES para la ejecución del proyecto.												
	Capacitación del personal												
	Ejecución de las consideraciones de las operaciones y mejoras a partir del EIAp												
	Ejecución y Cumplimiento Ambiental												
	Gestión de Permisos y Servicios Complementarios												
	Monitoreo y Auditoría												

- El cronograma inicia a partir de la contratación del servicio de consultoría para el desarrollo del Estudio de impacto ambiental preliminar para la obtención de la declaración de impacto ambiental. Está sujeto a modificaciones dependiendo del tiempo de obtención de la licencia.

5.12. Organigrama

El proyecto contará con un equipo de trabajo especializado, conformado por 9 personas entre ellos personal técnico, ingenieros, investigadores y encargados del proyecto, capacitados para garantizar el correcto funcionamiento de las actividades de investigación y desarrollo. El personal recibe formación periódica en seguridad, manejo de equipos y procedimientos técnicos para asegurar la calidad, eficiencia y seguridad en todas las operaciones. Las actividades se desarrollarán de lunes a viernes en dos turnos: el primero de 07:00 a 12:00 y el segundo de 13:00 a 16:00. Este esquema permite un control adecuado de los procesos, garantizando un monitoreo constante y seguro de la producción y manejo del hidrógeno.

ILUSTRACIÓN 1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



6. Determinación de los Potenciales impactos del proyecto

6.1. Identificación de impactos

6.1.1. Actividades de impacto positivo

CUADRO 2. IMPACTOS POSITIVOS

Medio Impactado	Actividades Impactantes	Efecto Positivo	Impacto positivo
Medio Físico			
Suelo y agua (Superficial y subterráneo)	Regularización de la construcción	Adaptación de actividades	Prevención de la contaminación de suelos y aguas mediante buenas prácticas.
	Gestión de efluentes	Tratamiento adecuado y controlado de residuos líquidos.	Protección de recursos al evitar la contaminación del suelo y cuerpos de agua cercanos.
	Almacenamiento organizado de materiales y productos químicos	Minimización de riesgos de derrames o accidentes.	Conservación de recursos y reducción de impactos negativos sobre el suelo y cuerpos de agua.
	Drenaje del sistema de electrólisis programado	Control sobre la disposición de líquidos residuales, asegurando un manejo adecuado.	Prevención de contaminación de cuerpos hídricos y suelos.
Aire	Proceso de electrólisis controlado y monitoreado.	Producción de hidrógeno sin emisiones contaminantes directas.	Contribución a la transición hacia energías limpias y sostenibles.
	Instalación de sistemas de ventilación adecuados en áreas de trabajo.	Mejora en la calidad del aire en el área de operación.	Protección de la salud de los operarios y reducción de riesgos asociados a la manipulación de hidrógeno.
Medio Biológico			
Flora / Fauna	Desarrollo en un área urbana ya intervenida	Minimización de impactos sobre hábitats naturales.	Conservación de ecosistemas existentes al no intervenir áreas naturales protegidas.
	Uso de tecnologías limpias y procesos no contaminantes.	Protección de la flora y fauna al evitar la generación de contaminantes.	Creación de un entorno seguro y controlado que minimiza efectos negativos sobre la biodiversidad.
Paisajismo (Visual escénica natural)	No afecta a humedales o áreas silvestres protegidas	No tiene efecto directo sobre áreas de conservación	Prevención de daños directos a áreas sensibles
Medio Antrópico			
Sociedad Local	Fomento de la investigación científica y tecnológica.	Desarrollo de capacidades locales en investigación y tecnologías limpias.	Contribución al avance de la ciencia y tecnología en Paraguay.
	Generación de empleos directos e indirectos.	Creación de puestos de trabajo para investigadores, técnicos y personal administrativo.	Mejora de las condiciones socioeconómicas locales.
	Programas de capacitación y formación profesional.	Incremento de competencias en temas de energía renovable e innovación tecnológica.	Contribución al desarrollo de un capital humano calificado y sostenible.

6.1.2. Actividades de impacto negativo

CUADRO 3. IMPACTOS NEGATIVOS

Medio Impactado	Actividades Impactantes	Efecto Negativo	Impacto Negativo
Medio Físico			
Agua y suelo	Instalación y mantenimiento de los módulos de electrólisis.	Movimiento y adecuación de estructuras.	Compactación y erosión del suelo
	Manipulación y almacenamiento de productos químicos (Hidróxido de Potasio y Agua Salina)	Generación de residuos y consumo de recursos.	Posible contaminación del suelo y cuerpos de agua por derrames accidentales.
	Generación de residuos sólidos (filtros, trapos, contenedores vacíos).	Acumulación inadecuada de residuos.	Degradación del entorno urbano, malos olores y potencial contaminación de suelos y aguas.
	Generación de residuos comunes en el predio (calidad del entorno urbano)	Acumulación de residuos	Contaminación del suelo y agua, malos olores, modificación de calidad de vida, degradación del entorno urbano
	Consumo de agua en el proceso de electrólisis.	Uso continuo de la red interna de agua.	Alteración de la calidad y disponibilidad del recurso hídrico.
Aire	Instalación y mantenimiento de infraestructura.	Emisión de polvo y partículas suspendidas	Alteración temporal de la calidad del aire.
	Proceso de electrólisis y manipulación de hidrógeno.	Posible liberación accidental de hidrógeno (H ₂) u otros gases.	Riesgo de contaminación puntual o generación de gases no deseados por fallas en el proceso.
	Consumo de energía eléctrica en el proceso experimental.	Aumento en la demanda energética.	Incremento indirecto en emisiones de CO ₂ si la fuente de energía no es completamente renovable.
	Tránsito de vehículos asociados al proyecto (transporte de materiales, insumos, etc.).	Emisiones de gases contaminantes provenientes de vehículos.	Contribución a la contaminación atmosférica por CO ₂ y otros gases.
Medio Biológico			
Flora / Fauna	Intervenciones dentro del predio	Alteraciones menores en áreas verdes urbanas.	Potencial disminución de biodiversidad o desplazamiento de especies locales.
Paisajismo (Visual escénica natural)	Desarrollo de la actividad en un área urbana	Alteración del paisaje natural, pérdida de áreas verdes	Degradación estética del entorno si no se aplica un diseño adecuado.
Medio Antrópico			
Sociedad	Transporte de insumos y productos	Incremento en el tráfico vehicular dentro del predio.	Congestión y posibles siniestros vehiculares, afectando la seguridad vial.
	Manipulación de productos químicos	Riesgo de accidentes laborales.	Posible afectación a la salud del personal involucrado.

7. Plan de Gestión ambiental

7.1. Análisis de alternativas para el proyecto propuesto

En este apartado se analizan las diferentes alternativas consideradas para el desarrollo del proyecto de Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I, teniendo en cuenta las condiciones ambientales determinadas en los distintos procesos. El objetivo principal es no solo prevenir, mitigar o compensar los efectos e impactos identificados, sino también aplicar sistemas de mejora continua que permitan una gestión integrada y eficiente. Esto se traduce en decisiones favorables a la conservación de los recursos, la protección del medio ambiente y el bienestar de las personas involucradas en el proyecto.

La mayoría de los impactos identificados son prevenibles y mitigables, sin ser completamente irreversibles. Sin embargo, se recomienda establecer la correcta aplicación de medidas para contrarrestar dichos impactos en los ámbitos físico, biológico y antrópico, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad ambiental del proyecto.

a) Medios Físicos (Suelo, Agua y Aire)

Las siguientes medidas buscan proteger y gestionar adecuadamente los componentes físicos del ambiente, especialmente durante las fases de construcción, operación y mantenimiento del sistema de electrólisis.

- Implementación de técnicas adecuadas de manejo ambiental: Establecer procedimientos específicos para la manipulación y almacenamiento seguro de productos químicos utilizados en el proceso de electrólisis.

- Correcta gestión de residuos: Aplicar programas de clasificación, recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos generados (filtros, trapos, contenedores vacíos, etc.).
- Adopción de prácticas sostenibles: Priorizar el uso de productos químicos amigables con el medio ambiente y reducir su consumo al mínimo necesario.
- Implementación de sistemas de reutilización de recursos: Recircular agua utilizada en el proceso de electrólisis siempre que sea posible, disminuyendo su consumo. Si en el proceso cuando el flujo arrastra vapor de agua que no se disocia en sus componentes, condensa y se vuelve a reutilizar, el agua que queda en el sistema se vuelve a aprovechar
- Ejecución de programas de gestión de residuos: Diseñar un sistema de gestión de residuos para materiales peligrosos y no peligrosos, asegurando su disposición adecuada.
- Uso eficiente de recursos: Optimizar el uso de agua y energía eléctrica en el proceso experimental.
- Implementación de medidas de control: Monitorear constantemente la calidad del aire y del agua superficial y subterránea para detectar posibles contaminaciones.
- Adopción de tecnologías limpias: Continuar utilizando tecnologías que reduzcan al mínimo la generación de contaminantes y el impacto ambiental.

b) Medio Biológico (Flora y Fauna)

Dado que el proyecto se desarrolla en un área urbana intervenida, las medidas propuestas buscan proteger cualquier vestigio de biodiversidad que pueda verse afectado por las actividades del proyecto.

- Prácticas de desarrollo sostenible: Promover la conservación de áreas verdes dentro del predio y la restauración de hábitats degradados en caso de intervenciones necesarias.
- Evitar actividades de alto impacto en la biodiversidad: Restringir actividades que puedan afectar significativamente la flora y fauna presentes en el área de desarrollo.
- Monitoreo de especies afectadas: Realizar monitoreos periódicos para detectar cualquier efecto adverso sobre la flora y fauna presentes.

c) Paisaje (Visual y Escénica Natural)

Aunque el proyecto se desarrolla en un área urbana, se considera importante minimizar cualquier impacto negativo sobre el paisaje o áreas verdes del predio.

- Protección de áreas verdes: Implementar prácticas que promuevan la conservación y el mantenimiento adecuado de las áreas verdes dentro del predio.

- Mejora de la estética urbana: Integrar visualmente la infraestructura del proyecto al entorno urbano, evitando la degradación visual del área.

d) Medio Antrópico (Sociedad Local)

El impacto en la sociedad local se considera positivo en su mayoría, sin embargo, es necesario implementar medidas que garanticen la seguridad de las personas involucradas y la adecuada comunicación de riesgos.

- Protocolos de seguridad y capacitación: Establecer procedimientos claros para la manipulación de productos químicos y la operación de los módulos de electrólisis, capacitando adecuadamente al personal involucrado.
- Fomento de la investigación científica y tecnológica: Continuar promoviendo actividades que contribuyan al desarrollo socioeconómico y científico de la región.

e) Gestión de Efluentes del Proceso de Electrólisis:

El agua residual generada en el proceso de electrólisis contiene una cantidad ínfima de hidróxido de potasio (KOH). Dado que la concentración de este compuesto es extremadamente baja, el impacto ambiental de esta agua residual es mínimo. El hidróxido de potasio es un compuesto alcalino, pero en concentraciones tan pequeñas, el suelo y la vegetación pueden asimilarlo sin efectos negativos.

El drenaje de este efluente en áreas de césped o vegetación puede ser considerado seguro, dado que:

- Dilución natural: La dilución del agua residual al entrar en contacto con el suelo y el aire reduce aún más la concentración de KOH.
- Capacidad de neutralización del suelo: Los suelos tienen una capacidad natural de amortiguación que permite la neutralización de compuestos alcalinos en concentraciones bajas, como el KOH.
- Absorción por la vegetación: El césped y otras plantas tienen la capacidad de absorber pequeñas cantidades de compuestos en su crecimiento, sin que esto afecte su salud ni el equilibrio del ecosistema local.

Medidas de mitigación adicionales: Aunque los riesgos son bajos, se recomienda realizar un monitoreo periódico de los niveles de pH del suelo y del agua para asegurar que el impacto siga siendo mínimo. Además, se podrían implementar medidas de control en áreas con alta sensibilidad ambiental, como zonas con cultivos de mayor valor o en proximidad a fuentes de agua. En general, el impacto ambiental del efluente será bajo y puede gestionarse de forma segura con estas medidas.

f) Plan de Emergencia

Es fundamental contar con medidas preventivas y planes de respuesta ante eventuales situaciones de emergencia que puedan surgir durante la operación del proyecto.

- Implementación de medidas de prevención y seguridad: Incluir procedimientos de seguridad específicos para la manipulación de hidrógeno y otros productos químicos utilizados.
- Evaluación de riesgos: Identificar y evaluar posibles riesgos asociados a cada etapa del proyecto, estableciendo planes de respuesta ante emergencias.
- Plan de evacuación: Desarrollar protocolos claros de evacuación en caso de incidentes, comunicando adecuadamente al personal y a la comunidad involucrada.

g) Planes de Monitoreo

El seguimiento constante es esencial para evaluar la efectividad de las medidas propuestas y hacer ajustes si es necesario.

- Identificación de impactos no contemplados: Llevar a cabo revisiones periódicas para identificar cualquier impacto ambiental que no haya sido previsto en la evaluación inicial.

- Control y monitoreo de las medidas propuestas: Implementar un programa de monitoreo que incluya indicadores específicos para evaluar la calidad del agua, aire, suelo y otros componentes ambientales afectados.
- Reporte y análisis continuo: Generar informes periódicos que documenten los resultados obtenidos y permitan implementar mejoras cuando sea necesario.

7.2. Elaboración de Plan de Mitigación para atenuar los impactos negativos

CUADRO 4. MEDIDAS AGUA Y SUELO

Impactos negativos	Prevención	Mitigación	Compensación	Costo en Gs.	Tiempo
AGUA Y SUELO					
Compactación y erosión del suelo por instalación de módulos de electrólisis	Aplicar técnicas adecuadas de manejo de suelo y cimentación.	Aprobación de los planos del predio y monitoreo frecuente.	No aplica	No estimable	2 años
Posible contaminación del suelo y cuerpos de agua por derrames accidentales de productos químicos.	Almacenar productos químicos en áreas adecuadas y protegidas, cumplir con normativas de seguridad en su manejo.	Realizar entrenamiento continuo a personal para responder ante derrames, tener kits de emergencia disponibles.	No aplica	No estimable	2 años
Degradación del entorno urbano, malos olores y potencial contaminación de suelos y aguas por acumulación inadecuada de residuos sólidos (filtros, trapos, contenedores vacíos).	Implementar sistemas adecuados de almacenamiento y clasificación de residuos.	Contratar un servicio de recolección de residuos y manejo adecuado.	Participación en proyectos de limpieza y recuperación del entorno.	No estimable	2 años
Contaminación del suelo y agua, malos olores, modificación de la calidad de vida y degradación del entorno urbano por acumulación de residuos comunes.	Promover la reducción de residuos mediante educación y concienciación.	Establecer programas de gestión de residuos con una empresa externa para la recolección periódica.	Participar en programas de reforestación o mejora del espacio urbano afectado.	No estimable	2 años
Alteración de la calidad y disponibilidad del recurso hídrico por consumo de agua en el proceso de electrólisis.	Implementar prácticas de eficiencia en el uso del agua (uso eficiente, recuperación de aguas residuales).	Tratar el agua de manera adecuada antes de su disposición.	Invertir en sistemas de reciclaje de agua para reducir el consumo.	No estimable	2 años

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

CUADRO 5. MEDIDAS AIRE

Impactos negativos	Prevención	Mitigación	Compensación	Costo en Gs.	Tiempo
AIRE					
Emisión de polvo y partículas suspendidas por acondicionamiento de infraestructuras.	Implementar sistemas de control de polvo y utilizar equipos adecuados.	Limpieza frecuente en zonas de trabajo y áreas circundantes.	Capacitar al personal en técnicas de reducción de polvo.	No estimable	2 años
Aumento en las emisiones de CO ₂ por consumo de energía eléctrica.	Fomentar el uso de energía renovable y eficiencia energética.	Monitoreo regular del consumo energético.	Participar en programas de reducción de emisiones.	No estimable	2 años
Contaminación por gases vehiculares.	Establecimiento de horarios escalonados y promoción de vehículos eléctricos.	Participación en iniciativas de reducción de emisiones.	No aplica	No estimable	2 años

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

CUADRO 6. MEDIDAS FLORA, FAUNA Y PAISAJE

Impactos negativos	Prevención	Mitigación	Compensación	Costo en Gs.	Tiempo
FLORA Y FAUNA					
Reducción de biodiversidad y desequilibrio ecológico.	Promover la conservación de áreas verdes y control adecuado.	Fomentar prácticas de arborización con especies nativas.	No aplica	No estimable	2 años
PAISAJE					
Degradación del paisaje y pérdida de áreas verdes.	Diseño adecuado y estética armoniosa del proyecto.	Apoyo a proyectos de arborización con especies nativas en áreas afectadas.	No aplicable	No estimable	2 años

CUADRO 7. MEDIDAS - SOCIAL

Impactos negativos	Prevención	Mitigación	Compensación	Costo en Gs.	Tiempo
SOCIAL					
Congestión vehicular por movimiento de insumos y productos.	Implementar sistemas de gestión de estacionamiento eficientes.	Establecimiento de horarios escalonados para evitar congestión.	No aplica	No estimable	2 años
Riesgo de accidentes por manipulación de productos químicos.	Capacitar al personal en seguridad y manejo adecuado de productos químicos.	Implementar protocolos de emergencia y equipos de protección personal.	Ofrecer apoyo médico y psicológico si se producen accidentes.	No estimable	2 años

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

CUADRO 8. MEDIDAS – PLAN DE EMERGENCIA

Impactos negativos	Prevención	Mitigación	Compensación	Costo en Gs.	Tiempo
Plan de Emergencia (Incendios, explosiones)					
Incendio u explosión que pudiera ocurrir	Revisar y mantener el sistema eléctrico en condiciones óptimas.	Capacitación en evacuación y uso de equipos de emergencia.	No habilitar áreas afectadas hasta garantizar seguridad.	No estimable	2 años
	Implementar sistemas de control de incendios adecuados.	Contar con botiquines de primeros auxilios y personal capacitado.	No aplica		2 años

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

CUADRO 9. MEDIDAS – GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES-RSU-MATERIA PRIMA

Medidas (ANTES/DURANTE/DESPUES)		
Gestión de Aguas Residuales (industrial, cloacal y fluvial)		
Prevención	Mitigación	Compensación
Implementar un sistema de drenaje controlado para dirigir el efluente hacia áreas específicas de césped o vegetación, asegurando que el pH del agua residual se mantenga dentro de los límites seguros antes de su liberación.	Monitorear periódicamente su pH para asegurar que el nivel de hidróxido de potasio sea suficientemente bajo como para no afectar la salud del ecosistema.	No aplicable, ya que el efluente será manejado con precaución, y el pH será controlado para garantizar que no cause daño al entorno natural.
Evitar que el agua residual con sustancias químicas se derrame en zonas no controladas o en cursos de agua del predio.	Realizar verificaciones periódicas del pH en las áreas de desecho (césped, jardines o áreas verdes) para asegurar que no haya afectaciones a la vegetación ni al suelo.	Campañas de sensibilización para el uso responsable de agua en el proceso de electrólisis y la gestión adecuada de los efluentes generados.
Gestión de Residuos sólidos (RSU, Peligrosos)		
Prevención	Mitigación	Compensación
Implementar programas de reducción y reutilización de residuos generados por el proceso experimental de producción de hidrógeno.	Instalación de estaciones de reciclaje y contenedores diferenciados para residuos de laboratorio y envases de productos químicos.	No aplicable
Uso de contenedores diferenciados para la recolección de residuos reciclables, peligrosos (como envases de sustancias químicas) y no reciclables.	Contratación de gestores autorizados para la recolección y disposición adecuada de residuos peligrosos y no peligrosos generados por el proceso.	No aplicable
Capacitación sobre gestión de residuos y las implicancias de los residuos químicos generados en el proceso de hidrógeno	Implementación de un plan de monitoreo para residuos generados en el proceso de investigación de hidrógeno.	No aplicable
Gestión de Sustancias Peligrosas (MATERIA PRIMA)		
Prevención	Mitigación	Compensación
No se generan cantidades significativas de sustancias peligrosas en el proceso de electrólisis. El uso de hidróxido de potasio es controlado y limitado.	Control y monitoreo de los envases químicos generados durante el proceso, independientemente de la cantidad utilizada. Estos deben ser almacenados de manera segura hasta que llegue el momento adecuado para su retiro por parte de una empresa especializada en la gestión de residuos peligrosos	Implementar un sistema de monitoreo y auditoría periódica para garantizar que los residuos químicos sean gestionados de acuerdo con las mejores prácticas ambientales. Contratar una empresa encargada de gestión de residuos.

7.3. Elaboración del Plan de Monitoreo – Cronograma

Medidas	Aspecto	Control	Indicadores	Frecuencia	Tiempo de implementación	Costos
Realizar técnicas de manejo adecuado	Aprobación de planos generales	Revisión documental y seguimiento administrativo.	Planos aprobados en tiempo y forma.	Anual	2 años	No estimable
Aprobación del plano general del predio	Aprobación de planos generales	Verificación del cumplimiento del proceso de aprobación.	Planos aprobados en tiempo y forma.	Anual	2 años	No estimable
Utilizar productos de limpieza amigables con el medio ambiente y consumo eficiente de agua.	Uso eficiente de agua	Medición del consumo de agua	Consumo de agua	Mensual	2 años	No estimable
Promover la reducción de residuos a través de la educación y la concienciación.	Gestión de residuos	Evaluación de programas de capacitación	Número de capacitaciones realizadas	Anual	2 años	No estimable
Fomentar prácticas de uso eficiente del agua entre el personal	Uso eficiente del agua	Encuestas de conocimiento y control de prácticas	Porcentaje de personal que sigue las prácticas	Anual	2 años	No estimable

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

Utilizar sistemas de almacenamiento seguro y etiquetado adecuado.	Manejo adecuado de productos químicos	Inspección visual	Cumplimiento de etiquetado y almacenamiento	Trimestral	2 años	No estimable
Manejo adecuado de escombros de construcción	Reducción de residuos y correcta disposición	Supervisión de disposición de escombros	Volumen de escombros manejados adecuadamente	Durante el periodo	2 años	No estimable
Capacitar al personal en técnicas que reduzcan la generación de polvo.	Control de emisiones de partículas	Registro de capacitaciones y aplicación de técnicas	Número de capacitaciones realizadas	Durante el periodo	2 años	No estimable
Fomentar el uso de transporte público, bicicletas y movilidad compartida.	Movilidad sostenible	Encuestas sobre hábitos de transporte	Porcentaje de empleados que usan transporte alternativo	Semestral	2 años	No estimable
Establecimiento de horarios escalonados para reducir la congestión vehicular.	Gestión del tránsito	Monitoreo de tráfico en horas pico	Flujo vehicular reducido en horas críticas	Trimestral	2 años	No estimable
Participación en iniciativas de reducción de emisiones a nivel municipal o regional.	Reducción de huella de carbono	Registro de participación en programas	Número de iniciativas en las que se participa	Anual	3 años	No estimable

RIMA – “Implantación de una Unidad de Hidrógeno Verde en el PTI-Py - Fase I”
Central Hidroeléctrica de Itaipú - Hernandarias - Alto Paraná

Fomentar prácticas de arborización con especies nativas adecuadas en las zonas disponibles.	Cuidado del paisaje natural y áreas verdes	Participación en programas de arborización	Evidencia documental de la participación	Anual	2 años	No estimable
Promover una cultura de seguridad vial entre los empleados. Establecer políticas de conducción segura y asegurarse de que los vehículos de la empresa estén bien mantenidos.	Seguridad vial	Control de incidentes	Número de incidentes viales	Semestral	2 años	No estimable
Capacitación adecuada para posible evacuación y contacto de servicios de emergencia	Preparación ante emergencias	Inspecciones regulares y mantenimiento preventivo	Número de inspecciones realizadas y conformidad	Diario y anual	2 años	No estimable
Verificación del sistema eléctrico	Preparación ante emergencias	Inspecciones regulares y mantenimiento preventivo	Número de inspecciones realizadas y conformidad	Diario y anual	2 años	No estimable
Implementación de interruptor automático de energía eléctrica de emergencia	Seguridad eléctrica	Mantenimiento y monitoreo de capacitación	Certificados de capacitaciones	Anual	1 año	No estimable
Contar con sistemas de control de incendios	Seguridad en incendios	Inspección y mantenimiento del sistema de control de incendios	Certificación de sistemas de control de incendios	Anual	2 años	No estimable
Contar con botiquín de primeros auxilios	Salud y seguridad	Inventario del botiquín y revisión periódica de suministros	Frecuencia de revisiones del botiquín y uso	Trimestral	2 años	No estimable

8. Conclusiones y recomendaciones

La implementación de un proyecto de hidrógeno verde representa un paso clave hacia la transición hacia fuentes de energía más sostenibles. Este tipo de proyecto no solo busca satisfacer la demanda de energía limpia, sino también contribuir de manera significativa a la reducción de la huella de carbono. Sin embargo, como cualquier actividad, el proyecto de hidrógeno implica una serie de impactos ambientales que deben ser gestionados de manera adecuada.

En este contexto, las prácticas ambientales sostenibles son esenciales para mitigar los efectos negativos que pueden generarse a lo largo del proceso de producción de hidrógeno. Aunque la cantidad de productos químicos involucrados en el proceso es mínima, se deben aplicar rigurosas medidas de control y monitoreo para asegurar que no se generen residuos o contaminantes que afecten al medio ambiente. Esto incluye, entre otras acciones, el adecuado manejo de las aguas residuales, la minimización de residuos sólidos y la manipulación segura de productos químicos.

La gestión ambiental efectiva es crucial para minimizar estos impactos y asegurar que el proyecto no solo sea viable desde el punto de vista económico y energético, sino también desde una perspectiva ecológica. Mediante la implementación de medidas preventivas, correctivas y compensatorias, se puede reducir el riesgo de afectación al entorno, asegurando que las prácticas de producción de hidrógeno verde sean responsables y alineadas con los principios de sostenibilidad.

Es fundamental que el proyecto se adhiera a la legislación vigente en cuanto a evaluación de impacto ambiental, como la Ley 294/93, y que los programas de gestión ambiental sean ejecutados con una visión integral,

cuidando tanto el medio ambiente como las comunidades cercanas. El compromiso con la mejora continua y la responsabilidad ambiental permitirá al proyecto contribuir positivamente a la transición energética y al bienestar de las generaciones futuras.

9. Equipo de consultor

- Consultora con registro MADES CTCA N° I-1401 Maida Eulalia Cáceres Mercado - Egresada de la Carrera de Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería Agronómica - Universidad Nacional del Este.

Posgrados:

- Especialización en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección de la UNIGIS en la Universidad del Pacífico en la ciudad de Asunción. Promoción 2019.
 - Diplomada en Seguridad e higiene ocupacional
 - En proceso de defensa en la Especialización de Didáctica Universitaria en la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Este.
 - Cursando la maestría en Auditoría y gestión ambiental- FIA – UNE.
- Asistente y asesora de proyectos Mónica María Mereles Monges - Egresada de la Carrera de Ingeniería Ambiental - Facultad de Ingeniería Agronómica - Universidad Nacional del Este.

Posgrados:

- Técnico Superior Forestal- Centro de Formación de Técnicos Superiores Forestales Alto Paraná 2013
- Diplomado en Gestión y Tratamiento de Agua FUNAM 2023
- Diplomado en Seguridad y Salud Ocupacional (en curso) FUNAM
- Didáctica Universitaria- Universidad Nacional de Asunción 2016

10. Bibliografía

Dirección del Servicio Geográfico Militar. (1986). *Geología del Paraguay - Proyecto PAR 86: Texto Explicativo*. Asunción: Dirección del Servicio Geográfico Militar.

Grassi, B., Vázquez, F., & Rodríguez, R. (2020). *Evidencias científicas e impactos económicos del cambio climático en el departamento de Alto Paraná*. Asunción, Paraguay.: MADES-STP.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2021). *Proyecciones de población por departamento 2021*. Instituto Nacional de Estadística. Obtenido de https://www.ine.gov.py/Publicaciones/Proyecciones%20por%20Departamento%202021/10_Alto%20Parana_2021.pdf.com

Instituto Nacional de Estadística (INE). (s.f.). *Atlas Censal del Paraguay*.

Mereles, M. (s.f.). *Lista de especies vegetales del Bosque Atlántico del Alto Paraná*. WWF Paraguay.

Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social (STP). (2020). *Evidencias científicas e impactos económicos del cambio climático en el departamento de Alto Paraná*. Asunción: STP. Obtenido de stp.gov.py