



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**

**PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL PARA HUMEDALES ALTOANDINOS  
AFECTADOS POR UN PROYECTO MINERO EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA**

**Línea de investigación:**

**Biodiversidad, ecología y conservación**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniera en  
Ecoturismo

**Autora:**

Millán Cordero, Annabell Rocío

**Asesor:**

Reyna Mandujano, Samuel Carlos  
(ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**Jurado:**

Zamora Talaverano, Noe

Vega Ventosilla, Violeta

Portuguez Yactayo, Hubert

**Lima - Perú**

**2023**



# PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL PARA HUMEDALES ALTOANDINOS AFECTADOS POR UN PROYECTO MINERO EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="https://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://www.inaigem.gob.pe">www.inaigem.gob.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://www.minam.gob.pe">www.minam.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	WSP PERU CONSULTORIA S.A.. "Segunda MEIA-D del Proyecto de Ampliación de las Operaciones Minero-Metalúrgicas a 4 200 TMD de la Unidad Minera Animón-IGA0016878", R.D. N° 00059-2022-SENACE-PE/DEAR, 2022 Publicación	1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PLAN DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL PARA HUMEDALES ALTOANDINOS  
AFECTADOS POR UN PROYECTO MINERO EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA

**Línea de investigación:**

Biodiversidad, Ecología y Conservación.

Informe de trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero

Ambiental

**Autora:**

Millán Cordero, Annabell Rocío

**Asesor:**

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

(ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**Jurado:**

Zamora Talaverano, Noe

Vega Ventosilla, Violeta

Portuguez Yactayo, Hubert

Lima-Perú

2023

## **DEDICATORIA**

A mi amada madre, fuente inagotable de amor y apoyo, cuyo sacrificio y dedicación han sido mi inspiración constante. Gracias por ser mi luz en los momentos oscuros y por alentar mis sueños con tu inquebrantable fe.

A mis queridos abuelos, cuyo legado de sabiduría y amor perdura en cada paso que doy. Su generosidad y valores han modelado mi camino, recordándome siempre de dónde vengo y hacia dónde aspiro llegar.

A mis padrinos, cómplices de mis alegrías y confidentes en las adversidades. Gracias por sus consejos sabios, por ser faros en mi travesía académica y por compartir conmigo la dicha de este logro.

Este logro es tan suyo como mío, porque cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi camino. Gracias por ser mi red de seguridad, mi inspiración y mis héroes silenciosos.

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de alguna manera a la realización de esta tesis. Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de muchas personas extraordinarias.

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme fortaleza, sabiduría y guía durante este desafiante pero gratificante viaje académico. Su amor incondicional ha sido mi mayor fuente de inspiración.

Agradezco a mis amigas Mary y Joscelyn por ser una fuente constante de inspiración, apoyo y ánimo durante todo este proceso. Su amistad ha sido un pilar fundamental, y cada palabra de aliento ha hecho que superar los desafíos sea más llevadero. Gracias por compartir este viaje académico conmigo y por ser parte fundamental de mi vida.

Agradezco también a mi familia por su inquebrantable respaldo y comprensión. Su amor y paciencia han sido mi refugio en los momentos más desafiantes.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1. Trayectoria del autor .....	12
1.2. Descripción de la empresa.....	15
1.3. Organigrama de la empresa.....	16
1.4. Áreas y funciones desempeñadas .....	18
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA .....	19
2.1. Objetivos .....	19
2.2. Marco conceptual .....	19
2.3. Justificación.....	25
2.4. Descripción del área de estudio.....	26
2.5. Metodología.....	28
2.6. Resultados .....	43
2.7. Limitaciones .....	65
III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA .....	66
IV. CONCLUSIONES .....	67
V. RECOMENDACIONES .....	68
VI. REFERENCIAS.....	69
VII. ANEXOS .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Evaluación del impacto “Pérdida de cobertura vegetal” .....	29
Tabla 2 Evaluación del impacto “Pérdida de ecosistema frágil humedal altoandino” .....	31
Tabla 3 Jerarquía de la Mitigación.....	32
Tabla 4 Valor relativo de los atributos e indicadores del ecosistema “humedal altoandino” ..	37
Tabla 5 Escala de valoración de la condición del agua .....	38
Tabla 6 Escala de valoración de la condición del suelo.....	39
Tabla 7 Escala de valoración de la condición de la biótica .....	40
Tabla 8 Escala de valoración de la alteración del paisaje .....	41
Tabla 9 Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico .....	42
Tabla 10 Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-16.....	43
Tabla 11 Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-27.....	46
Tabla 12 Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-28.....	48
Tabla 13 Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-29.....	50
Tabla 14 Valor ecológico de zonas a impactar .....	52
Tabla 15 Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-21.....	54
Tabla 16 Valor ecológico de la zona a compensar .....	56
Tabla 17 Cálculo proyectado del valor ecológico del área a compensar .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de Entrix Perú S.A.C. ....	17
Figura 2 Pirámide de la Jerarquía de la Mitigación .....	25
Figura 3 Área impactada por la ampliación del PAD de lixiviación, Humedal altoandino H-16 .....	45
Figura 4 Área impactada en la zona del DMO, humedal altoandino H-27.....	47
Figura 5 Área impactada en la zona del DMO, humedal altoandino H-28.....	49
Figura 6 Área impactada en la zona del DMO, humedal altoandino H-29.....	51
Figura 7 Área compensar .....	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Evaluación del Peso de ponderación de los Atributos e Indicadores</i> .....	71
Anexo 2 Mapa de ubicación de las unidades muestrales de la condición ecológica de los humedales afectados por el DMO.....	73
Anexo 3 Mapa de ubicación de las unidades muestrales de la condición ecológica de los humedales afectados por la Ampliación del PAD de Lixiviación.....	74
Anexo 4 Mapa de ubicación de las unidades muestrales de la condición ecológica del humedal a compensar .....	75

## RESUMEN

El siguiente estudio tuvo como objetivo elaborar el Plan de Compensación Ambiental para “Humedales Altoandinos” afectados por la ampliación de componentes de un proyecto minero. Este plan forma parte de las Estrategias de Manejo Ambiental de la Modificación de un Estudio de Impacto Ambiental Detallado (MEIA-d) de una empresa minera, la cual no es mencionada por temas de confidencialidad. Para la elaboración del Plan de Compensación Ambiental, se tomaron en cuenta las consideraciones incluidas en los “Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)”, la “Guía General para el Plan de Compensación Ambiental”, la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos” y la “Guía de Evaluación del Estado del Ecosistema de Bofedal” propuesta por el ministerio del ambiente. Bajo el marco conceptual delineado en las directrices mencionadas anteriormente, se han delineado medidas y acciones para contrarrestar los efectos inevitables anticipados en la zona de impacto, tal como se detalla en el Plan de Compensación. Estas propuestas tienen como objetivo principal preservar la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas afectados por los impactos identificados, en una extensión ecológica equivalente a la zona impactada. En resumen, se ha desarrollado de manera eficaz un plan de compensación con la finalidad de alcanzar una pérdida neta de biodiversidad igual a cero. Esto se logrará mediante la implementación de medidas que conduzcan a resultados mensurables, evidenciando beneficios tangibles para el estado de conservación de la biodiversidad en el "humedal altoandino".

*Palabras claves:* compensación ambiental, humedal altoandino, valor ecológico, biodiversidad, impactos ambientales no evitables

## ABSTRACT

The following study aimed to develop an Environmental Compensation Plan for High Andean Wetlands affected by the expansion of components of a mining project. This plan is part of the Environmental Management Strategies of the Modification of a Detailed Environmental Impact Study (DEIS) of a mining company, which is not mentioned due to confidentiality reasons. In the development of the Environmental Compensation Plan, considerations outlined in the "Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)", the "Guía General para el Plan de Compensación Ambiental", the "Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos" and the "Guía de Evaluación del Estado del Ecosistema de Bofedal" proposed by the Ministry of the Environment were taken into account. Under the conceptual framework outlined in the aforementioned guidelines, measures and actions have been delineated to counteract the anticipated unavoidable effects in the impact zone, as detailed in the Compensation Plan. The main objective of these proposals is to preserve the biodiversity and functionality of the ecosystems affected by the identified impacts, within an ecological extent equivalent to the impacted zone. In summary, an effective compensation plan has been developed with the aim of achieving a net loss of biodiversity equal to zero. This will be accomplished through the implementation of measures leading to measurable results, demonstrating tangible benefits for the conservation status of biodiversity in the "High Andean Wetland."

*Keywords:* environmental compensation, high Andean wetland, ecological value, biodiversity, unavoidable environmental impacts

## I. INTRODUCCIÓN

La disminución de la diversidad biológica a nivel mundial se atribuye principalmente al rápido desarrollo de áreas urbanas y a la ejecución de proyectos de gran envergadura destinados a la producción agrícola, la explotación minera, el desarrollo de infraestructura vial y la generación de energía. Aunque se pueden implementar medidas de mitigación para evitar o reducir algunos de los impactos derivados de estos proyectos, existen otros impactos inevitables que representan una seria amenaza para los ecosistemas y la amplia biodiversidad que albergan. En el caso de estos impactos inevitables, la sociedad está dispuesta a tolerar la afectación de recursos siempre y cuando se proporcione una compensación ambiental adecuada para la pérdida ocasionada (Bonilla et al., 2020).

Becerra (2020) en su trabajo de fin de master, el autor determinó que la expansión de la Unidad Minera Animon generaría consecuencias ambientales, destacándose la erosión hídrica y la pérdida tanto parcial como irreversible de ecosistemas. Estos impactos surgirán a raíz de la eliminación de la vegetación en áreas destinadas posteriormente a la instalación de elementos mineros. Con base en este análisis, propuso la implementación de medidas compensatorias orientadas a la restauración del ecosistema de bofedal. Para ello, concibió un programa preventivo que sugiere llevar a cabo las actividades mineras durante los meses secos, así como obras de mitigación que retendrán el material sólido antes de llegar a la laguna. En relación con el impacto de la pérdida de ecosistema, planteó la instalación de un sistema de riego que distribuya el agua de manera eficiente, fomente hábitats de especies acuáticas y acelere la sucesión ecológica mediante la introducción de vegetación clave rescatada de las áreas de bofedales a despejar.

Un plan de compensación ambiental es una estrategia con el fin de contrarrestar los efectos adversos en el entorno que podrían emerger debido a las acciones humanas, como la construcción de infraestructuras o el desarrollo industrial. Este tipo de planes busca equilibrar

el daño ambiental causado por proyectos con acciones específicas que ayuden a restaurar, preservar o mejorar el entorno natural. Un aspecto fundamental de un plan de compensación ambiental es la identificación de áreas afectadas y la implementación de medidas correctivas. Esto puede incluir la reforestación de zonas deforestadas, la restauración de humedales, la creación de hábitats para la fauna local y la adopción de tecnologías más limpias para reducir la contaminación. Además, estos planes a menudo se asocian con la inversión en energías renovables y la promoción de prácticas sostenibles. Es importante destacar que un plan de compensación ambiental no solo busca reparar el daño causado, sino también promover un equilibrio duradero entre el desarrollo humano y la conservación del ambiente. La inclusión de estrategias compensatorias en la gestión ambiental y la exploración de sus fundamentos teóricos y legales es un asunto que ha experimentado un aumento en su relevancia a escala mundial (Bonilla et al., 2020).

Este informe se centra en la presentación de un plan de compensación ambiental que tiene como objetivo fundamental alcanzar una pérdida neta cero de biodiversidad a causa de la afectación hacia dos humedales altoandinos producto de la ampliación de componentes mineros. Analizará en detalle las estrategias y medidas propuestas en este plan, con un enfoque en su viabilidad, eficacia y capacidad de medición. En un momento en el que la pérdida de biodiversidad se ha convertido en una preocupación global, este enfoque proactivo no solo se alinea con los principios de conservación ambiental, sino que también ofrece un camino hacia un futuro en el que la convivencia entre el desarrollo humano, y la protección de nuestro precioso entorno natural sea posible.

## **1.1. Trayectoria del autor**

La autora del presente informe es Bachiller en Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Ambiental, Geográfica y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Cuenta con más de tres años de experiencia en el campo de la consultoría ambiental, donde desempeñó un papel fundamental en la elaboración de Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAs) y la gestión de permisos ambientales, enfocándome principalmente en los sectores de minería y energía. A lo largo de mi carrera, he liderado la concepción y elaboración de Línea Base Ambiental, Evaluaciones de Impacto Ambiental y Estrategias de Manejo, además de participar activamente en la coordinación de salidas a campo para la recopilación de datos destinadas a la creación de Líneas Base Ambientales. Mi pasión por la conservación del ambiente me ha llevado a involucrarme en proyectos relacionados a ello, además de promover prácticas sostenibles en diversas empresas donde laboré. A continuación, se describe una breve reseña sobre el nivel académico, formación académica complementaria y competencias profesionales de la autora.

### ***1.1.1. Formación académica***

#### ***1.1.1.1. Grado académico***

##### **Universidad Nacional Federico Villarreal**

Grado Obtenido: Bachiller en Ingeniería Ambiental, aprobado con R.R. N° 6304-2019-CU-UNFV de fecha 19 septiembre 2019

#### ***1.1.1.2. Formación complementaria***

A continuación, se detalla la acreditación profesional de la autora en los siguientes cursos y diplomados:

Curso: “Operación y Gestión de Residuos Sólidos en la Industria”, otorgado por Centro de Gestión y Tecnología Ambiental de la Universidad Nacional Agraria La Molina, agosto del 2023 a septiembre del 2023.

Diplomado de Especialización: “Gestión Ambiental y Evaluación del Impacto Ambiental”, otorgado por la institución CESAP Altos Estudios en convenio con la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal, abril del 2023 a junio del 2023

Programa de especialización: “Monitoreo y Evaluación de la Calidad Ambiental”, otorgado por el Centro de Altos Estudios para la Calidad y Gestión Ambiental (CALGESA), septiembre del 2022 a octubre del 2022, con una extensión de 120 horas de formación académica.

Programa de formación profesional: “Gestión de la Calidad - ISO 9001:2015”, otorgado por la institución Gestión Integral de Proyectos HQSE, abril del 2020, con una extensión de 18 horas de formación académica.

Programa de formación profesional: “Estudio de Impacto Ambiental”, otorgado por la institución Gestión Integral de Proyectos HQSE, mayo del 2020, con una extensión de 18 horas de formación académica.

Curso de especialización: “Monitoreo Ambiental”, otorgado por el Instituto de la Calidad Ambiental, julio del 2019 a agosto del 2019, con una extensión de 64 horas de formación académica.

### ***1.1.2. Experiencia Profesional***

Se detalla a continuación, de manera concisa, la trayectoria profesional de la autora:

#### **CARDNO S.A.C. (ahora ENTRIX PERÚ S.A.C.)**

Preste servicios como Asistente de Proyectos Ambientales (actualmente, Técnico de Proyectos) en el periodo agosto de 2019 a de febrero de 2021, posterior a ello en el periodo abril de 2021 a junio del 2021, finalmente se retomó vínculos laborales a partir de agosto de 2023 a la actualidad. En mi rol como profesional dentro de la empresa, colaboré en la actualización de la Línea Base, procesamiento de datos y la elaboración de secciones clave,

como Identificación, Caracterización y Evaluación de Impactos Existentes, Medidas de Manejo Ambiental, y valoración económica para la implementación del Plan Ambiental Detallado (PAD) de la Unidad Minera La Zanja. También participé en la creación del Informe de Avance del Plan de Compensación Ambiental de la misma unidad. Además, brindé apoyo en la actualización de la Línea Base y el procesamiento de datos, contribuyendo a la elaboración de los capítulos relacionados con Componentes por Regularizar (Planos) e Identificación de impactos para su Caracterización y Evaluación en el Plan Ambiental Detallado de Sukuytambo. En la Tercera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Detallado del Proyecto "Tantahuatay - Ciénaga Norte", mi aporte se centró en la actualización de la Línea Base, procesamiento de datos, y en la elaboración de secciones como la Caracterización de Impactos Ambientales, el Informe del Plan de Compensación del Proyecto Tantahuatay - Ciénaga Norte, y el Informe de Análisis de Tolerabilidad y Jerarquía de la Mitigación para el Plan de Compensación del mismo proyecto.

#### **AMG-AUPLATA MINING GROUP PERU S.A.C.**

Realicé prácticas profesionales en el área de Permisos y Licencias perteneciente a la Gerencia Legal en el periodo agosto de 2021 a febrero del 2022, posterior a ello fui promovida al puesto de Asistente de Permisos y Licencias en el periodo febrero del 2022 a agosto del 2022. Dentro de ese periodo contribución en la gestión de permisos para el sector minero, incluyendo el apoyo en el levantamiento de observaciones y presentación de expedientes ante entidades públicas clave como MINEM, MINCUL, DREM, ANA y SUCAMEC. Destacada labor en la elaboración de informes para la obtención de permisos específicos y en la creación de bases de datos geográficos para las diversas unidades mineras. Asimismo, fui responsable de la presentación de informes para asegurar el cumplimiento de compromisos ambientales, así como de la elaboración y actualización de mapas temáticos utilizando herramientas como

ArcGIS, Google Earth y CAD. Además, liderar la coordinación de salidas a campo para la elaboración de Informes de Gestión Ambiental (IGAs) para la empresa.

### **ATIQ PROYECTOS S.A.C**

Presto servicios como Especialista Ambiental desde agosto del 2022 a la actualidad. Dentro de la empresa responsable de diversas tareas, que incluyeron la elaboración del capítulo de Estrategias de Manejo Ambiental, Descripción del Proyecto, y planos utilizando herramientas como ArcGIS, Google Earth y CAD para la elaboración del Informe Técnico Sustentario "Canal Temporal de la CH San Gaban II". Asimismo, tuve a mi cargo la preparación de los capítulos de Descripción del Proyecto y planos utilizando herramientas como ArcGIS, Google Earth y CAD de los componentes en los Planes Ambientales Detallados de las Centrales Hidroeléctricas Poechos I y Poechos II. Además, desempeñé un papel crucial en la creación de una Matriz de Compromisos Ambientales en el sector eléctrico, consolidando los compromisos adquiridos en todos los IGA's de la empresa titular para su adecuada gestión. Actualmente vengo gestionando la elaboración del Informe Técnico Sustentatorio para la Instalación de un Sistema de Baterías como Mejora Tecnológica para el Cumplimiento de la Regulación Primaria de Frecuencia de la Central Hidroeléctrica 8 de Agosto.

### **1.2. Descripción de la empresa**

Cardno S.A.C. (ahora Entrix Perú S.A.C.) es una empresa asesora y consultora que ofrece servicios sociales, ambientales y de ingeniería. Su principal objetivo es garantizar la calidad y eficacia en la ejecución de los servicios y proyectos que asumimos. Entrix Perú mantiene un compromiso constante con la mejora continua para satisfacer las necesidades, brindar un ambiente laboral idóneo para nuestros colaboradores y reducir los impactos negativos en el medio ambiente. La calidad de sus servicios se respalda en su equipo de profesionales altamente cualificados, que trabajan de manera interdisciplinaria con los diversos

sectores de la empresa con la finalidad de realizar análisis basados en una sólida comprensión de los entornos geográficos, sociales, económicos, físicos y jurídicos.

### **1.2.1. Misión**

Entrix Perú S.A.C. tiene como misión el proveer servicios socioambientales y de ingeniería enfocados a la planificación, diseño, administración y mejora de infraestructuras física y social sostenible, con el abal de nuestro pericia y colaboradores calificados, para comunidades locales e internacionales.

### **1.2.2. Visión**

Entrix Perú S.A.C. tiene como visión es destacar como líderes en la ayuda para la mejora del entorno físico y social para las personas a nivel global.

## **1.3. Organigrama de la empresa**

Entrix Perú S.A.C. es una empresa que forma parte del grupo empresarial Entrix LatinAmérica, es por ello que cuenta con múltiples áreas entre ellas: Servicios corporativos, Seguridad y Salud Ocupacional, Proyectos minería, desarrollo urbano y transporte, entre otros.

En la siguiente figura se presenta el organigrama de todas las áreas que conforman la empresa, y específicamente el área en el cual laboro.



#### **1.4. Áreas y funciones desempeñadas**

- En las diversas empresas consultaras en las cuales vengo laborando, formo parte del área de Desarrollo de Proyectos, donde me desempeño como Técnico de Proyectos Ambientales, en la cual cumplo las siguientes funciones:
- Procesamiento y análisis de información proveniente de lo diversos monitoreos ambientales (calidad de aire, calidad del agua, calidad del suelo, niveles de ruido y radiaciones no ionizantes) para elaboración de la línea base ambiental.
- Elaboración de propuestas técnico-económicos de los IGAs.
- Brindar apoyo técnico en la elaboración de los diversos planes que conforman el capítulo de Estrategia de Manejo de los IGA, como son el Plan de Manejo Ambiental, Plan de Manejo de Residuos Sólidos, Plan de Manejo de Materiales Peligrosos, Plan de Seguimiento y Control.
- Brindar apoyo técnico en la identificación y evaluación de impactos ambientales de los diversos IGAs elaborados.
- Elaboración de Planes de Contingencia para los riesgos identificados de las actividades de proyectos mineros y eléctricos.
- Brindar apoyo en la elaboración de Mapas Temáticos y Planos As built para los diversos proyectos.
- Asistir en el seguimiento a los expedientes en el proceso de evaluación.
- Realiza otras tareas asignadas por el área de Proyectos relacionadas con la misión del puesto.

## II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

El presente documento presenta el Plan de Compensación Ambiental, el cual es una parte fundamental de las Estrategias de Manejo Ambiental de la Modificación de un Estudio de Impacto Ambiental Detallado (MEIA-d) de una empresa minera la cual no es mencionada por temas de confidencialidad, diseñada para mitigar impactos significativos no evitables, asociados a en este caso a la expansión de componentes mineros. Para formular este plan de compensación, se siguió de cerca las pautas establecidas por el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y las regulaciones complementarias, como la "Guía General para el Plan de Compensación Ambiental", la "Guía Complementaria para la Compensación Ambiental en Ecosistemas Altoandinos" y la "Guía de Evaluación del Estado del Ecosistema de Bofedal. El plan fue diseñado con la finalidad de preservar la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas en las áreas afectadas, con el objetivo de lograr una pérdida neta cero de biodiversidad a través de medidas compensatorias medibles.

### 2.1. Objetivos

Desarrollar un plan de compensación ambiental que cuente con estrategias concretas orientadas a alcanzar la pérdida neta cero de biodiversidad y funcionalidad ecológica en las zonas afectadas mediante la implementación de estas en otra zona de similares características.

### 2.2. Marco conceptual

#### 2.2.1. *Compensación Ambiental*

La disminución de la diversidad biológica a nivel global se atribuye principalmente al acelerado crecimiento de las áreas urbanas, y la implementación de proyectos extensos dirigidos a la agricultura, minería, construcción de infraestructuras viales y generación de energía. Estos proyectos son los que impactan de manera tal que se afecta a la calidad de los servicios proporcionados por los ecosistemas, lo que afecta directamente a la sociedad humana, dado que dichos servicios son esenciales para asegurar la calidad de vida, siendo la salud, la

disponibilidad de materias primas y alimentos, los aspectos más afectados. (Bonilla et al., 2020).

Algunos de los impactos derivados de estos proyectos pueden evitarse o disminuirse mediante la implementación de medidas de mitigación, sin embargo, hay otros impactos que resultan inevitables y figuran una seria amenaza para los ecosistemas y la gran biodiversidad que estos poseen. En el caso de estos impactos inevitables, la sociedad está dispuesta a tolerar la afectación de recursos toda vez se proporcione una compensación ambiental adecuada la pérdida ocasionada (Bonilla et al., 2020).

Es bajo este contexto que la compensación ambiental se define como un mecanismo legal y técnico que tiene como propósito indemnizar por pérdidas ambientales irreparables causados por proyectos de infraestructura o actividades productivas (Bonilla et al., 2022). Según lo planteado en “Lineamientos para la compensación ambiental en el marco del SEIA” (2014), la compensación ambiental se define como un conjunto de medidas y acciones que producen beneficios para el ambiente en proporción con los perjuicios causados por la

La compensación ambiental se define como un conjunto de medidas y acciones que generan beneficios para el medio ambiente en relación con los perjuicios causados por la ejecución de proyectos. Este concepto se aplica en casos en los que no resulta factible aplicar medidas eficaces de prevención, corrección, mitigación, recuperación o restauración.

Es preciso destacar que la ausencia de acciones compensatorias a nivel ambiental conlleva la acumulación de pérdidas de recursos naturales e impactos en sectores vulnerables de la sociedad. Esta condición es inaceptable y representa un retroceso en el ámbito de la gestión ambiental al no garantizar el derecho a un entorno saludable respaldado por las leyes fundamentales en la mayoría de las naciones. Por lo tanto, hay consenso en que la implementación de medidas compensatorias es esencial para garantizar la preservación de la diversidad biológica y la funcionalidad de los ecosistemas. Como parte integral de la gestión,

esta herramienta debería promover, incluso, lograr un beneficio neto para el medio ambiente (Bonilla et al., 2022).

### **2.2.2. Humedal altoandino**

Los ecosistemas de humedales son aquellos que persisten gracias al aporte constante o intermitente de agua, siendo capaces de sustentar una amplia diversidad de vida, lo cual incluye plantas, aves e insectos. Este tipo de ecosistema se puede encontrar en las tres regiones del Perú. Sin embargo, a pesar de su significativa relevancia biológica, social y económica, no han sido objeto de la debida atención (Pauca-Tanco et al., 2020).

Los humedales altoandinos engloban a aquellos pertenecientes a los ecosistemas de páramo, jalca y puna, así como otros ecosistemas relacionados en las zonas altas (Ramsar, 2008), conocidos también como "bofedales" u "oconales", ocupando áreas tanto húmedas como secas. En la zona norte de Perú, los humedales andinos se ubican sobre el páramo (área húmeda), mientras que hacia el sur se extienden sobre la puna (área árida) (Pauca-Tanco et al., 2020).

En la actualidad, los humedales altoandinos enfrentan una presión antropogénica muy significativa, derivada de actividades como la construcción de infraestructuras, la minería y el sobrepastoreo; esta situación, sumado por el cambio climático, representa una amenaza para su supervivencia. Esta situación pone en riesgo los valiosos servicios ecosistémicos que ofrecen estos, como es la regulación del flujo hídrico, captura de carbono y regulación del microclima (Pauca-Tanco et al., 2020).

### **2.2.3. Valor ecológico**

El "valor ecológico" de un ecosistema se refiere a la medida de su importancia intrínseca y funcional dentro de la biosfera. Este valor no solo abarca la diversidad biológica presente, sino también la complejidad de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos. Se manifiesta en la capacidad del ecosistema para proporcionar servicios ecológicos

esenciales, como la regulación del clima, la purificación del agua, la fertilización del suelo y el sostén de la cadena alimentaria (Díaz, 2014).

Este concepto trasciende la mera utilidad humana, reconociendo que los ecosistemas tienen un valor inherente y una integridad que va más allá de su utilidad para las sociedades humanas. La salud y estabilidad de un ecosistema contribuyen al equilibrio global de la biosfera y, por ende, a la sostenibilidad del planeta. Valorar y preservar el "valor ecológico" implica comprender y respetar la complejidad de las relaciones dentro del ecosistema, reconociendo su papel vital en la protección de la vida en la Tierra (Díaz, 2014).

#### **2.2.4. Biodiversidad**

La biodiversidad o diversidad biológica se caracteriza como la amplia gama de organismos vivos y los ecosistemas que los albergan. Según “El Convenio sobre Diversidad Biológica” (CDB) de 1993, abarca la diversidad genética dentro de las especies, la diversidad entre especies y la diversidad de ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos. Aunque la diversidad entre especies es evidente, dos aspectos cruciales, pero menos visibles son la variabilidad genética, esencial para la adaptación de las poblaciones, y la biodiversidad ambiental, que crea nichos ecológicos diversos (Sarandón, 2020).

La variabilidad genética, expresada en diferencias entre individuos de la misma especie, constituye el acervo genético vital para la adaptación de las poblaciones al cambio ambiental. La biodiversidad ambiental, por su parte, desempeña un papel crucial al generar distintos climas y recursos, permitiendo la coexistencia de numerosas especies. Actualmente, la biodiversidad enfrenta desafíos significativos, con la desaparición diaria de especies y la rápida declinación de la naturaleza, señalando la entrada en el Antropoceno. Para abordar estos problemas, el CDB establece objetivos de preservación, utilización sostenible y distribución equitativa de beneficios (Sarandón, 2020).

En síntesis, la biodiversidad abarca la variedad genética y ambiental, siendo esencial para la adaptación de las poblaciones y proporcionando beneficios fundamentales. Sin embargo, enfrenta amenazas significativas, destacando la importancia de abordar los objetivos establecidos por el CDB para garantizar su preservación y el equilibrio ecológico (Sarandón, 2020).

#### **2.2.5. *Impactos ambientales***

El impacto ambiental se refiere a las alteraciones o consecuencias que las actividades humanas provocan en el medio ambiente. Estas actividades abarcan la construcción de infraestructuras, la actividad industrial, la agricultura, el empleo de recursos naturales, la generación de residuos y otras acciones que afectan de manera directa o indirecta a los ecosistemas y a los organismos que dependen de ellos (Espinoza, 2001).

Este impacto puede manifestarse de manera positiva o negativa. Un ejemplo de impacto positivo podría ser la restauración de un ecosistema deteriorado, mientras que un impacto negativo generalmente implica daños a la biodiversidad, a la calidad del agua, del aire, del suelo, y otros elementos del entorno natural. La evaluación del impacto ambiental constituye un proceso en el cual se examinan las posibles consecuencias de una acción o proyecto antes

de su ejecución, con la finalidad de reducir al mínimo los impactos adversos y maximizar los beneficios ambientales (Espinoza, 2001).

Para fines de entendimiento del presente informe se definen los siguientes términos relacionados a impacto ambiental, según lo establecido en los “Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del SEIA” (MINAM, 2014):

**Impacto ambiental residual:** Se refiere a un impacto de importancia negativa que surge como consecuencia de un proyecto o actividad y que no ha logrado ser prevenido, evitado, minimizado o rehabilitado según la correcta aplicación de la jerarquía de mitigación.

**Impacto ambiental negativo no evitable:** Hace referencia a un impacto significativo y negativo originado por un proyecto o actividad que no ha podido ser prevenido o evitado.

#### **2.2.6. Jerarquía de la mitigación**

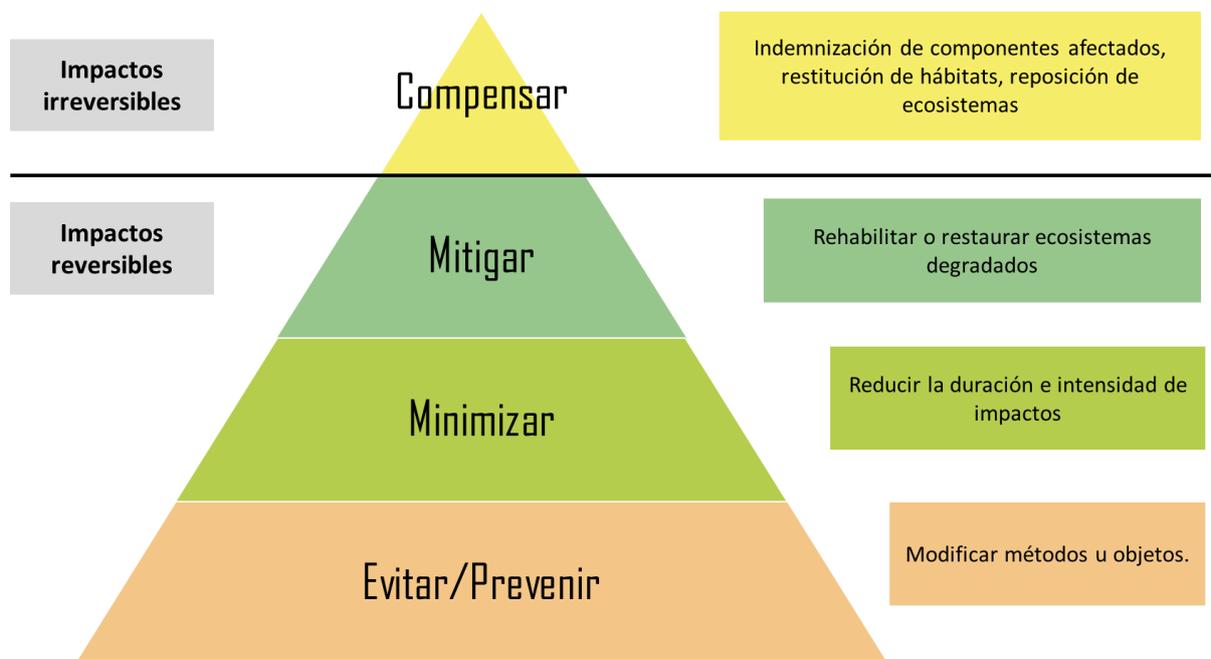
Según lo planteado en la “Guía General para el Plan de Compensación Ambiental” (MINAM,2016), la jerarquía de la mitigación se define como un procedimiento para implementar acciones destinadas a prevenir y reducir el impacto ambiental resultante de la ejecución u operación de un proyecto de inversión. Este procedimiento comprende: 1) medidas de prevención, 2) medidas de minimización y 3) medidas de rehabilitación; de generarse impactos ambientales negativos no tolerables los cuales no pueden ser prevenidos o mitigados, se plantearían medidas de compensación.

En términos generales la jerarquía de la mitigación establece que en primera instancia se deben evitar los impactos a la diversidad biológica y otros elementos ambientales, es decir que se deben buscar alternativas para la ejecución de los proyectos que puedan generar afectaciones. En el caso de que esto no fuese factible, se debe recurrir a medidas que minimicen los impactos inevitables. Si, a pesar de ello, persisten impactos que no pueden ser mitigados, la última medida contempla la compensación de dichos impactos mediante la generación de un

beneficio equivalente en diversidad biológica, ya sea en la misma área afectada o en sitios similares (Bonilla et al., 2022).

## Figura 2

### *Pirámide de la Jerarquía de la Mitigación*



*Nota:* En el marco de la jerarquía de la mitigación, la compensación representa el último recurso al que se debe acudir, únicamente si los impactos del proyecto no pueden ser evitados o reducidos al mínimo.

### 2.3. Justificación

La necesidad de desarrollar un plan de compensación para las modificaciones propuestas en la Modificación de un Estudio de Impacto Ambiental Detallado (MEIA-d) de una empresa minera (no revelada por razones de confidencialidad) se fundamenta en la imperativa implementación de un Depósito de Materiales de Desmonte (DMO) y la ampliación de su PAD de lixiviación. La implementación del DMO y la ampliación de la PAD de lixiviación representan medidas estratégicas que constituyen la última instancia para abordar posibles impactos ambientales futuros. Estas acciones no solo buscan mantener la continuidad

operativa de la minera, sino que también están diseñadas para cumplir con estándares ambientales más rigurosos y mejorar el rendimiento ambiental general de las instalaciones.

La empresa minera ha agotado exhaustivamente todas las medidas previas a la compensación, incluyendo la aplicación de estrategias de prevención, minimización y mitigación de impactos ambientales. Sin embargo, ante la complejidad y magnitud de las modificaciones propuestas, estas medidas no son suficientes para garantizar la sostenibilidad ambiental y operativa a largo plazo.

El plan de compensación propuesto se alinea con las mejores prácticas ambientales y cumple con las normativas locales e internacionales. Se ha llevado a cabo una evaluación técnica exhaustiva para determinar la naturaleza y alcance de los impactos, así como la eficacia de las medidas compensatorias sugeridas. Además, se ha prestado especial atención a la participación de las partes interesadas, que incluye a las comunidades locales, las autoridades ambientales y las organizaciones no gubernamentales. Esto se hace con el propósito de asegurar la transparencia y la consideración de diversas perspectivas en el proceso de toma de decisiones.

En resumen, la justificación técnica para elaborar el plan de compensación se basa en la necesidad crítica de la minera de implementar modificaciones sustanciales para garantizar la continuidad operativa y cumplir con estándares ambientales más estrictos. El enfoque adoptado refleja un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, respaldado por evaluaciones técnicas detalladas y la participación activa de las partes interesadas.

#### **2.4. Descripción del área de estudio**

El proyecto minero se ubica geográficamente en los Andes del Norte del Perú, en la zona 17 sur, políticamente se ubica en el departamento de Cajamarca, en la provincia de Hualgayoc, distritos de Chugur y Hualgayoc, en las altitudes de 3600 y 4050 m.s.n.m. Hidrográficamente se localiza entre las cuencas de los ríos Llaucano y Chancay-Lambayeque,

sobre la divisoria continental de la vertiente del Pacífico (cuena del río Chancay) y la vertiente del Atlántico (cuena del río Llaucano).

#### **2.4.1. Meteorología**

##### **2.4.1.1. Temperatura**

La temperatura promedio anual en el área del proyecto va desde 9.29 °C hasta 10.78 °C. Asimismo, en el mes de Julio se presenta la temperatura promedio más baja mientras que en abril se presente la temperatura media más alta.

##### **2.4.1.2. Dirección y velocidad del viento**

Los valores de velocidad media anual más altos se obtuvieron son de 15.1 m/s y 16.4 m/s. Asimismo, las direcciones predominantes del viento son en dirección este (E) a Oeste (W) y este sureste (ESE) a Oeste Noroeste (WNW).

##### **2.4.1.3. Humedad relativa**

Los valores de humedad relativa promedio anual varían entre 79.7% a 90.5%. Se puede observar en los registros de cada estación que la humedad relativa del área es alta y se mantiene uniforme a lo largo del año.

##### **2.4.1.4. Precipitación**

La precipitación promedio anual para el área del proyecto alcanza los 1110.5 mm, siendo el mes de marzo el más lluvioso y el mes de agosto el más seco.

#### **2.4.2. Hidrografía**

El área del proyecto se localiza a nivel nacional sobre la divisoria de la vertiente del Pacífico y la vertiente del Atlántico, especialmente en la parte superior de los ríos Chancay-Lambayeque y Llaucano.

### **2.4.3. Climatología**

#### **2.4.3.1. Clasificación climática**

Para identificar el tipo de clima del área del proyecto se empleó el mapa de clasificación climática, emitido por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el cual fue elaborado en base a la metodología planteado por Thornthwaite. Acorde con este sistema de clasificación el área del proyecto se encuentra dentro de tres tipos de climas: Muy húmedo, con nula o pequeña deficiencia de agua, Mesotérmica Semifría., Muy húmedo, con nula o pequeña deficiencia de agua, Microtérmica Fría Moderada, y Muy húmedo, con nula o pequeña deficiencia de agua, Mesotérmica Semifría.

#### **2.4.3.2. Zonas de vida**

El área del proyecto presenta dos zonas de vida: bosque muy húmedo- Montano Tropical (bmh-MT) y bosque húmedo – Montano Bajo Tropical (bh – MBT).

### **2.4.4. Formación vegetal**

#### **2.4.4.1. Humedal altoandino**

Este tipo de vegetación cubre extensas áreas en la región andina, llegando hasta los límites de los pajonales naturales. Es importante señalar que hay variaciones en la composición de las especies de plantas durante las estaciones húmedas y secas del año, con registros de valores y biomasa más altos durante el periodo de lluvias.

## **2.5. Metodología**

### **2.5.1. Identificación y descripción de los impactos ambientales no evitables en la zona de influencia del proyecto**

Como parte fundamental del instrumento de gestión del cual forma parte este plan, se realizó una evaluación de identificación y descripción de los impactos que se generarían por todas las modificaciones que se plantean como parte del proyecto en general, de los cuales en el presente ítem solo se describirán los relaciones a la generación del plan de compensación.



CON la aplicación de medidas de mitigación																	
Etapa	Medio	Factor Ambiental	Impacto Ambiental	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	TOTAL	IMPORTANCIA (Impactos Residuales)	Necesita medidas de compensación
CONSTRUCCIÓN	Medio Biológico	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	-1	8	1	4	4	4	4	1	4	4	1	-52	Negativo Alto	SI
OPERACIÓN	Medio Biológico	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	-1	2	2	4	2	2	2	1	4	4	1	-30	Negativo Moderado	NO

*Nota.* La evaluación integral de los impactos de este proyecto no solo se basa en lo propuesto, sino que también toma en consideración la presencia de otros componentes ya operativos en la zona, los cuales pueden influir en los impactos generados por las nuevas adiciones.

#### **2.5.1.2. Pérdida de ecosistema frágil humedal altoandino**

El impacto de la pérdida del frágil ecosistema de humedal altoandino, resultado de la construcción del PAD de Lixiviación y el DMO, componentes propuestos en el proyecto, obtiene una calificación de Negativo Alto (-67). A pesar de la ejecución de medidas de mitigación, el impacto residual permanecería en un nivel negativo alto, indicando que la preservación del ecosistema frágil del humedal no se logrará completamente. Por ende, será necesario aplicar medidas de compensación.

Tabla 2

Evaluación del impacto “Pérdida de ecosistema frágil humedal altoandino”

SIN la aplicación de medidas de mitigación																	
Etapa	Medio	Factor Ambiental	Impacto Ambiental	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	TOTAL	IMPORTANCIA	Necesita medidas de mitigación y restauración (cierre)
CONSTRUCCIÓN	Medio Biológico	Ecosistema frágil terrestre	Pérdida de ecosistema frágil Humedal altoandino Mishar	-1	12	1	4	4	4	4	4	4	4	1	-67	Negativo Alto	SI
CON la aplicación de medidas de mitigación																	
Etapa	Medio	Factor Ambiental	Impacto Ambiental	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	TOTAL	IMPORTANCIA (Impactos Residuales)	Necesita medidas de compensación
CONSTRUCCIÓN	Medio Biológico	Ecosistema frágil terrestre	Pérdida de ecosistema frágil Humedal altoandino Mishar	-1	12	1	4	4	4	4	4	4	4	1	-67	Negativo Alto	SI

*Nota.* La evaluación integral de los impactos de este proyecto no solo se basa en lo propuesto, sino que también toma en consideración la presencia de otros componentes ya operativos en la zona, los cuales pueden influir en los impactos generados por las nuevas adiciones.

### 2.5.2. Jerarquía de la Mitigación

Después de identificar los impactos generados por los componentes que podrían afectar los ecosistemas de humedales presentes en el proyecto, se procede a aplicar la jerarquía de la mitigación. En este sentido, se proponen medidas de prevención, minimización y mitigación.

Se concluye determinando si estos impactos requieren la implementación de medidas compensatorias.

**Tabla 3**

*Jerarquía de la Mitigación*

Componente / Factor Ambiental	Impacto Potencial	Jerarquía de la Mitigación (EMA)			
		Evitar	Mitigación		Compensación
			Minimización	Rehabilitación	
<b>Biota terrestre</b> Cobertura vegetal	"Pérdida de cobertura vegetal"  Debido a la necesidad operativa para alcanzar el volumen requerido fue necesario ampliar el PAD de lixiviación priorizando el encimamiento en las zonas donde era factible, por lo que algunas de las fases se superponen para minimizar la afectación a áreas nuevas por lo que se evitaron impactos por pérdida de cobertura vegetal de áreas adicionales.	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitarse a las áreas contempladas en el diseño de componentes del proyecto, por lo cual se delimitará el área de trabajo para no modificar innecesariamente la vegetación.</li> <li>• Reconocimiento de la vegetación del proyecto previamente a la etapa de construcción. De encontrarse especies protegidas de flora según el D. S. N° 043-2006-AG, CITES, IUCN y endémicas, en el área del proyecto, estas serán trasladadas a zonas similares y/o al vivero.</li> </ul>	Compensación de la Cobertura Humedal Altoandino	

		<b>Jerarquía de la Mitigación (EMA)</b>		
<b>Componente / Factor Ambiental</b>	<b>Impacto Potencial</b>	<b>Mitigación</b>		<b>Compensación</b>
		<b>Evitar</b>	<b>Minimización</b>	
	“ Pérdida de cobertura vegetal”		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El suelo orgánico no será mezclado con ningún otro tipo de material o estéril durante los trabajos de movimiento de tierras, en caso suceda una mezcla se deberá de comunicar al supervisor de medio ambiente de la mina para definir el grado de mezcla y determinar un manejo posterior adecuado.</li> <li>• El suelo orgánico deberá ser transportado al depósito de Material Orgánico (DMO) oportunamente, para evitar la sobreacumulación en las áreas de trabajo, previniendo así la erosión, arrastre y pérdida del Top Soil.</li> <li>• Parte de la vegetación extraída se colocará en las pilas de suelo orgánico y en los DMO, con el fin de evitar la erosión eólica.</li> <li>• No se aplicará ningún tipo de pesticida.</li> <li>• Riego de vía para controlar el polvo</li> </ul>	

		<b>Jerarquía de la Mitigación (EMA)</b>		
<b>Componente / Factor Ambiental</b>	<b>Impacto Potencial</b>	<b>Mitigación</b>		<b>Compensación</b>
		<b>Evitar</b>	<b>Minimización</b>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los vehículos tendrán que circular en las vías de acceso respetando las velocidades límites de acuerdo al Reglamento Interno de Transito (RIT).</li> <li>• Monitoreo semestral de la flora, presente en la zona del proyecto.</li> <li>• El suelo orgánico será regado en época de estiaje, a través de un camión cisterna, con el fin de evitar la erosión eólica.</li> </ul>	
<b>Ecosistemas</b>	Ecosistemas frágiles Pérdida de ecosistema frágil Humedal altoandino	No se puede evitar	No se puede mitigar ni rehabilitar	Compensación del Humedal Altoandino

### **2.5.3. Metodología para el cálculo del valor ecológico**

Las medidas de compensación presentadas se implementan como respuesta a los impactos inevitables y sustanciales que podrían surgir debido a las actividades propuestas en la Modificación de un Estudio de Impacto Ambiental Detallado (MEIA-d) de una empresa minera no mencionada por motivos de confidencialidad, específicamente en el ámbito biológico-terrestre. A continuación, se detalla el proceso completo para describir la zona afectada, identificar la región a ser compensada y, finalmente, establecer las medidas para contrarrestar los efectos de los impactos inevitables previamente identificados.

#### **2.5.3.1. Atributos e indicadores según la guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal**

Es notable mencionar que la “Guía Complementaria para la Compensación Ambiental” (MINAM, 2016), enfocada en Ecosistemas Altoandinos, sugiere que la metodología utilizada para determinar las pérdidas y ganancias del valor ecológico en estos ecosistemas podría ser empleada como guía de referencia para la valoración ecológica de otros entornos terrestres.

En este sentido, el Ministerio del Ambiente, desarrolló la “Guía de Evaluación del Estado de los Ecosistemas de Bofedal”, siguiendo la metodología establecida en la “Guía complementaria para la compensación ambiental en Ecosistemas Altoandinos”. Esta guía indica que la selección de atributos e indicadores se basó en una exhaustiva revisión de la literatura sobre las relaciones clave en el funcionamiento de los bofedales, organizando los elementos evaluados en diversas investigaciones revisadas para establecer criterios de selección y elegir los indicadores que mejor cumplen con dichos criterios.

En consecuencia, la valoración del estado ecológico del ecosistema implica estimar los atributos especificados (calidad del agua, calidad del suelo, estado de la biota y modificaciones en el paisaje) mediante la medición directa de un conjunto de indicadores. Estos indicadores deben cumplir con los siguientes criterios:

- Deben ser medibles o fácilmente muestreables en el campo.
- Proporcionar valores fáciles de interpretar.
- Ser susceptibles a los cambios sutiles del ecosistema.
- Exhibir una respuesta predecible ante el cambio.
- Sirven como indicadores de procesos del ecosistema.
- Su interpretación no demanda múltiples mediciones a lo largo del tiempo.

En consonancia con estas premisas, el plan de compensación elaborado consideró el empleo de los atributos e indicadores propuestos en la guía mencionada. Además, se ha contemplado la inclusión de indicadores que mejorarían la eficiencia en la evaluación de la condición ecológica de los ecosistemas.

#### ***2.5.3.2. Valores relativos de atributos e indicadores a considerar***

Siguiendo la “Guía de Evaluación de Bofedales” (MINAM, 2019), se estableció el valor relativo de los atributos e indicadores mediante matrices de múltiples criterios y análisis jerárquico. Esto posibilita la comparación entre los atributos o indicadores en pares, permitiendo así determinar la contribución o importancia relativa de cada uno. Primero, se llevó a cabo una comparación de los atributos en una matriz, y posteriormente, se evaluó los indicadores dentro de cada atributo mediante cuatro matrices distintas para cada uno.

Aquí se presenta las tablas que contienen los valores relativos correspondientes a los atributos e indicadores considerados para el “humedal altoandino”.

**Tabla 4**

*Valor relativo de los atributos e indicadores del ecosistema "humedal altoandino"*

<b>Atributos del ecosistema</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor relativo</b>
<b>Condición del agua (46.4%)</b>	Napa freática en época seca (cm)	23
	Temperatura	12.8
	Oxígeno disuelto	5.8
	pH	2
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	2.8
<b>Condición del suelo (28.4%)</b>	Profundidad de turba (cm)	12
	Materia orgánica (%)	6.5
	Captura de carbono	6.5
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.8
	Signos de erosión (cualitativo)	1.6
<b>Condición de la biota (18%)</b>	Especies nativas (%)	5
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	0.8
	Cobertura vegetal viva (%)	0.9
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	2.7
	Calidad de pasto	4.3
	Capacidad de carga	4.3
<b>Alteraciones en el paisaje (7.2%)</b>	Presencia de factores de degradación (cualitativo)	3.6
	Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	3.6
<b>Total</b>		<b>100</b>

*Nota.* Esta tabla es una adaptación de la Guía de Evaluación de Bofedales (2019), se adicionaron indicadores, con el fin de generar una mejor representación y evaluación del ecosistema.

### **2.5.3.3. Puntaje de indicadores en función al rango de los valores de referencia**

Conforme a la "Guía de Evaluación de Bofedales" (MINAM, 2019), a partir de los valores relativos asignados a cada indicador, se procuró establecer un método adecuado para

asignar puntajes a las distintas medidas obtenidas en el campo para cada indicador. En este sentido, se definieron y buscaron rangos de valores de referencia utilizando datos propios y datos disponibles de instituciones y centros de investigación que compartieran sus resultados de caracterización de bofedales, tanto en el Perú como en Bolivia. La escala de calificación de puntajes toma como referencia los rangos de valores registrados en la medición en campo de los indicadores. El valor máximo que recibirá cada indicador se corresponde con el valor relativo asignado a cada uno de ellos.

**Tabla 5**

*Escala de valoración de la condición del agua*

<b>Indicadores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Napa freática (cm)</b>	< 5	23
	6 - 20	13
	21 - 60	10
	> 60	0
<b>Temperatura</b>	Cumple con el ECA	12.8
	No cumple con el ECA	6.4
<b>Oxígeno disuelto</b>	Cumple con el ECA	5.8
	No cumple con el ECA	2.9
<b>pH</b>	Cumple con el ECA	2.0
	No cumple con el ECA	1.0
<b>Conductividad eléctrica (uS/cm)</b>	Cumple con el ECA	2.8
	No cumple con el ECA	1.3

*Nota.* Esta tabla es una adaptación de la Guía de Evaluación de Bofedales (2019).

**Tabla 6***Escala de valoración de la condición del suelo*

<b>Indicadores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Profundidad de turba (cm)</b>	> 200	12.0
	200 - 100	9.0
	100 - 41	3.0
	< 40	0.0
<b>Materia orgánica (%)</b>	> 75	6.5
	56 - 75	3.5
	21 - 55	3.0
	< 37	0.0
<b>Captura de carbono</b>	> 385	6.5
	385 - 285	3.5
	285 - 185	3.0
	< 185	0.0
<b>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	< 0.2	1.8
	0.2 - 0.3	1.0
	0.3 - 0.9	0.8
	> 0.9	0.0
<b>Signos de erosión <sup>a</sup> (cualitativo)</b>	A	1.6
	B	1.0
	C	0.6
	D	0.0

*Nota.* Esta tabla es una adaptación de la Guía de Evaluación de Bofedales (2019).

<sup>a</sup> La asignación de ponderación para el indicador de signos de erosión en el atributo de condición del suelo se ha establecido en una escala de A a D, con los siguientes significados: A: Menos del 10% del área presenta signos de erosión laminar superficial y movimiento de mantillo, B: Se aprecian signos de erosión laminar superficial en menos del 25% del área, y pocas evidencias de alteraciones (vegetación seca, removida y/o pudriéndose) en la superficie de la vegetación de cojín, C: Se presenta erosión laminar profunda, formando surcos y zanjas

en al menos 15% del área, y/o se evidencia formación de parches (cojines fraccionados), presencia de vegetación seca, removida o podrida en la superficie de la vegetación de cojín, en al menos 20% del área, y D: Se observa una severa erosión en la superficie de la vegetación de cojín en al menos el 25% del área; se han formado parches y el nivel del curso del agua está a 10 cm o más de profundidad, en relación con la superficie del suelo con vegetación de cojín. O al menos 25% del área presenta la formación de surcos y depresiones profundas.

**Tabla 7**

*Escala de valoración de la condición de la biótica*

<b>Indicadores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Especies nativas (%)</b>	> 80	5.0
	61 - 79	3.0
	31 - 60	2.0
	< 31	0.0
<b>Riqueza de especies (transecto)</b>	> 10	0.8
	8 - 10	0.5
	5 - 7	0.3
	< 5	0.0
<b>Cobertura vegetal (%)</b>	100	0.9
	90 - 99	0.5
	89 - 75	0.4
	< 75	0.0
<b>Biomasa (kg MS/ha)</b>	> 1000	2.7
	651 - 999	1.5
	301 - 650	1.2
	< 300	0.0
<b>Calidad de pasto</b>	Excelente	4.3
	Buena	2.0
	Regular	1.2
	Pobre	1.1
	Muy Pobre	0.0

<b>Indicadores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Capacidad de carga</b>	1	4.3
	0.75	2.0
	0.38	1.2
	0.13	1.1
	0.07	0.0

*Nota.* Esta tabla es una adaptación de la Guía de Evaluación de Bofedales (2019).

**Tabla 8**

*Escala de valoración de la alteración del paisaje*

<b>Indicadores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Presencia de factores de degradación <sup>a</sup></b>	A	3.6
	B	2.4
	C	1.2
	D	0
<b>Conectividad hidrológica <sup>b</sup></b>	A	3.6
	B	2.4
	C	1.2
	D	0

*Nota.* Esta tabla es una adaptación de la Guía de Evaluación de Bofedales (2019).

<sup>a</sup> La asignación de ponderación para el indicador de *presencia de factores de degradación* en el atributo de alteración del paisaje se ha establecido en una escala de A a D, con los siguientes significados: A: Se presenta uno o ningún factor de degradación, en baja abundancia e intensidad, B: Se presentan dos factores de degradación en baja abundancia e intensidad, o un factor con abundancia baja e intensidad alta, o viceversa, alta abundancia y baja intensidad, C: Se presentan dos factores de degradación con alta intensidad o abundancia, y D: Se presentan tres o más factores de degradación en cualquier grado, o se presenta un factor de degradación con alta abundancia e intensidad. <sup>b</sup> La asignación de ponderación para el indicador de

*conectividad hidrológica* en el atributo de alteración del paisaje se ha establecido en una escala de A a D, con los siguientes significados: A: No se ha encontrado ningún problema o alteración en las fuentes de agua que alimentan directamente al bofedal, B: La presencia de carreteras o infraestructura han cambiado la permeabilidad del agua hacia el bofedal, pero no la cantidad de agua que entra. Se han encontrado fuentes de nutrientes, minerales y/o contaminantes en las partes altas de la quebrada (alteraciones de la calidad del agua), C: Se encuentran tomas de agua o canales que funcionan estacionalmente, o carreteras que reducen la cantidad de agua que entra al bofedal. Hay presencia de morrenas grandes, indicando la pérdida significativa de masa glaciar, y D: Se encuentran carreteras y tomas de agua o canales permanentes que desvían y eliminan la entrada de agua de estas fuentes hacia el bofedal

#### **2.5.3.4. Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico**

Para la calificación final del valor ecológico se considerando los cinco niveles mencionados en la guía de evaluación de bofedales.

**Tabla 9**

*Escala y valor relativo para estimar el valor ecológico*

<b>Escala</b>	<b>Valor relativo (%)</b>	<b>Estado de conservación</b>
0 – 2 >	[0 – 20 >	Muy pobre
[2 – 4 >	[20 – 40 >	Pobre
[4 – 6 >	[40 – 60 >	Regular
[6 – 8 >	[60 – 80 >	Bueno
[8 – 10	[80 – 100	Muy Bueno

*Nota.* Tomado de la Guía de Evaluación de Bofedales (2019).

## 2.6. Resultados

### 2.6.1. Zona a impactar

#### 2.6.1.1. Caracterización del área a impactar

Las modificaciones propuestas en el proyecto han impactado a cuatro humedales. La implementación del Depósito de Materiales de Desmonte (DMO) ha afectado de manera parcial y total en los humedales H-27, H-28 y H-29, mientras que la ampliación del PAD de lixiviación incide de manera completa en el humedal H-16.

#### A. Humedal altoandino “H-16”

El humedal altoandino H-16 comprende una extensión de 0.71 Ha. Se ubica en la ladera del cerro Tingo también conocido como zona Mishar, sobre un terreno de pendiente moderada a leve, con vegetación predominante de tipo gramíneas de porte medio y bajo.

**Tabla 10**

*Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-16*

Atributos del ecosistema	Indicadores	Unidad muestral		Promedio
		PM-36	PM-37	
Condición del agua	Napa freática en época seca (cm)	76	37	75
	Temperatura	17.6	17.2	17.4
	Oxígeno disuelto	1.7	3.50	2.6
	pH	4.28	5.29	4.79
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	153.50	162.80	158.15
Condición del suelo	Profundidad de turba (cm)	34	32	33
	Materia orgánica (%)	62	56.1	59.05
	Captura de carbono	845.48	1032.01	938.75
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	<0.500	0.523	0.523

Atributos del ecosistema	Indicadores	Unidad muestral		Promedio
		PM-36	PM-37	
	Signos de erosión (cualitativo)	B	B	B <sup>a</sup>
	Especies nativas (%)	100	100	100
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	6	6	6
Condición de la biota	Cobertura vegetal viva (%)	58	73	65.5
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	9008	8816	8912
	Calidad de pasto	Pobre	Pobre	Pobre
	Capacidad de carga	0.13	0.13	0.13
Alteraciones en el paisaje	Presencia de factores de degradación (cualitativo)	B	B	B <sup>b</sup>
	Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	A	A	A <sup>c</sup>

*Nota.* En la tabla se presentan los datos que fueron tomados en campo para caracterizar el humedal altoandino a ser impactado, en base a los atributos e indicadores propuestos en la “Guía de Evaluación de Bofedales”, así mismo, se adicionaron indicadores, con el fin de generar una mejor representación y evaluación del ecosistema.

<sup>a</sup> El valor de “B” en el indicador signos de erosión del atributo condición del suelo, refiere a que se aprecian signos de erosión laminar superficial en menos del 25% del área, y pocas evidencias de alteraciones (vegetación seca, removida y/o pudriéndose) en la superficie de la vegetación de cojín. <sup>b</sup> El valor de “B” en el indicador *presencia de factores de degradación* del atributo *alteraciones en el paisaje*, refiere a que se presentan dos factores de degradación en baja abundancia e intensidad, o un factor con abundancia baja e intensidad alta, o viceversa, alta abundancia y baja intensidad. <sup>c</sup> El valor de “A” en el indicador *conectividad hidrológica del bofedal* del atributo *alteraciones en el paisaje*, refiere a que no se ha encontrado ningún problema o alteración en las fuentes de agua que alimentan directamente al bofedal.

**Figura 3**

*Área impactada por la ampliación del PAD de lixiviación, Humedal altoandino H-16*

***B. Humedal altoandino “H-27”***

El humedal altoandino H-27 está situado en la esquina noroeste de la zona de emplazamiento del componente DMO, cubriendo una extensión de 0.16 hectáreas. Dada su limitada extensión, se realizó la obtención de información en una sola unidad muestral (UM-02), a continuación, en la tabla se muestra los valores obtenidos por cada atributo e indicador en estudio.

**Tabla 11***Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-27*

Atributos del ecosistema	Indicadores	Unidad muestral
		FL-02
Condición del agua	Napa freática en época seca (cm)	No se encontró
	Temperatura	11.2
	Oxígeno disuelto	4.35
	pH	6.3
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	166.2
Condición del suelo	Profundidad de turba (cm)	0
	Materia orgánica (%)	14.58
	Captura de carbono	485.07
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.41
	Signos de erosión (cualitativo)	A <sup>a</sup>
Condición de la biota	Especies nativas (%)	100
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	34
	Cobertura vegetal viva (%)	91.4
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	5932.27
	Calidad de pasto	Bajo
Alteraciones en el paisaje	Capacidad de carga	0.38
	Presencia de factores de degradación (cualitativo)	D <sup>b</sup>
	Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	A <sup>c</sup>

*Nota.* En la tabla se presentan los datos que fueron tomados en campo para caracterizar el humedal altoandino a ser impactado, en base a los atributos e indicadores propuestos en la “Guía de Evaluación de Bofedales”, así mismo, se adicionaron indicadores, con el fin de generar una mejor representación y evaluación del ecosistema.

<sup>a</sup> El valor de “A” en el indicador signos de erosión del atributo condición del suelo, refiere a que menos del 10% del área presenta signos de erosión laminar, superficial, y movimiento de mantillo. <sup>b</sup> El valor de “D” en el indicador *presencia de factores de degradación* del atributo

*alteraciones en el paisaje*, refiere a que se presentan tres o más factores de degradación en cualquier grado, o se presenta un factor de degradación con alta abundancia y alta intensidad.

° El valor de “A” en el indicador *conectividad hidrológica del bofedal* del atributo *alteraciones en el paisaje*, refiere a que no se ha encontrado ningún problema o alteración en las fuentes de agua que alimentan directamente al bofedal.

#### **Figura 4**

*Área impactada en la zona del DMO, humedal altoandino H-27*



#### ***C. Humedal altoandino “H-28”***

El humedal altoandino H-28 comprende una extensión de 0.85 Ha, este se ubica al sur del área de emplazamiento del componente DMO.

**Tabla 12***Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-28*

Atributos del ecosistema	Indicadores	Unidad muestral			Promedio
		FL-03	FL-04	FL-05	
<b>Condición del agua</b>	Napa freática en época seca (cm)	No se encontró	12	25	12.3
	Temperatura	10.4	12.3	10.2	11.0
	Oxígeno disuelto	2.41	2.2	1.27	2.0
	pH	6.32	5.29	5.21	5.6
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	241	242	281	241.0
<b>Condición del suelo</b>	Profundidad de turba (cm)	10	0	0	3.3
	Materia orgánica (%)	44.42	45.5	34.57	41.5
	Captura de carbono				349.61
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.19	0.32	0.34	0.3
	Signos de erosión (cualitativo)	A	A	A	A <sup>a</sup>
<b>Condición de la biota</b>	Especies nativas (%)	97.5	94.1	94.7	95.4
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	23	30	33	28.7
	Cobertura vegetal viva (%)	100	90.2	100	96.7
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	11527.47	8840.53	4230.4	8199.5
	Calidad de pasto	Regular	Bajo	Regular	Regular
	Capacidad de carga	0.38	0.38	0.38	0.38
<b>Alteraciones en el paisaje</b>	Presencia de factores de degradación (cualitativo)	D	B	B	B <sup>b</sup>
	Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	A	A	A	A <sup>c</sup>

*Nota.* En la tabla se presentan los datos que fueron tomados en campo para caracterizar el humedal altoandino a ser impactado, en base a los atributos e indicadores propuestos en la “Guía de Evaluación de Bofedales”, así mismo, se adicionaron indicadores, con el fin de generar una mejor representación y evaluación del ecosistema.

<sup>a</sup> El valor de “A” en el indicador signos de erosión del atributo condición del suelo, refiere a que menos del 10% del área presenta signos de erosión laminar, superficial, y movimiento de

mantillo. <sup>b</sup> El valor de “B” en el indicador *presencia de factores de degradación* del atributo *alteraciones en el paisaje*, refiere a que se presentan dos factores de degradación en baja abundancia e intensidad, o un factor con abundancia baja e intensidad alta, o viceversa, alta abundancia y baja intensidad. <sup>c</sup> El valor de “A” en el indicador *conectividad hidrológica del bofedal* del atributo *alteraciones en el paisaje*, refiere a que no se ha encontrado ningún problema o alteración en las fuentes de agua que alimentan directamente al bofedal.

### **Figura 5**

*Área impactada en la zona del DMO, humedal altoandino H-28*



#### ***D. Humedal altoandino “H-29”***

El humedal altoandino H-29 abarca una extensión de 0.15 Ha, este se ubica al sur de la zona de emplazamiento del componente DMO.

**Tabla 13***Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-29*

<b>Atributos del ecosistema</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad muestral</b>
		<b>FL-01</b>
<b>Condición del agua</b>	Napa freática en época seca (cm)	20
	Temperatura	12.1
	Oxígeno disuelto	1.41
	pH	7.21
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	206.8
<b>Condición del suelo</b>	Profundidad de turba (cm)	15
	Materia orgánica (%)	14.58
	Captura de carbono	321.27
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.53
	Signos de erosión (cualitativo)	A <sup>a</sup>
<b>Condición de la biota</b>	Especies nativas (%)	100
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	27
	Cobertura vegetal viva (%)	61.7
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	7694.33
	Calidad de pasto	Regular
	Capacidad de carga	0.38
<b>Alteraciones en el paisaje</b>	Presencia de factores de degradación (cualitativo)	D <sup>b</sup>
	Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	B <sup>c</sup>

*Nota.* En la tabla se presentan los datos que fueron tomados en campo para caracterizar el humedal altoandino a ser impactado, en base a los atributos e indicadores propuestos en la “Guía de Evaluación de Bofedales”, así mismo, se adicionaron indicadores, con el fin de generar una mejor representación y evaluación del ecosistema.

<sup>a</sup> El valor de “A” en el indicador signos de erosión del atributo condición del suelo, refiere a que menos del 10% del área presenta signos de erosión laminar, superficial, y movimiento de mantillo. <sup>b</sup> El valor de “D” en el indicador *presencia de factores de degradación* del atributo

*alteraciones en el paisaje*, refiere a que se presentan tres o más factores de degradación en cualquier grado, o se presenta un factor de degradación con alta abundancia y alta intensidad.

° El valor de “B” en el indicador *conectividad hidrológica del bofedal* del atributo *alteraciones en el paisaje*, refiere a que la presencia de carreteras o infraestructuras han cambiado la impermeabilidad de agua hacia el bofedal, pero no la cantidad de agua que entra. Se han encontrado fuentes de nutrientes, minerales y/o contaminantes en las partes altas de la quebrada (alteraciones de la calidad del agua).

**Figura 6 Área impactada en la zona del DMO, humedal altoandino H-29**



#### ***2.6.1.2. Cálculo del valor ecológico de la zona a impactar***

Según la metodología descrita en la “Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas altoandinos” (MINAM, 2016), y los valores relativos calculados para los atributos e indicadores considerados para el “humedal altoandino” presentados los ítems anteriores, la zona a impactar presenta un valor ecológico de 5.10, como se muestra en la Tabla 14, lo cual nos indica que el estado de conservación de esta zona es *regular*.

**Tabla 14***Valor ecológico de zonas a impactar*

Atributos	Valores de referencia (VR)			Zona DMO		Zona Mishar	
	Indicadores	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
<b>Condición del agua</b> 46.4%	Napa freática (cm)	< 5	23.0	11	10	75	0
	Temperatura	Cumple con el ECA	12.8	11.4	12.8	17.4	12.8
	Oxígeno disuelto	Cumple con el ECA	5.8	2.57	2.9	2.60	2.9
	pH	Cumple con el ECA	2.0	6.4	1.0	4.79	1.0
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Cumple con el ECA	2.8	227.4	2.8	126	2.8
<b>Condición del suelo</b> 28.4%	Profundidad de turba (cm)	> 200	12.0	5	0.0	33	0.0
	Materia orgánica (%)	> 75	6.5	28	0.0	59.05	3.5
	Captura de carbono	> 385	6.5	385.32	6.5	938.75	6.5
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	< 0.2	1.8	0.358	0.8	0.523	0.8
	Signos de erosión (cualitativo)	A	1.6	A	1.6	B	1.0
<b>Condición de la biota</b> 18%	Cobertura vegetal viva (%)	100	0.9	89	0.4	65.5	0.0
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	> 10	0.8	29	0.8	6	0.3
	Especies nativas (%)	> 80	5.0	97	5.0	100	5.0
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	> 1000	2.7	7275	2.7	8942	2.7
	Calidad de pasto	Excelente	4.3	Regular	1.2	Pobre	1.1
	Capacidad de carga	1.0	4.3	0.38	1.2	0.13	1.1

Atributos	Valores de referencia (VR)			Zona DMO		Zona Mishar	
	Indicadores	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Alteraciones en el paisaje 7.2%	Presencia de factores de degradación	A	3.6	C	1.2	B	2.4
	Conectividad hidrológica del bofedal	A	3.6	A	3.6	A	3.6
<b>Sumatoria</b>		-	100	-	54.5	-	47.5
<b>Valor ecológico de la zona</b>		-	10	-	5.45	-	4.75
<b>Valor ecológico promedio</b>		-	10	5.10			
<b>Estado del ecosistema (valor ecológico)</b>		-	Muy bueno	Regular			

Considerando que el valor ecológico se sitúa en 5.10 y la extensión del terreno abarca 2.99 hectáreas, que se correlacionan con las unidades de compensación, el valor global del índice ecológico asciende a 15.25. Se lleva a cabo la selección, descripción y dimensionamiento del área y sus elementos constituyentes para la aplicación de las acciones de compensación ambiental.

Para esta selección se tuvo que realizar un análisis de viabilidad ambiental con la finalidad de elegir la zona idónea para efectuar las actividades de compensación. De dicho análisis se lograron identificar tres zonas: a) Zona Tres Amigos, b) Zona América y c) Zona El Tuyo. Luego de evaluar cada alternativa en base a su ubicación, características de viabilidad ecológica, índice de riesgo a impactos ambientales futuros, equivalencia ecológica respecto al sitio a compensar y conectividad ecológica, se concluyó que la alternativa idónea era la Zona América, en el cual se encuentra el humedal H-21.

## 2.6.2. Zona a compensar

### 2.6.2.1. Caracterización del área a compensar

La mayor parte del área designada para la compensación se encuentra principalmente en la vegetación del "humedal altoandino", localizada en un terreno perteneciente a la empresa minera.

En relación con la flora, el área destinada a la compensación se identifica como la vegetación característica del humedal altoandino, compuesta predominantemente por variedades de gramíneas. Se observa un nivel de intervención humana, generalmente dirigido a ampliar las zonas de pastoreo.

**Tabla 15**

*Atributos e indicadores evaluados en el humedal altoandino H-21*

Atributos del ecosistema	Indicadores	Unidad muestral				Promedio
		PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	
Condición del agua	Napa freática en época seca (cm)	75	74	74f	73	74
	Temperatura	12.1	12.7	17.2	-	14
	Oxígeno disuelto	3.14	5.24	3.04	-	3.81
	pH	5.52	4.43	7.02	-	5.66
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	100.80	150.50	190.70	85.20	131.80
Condición del suelo	Profundidad de turba (cm)	33	32	32	31	32
	Materia orgánica (%)	82	60	74.7	75.1	72.95
	Captura de carbono	870.42	898.13	565.87	733.87	767.08
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500
	Signos de erosión (cualitativo)	B	B	B	B	B
Condición de la biota	Especies nativas (%)	100	100	100	100	100
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	6	10	10	6	8
	Cobertura vegetal viva (%)	66	85	40	78	67.25

Atributos del ecosistema	Indicadores	Unidad muestral				Promedio
		PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	8179	14038	17262	16571	14012.5
	Calidad de pasto	Regular	Pobre	Regular	Pobre	Pobre
	Capacidad de carga	0.38	0.13	0.38	0.38	0.38
Alteraciones en el paisaje	Presencia de factores de degradación (cualitativo)	B	B	B	B	B
	Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	B	B	B	B	B

**Figura 7**

*Área a compensar*



### **2.6.2.1. Cálculo del valor ecológico de la zona a compensar (VE)**

Según la metodología descrita en la “Guía complementaria para la compensación ambiental: Ecosistemas altoandinos” (MINAM, 2016), y los valores relativos calculados para los atributos e indicadores considerados para el “humedal altoandino” presentados los ítems

anteriores, la zona a compensar presenta un valor ecológico de 4.03, como se muestra en la Tabla 16, lo cual nos indica que el estado de conservación de esta zona es *pobre*.

**Tabla 16**

*Valor ecológico de la zona a compensar*

Atributos del ecosistema	Indicadores	Valores de referencia (VR)		Unidad Muestral	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
<b>Condición del agua 46.4%</b>	Napa freática (cm)	< 5	23.0	74	0
	Temperatura	Cumple con el ECA	12.8	14.0	6.4
	Oxígeno disuelto	Cumple con el ECA	5.8	3.81	2.9
	pH	Cumple con el ECA	2.0	5.66	1.0
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Cumple con el ECA	2.8	131.1	2.8
<b>Condición del suelo 28.4%</b>	Profundidad de turba (cm)	> 200	12.0	32	0.0
	Materia orgánica (%)	> 75	6.5	72.95	3.5
	Captura de carbono	> 385	6.5	767.08	6.5
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	< 0.2	1.8	<0.500	0.8
	Signos de erosión (cualitativo)	A	1.6	B	1.0
<b>Condición de la biota 18%</b>	Cobertura vegetal viva (%)	100	0.9	67.25	0.0
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	> 10	0.8	8	0.5
	Especies nativas (%)	> 80	5.0	100	5.0
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	> 1000	2.7	14012.5	2.7
	Calidad de pasto	Excelente	4.3	Pobre	1.2
	Capacidad de carga	1.0	4.3	0.38	1.2
<b>Alteraciones en el paisaje 7.2%</b>	Presencia de factores de degradación	A	3.6	B	2.4
	Conectividad hidrológica del bofedal	A	3.6	B	2.4
<b>Total</b>		-----	100	-----	40.3
<b>Escala 1- 10</b>		-----	10	-----	4.03
<b>Estado del ecosistema (valor ecológico)</b>		-----	Muy bueno	-----	Pobre

### 2.6.3. *Cálculo de las unidades de compensación (UC)*

Con respecto al área afectada, que abarca 2.99 hectáreas y tiene un valor ecológico de 5.10 antes del impacto, al asumir un valor ecológico post-impacto de 0 (indicando una pérdida neta de biodiversidad), se calcula una disminución total del valor ecológico de 15.25 hectáreas.

$$(VET_{\text{antes del impacto}} - VET_{\text{después del impacto}}) * UC_{\text{área impactada}}$$

$$VET (5.10) * 2.99 = 15.25$$

Por otro lado, el sitio designado para la compensación presenta un valor ecológico de 4.03, que consideramos como el valor ecológico previo a la implementación de las medidas. Asimismo, asumimos que el valor ecológico después de la aplicación de las medidas equivale al valor ecológico del área que se verá afectada, siendo este 5.10. En consecuencia, se registra un incremento total de 1.07 en el valor ecológico.

$$(\Delta\text{Valor ecológico total perdido}) * UC_{\text{área impactada}} = (\Delta\text{Valor ecológico total ganado}) * UC_{\text{área a compensar}}$$

$$\Delta VET_{\text{perdido}} (5.10) * 2.99 = \Delta VET_{\text{ganado}} (1.07) * UC_{\text{área a compensar}}$$

$$15.25 = \Delta VET_{\text{ganado}} (1.07) * UC_{\text{área a compensar}}$$

$$UC_{\text{área a compensar}} = \frac{15.25}{1.07}$$

$$UC_{\text{área a compensar}} = 14.25$$

Finalmente, en base a la metodología presentada en las diversas guías, se logra calcular que el área a compensar presentara una extensión de 14.25 hectáreas.

### 2.6.4. *Medidas para la restauración y/o conservación*

#### 2.6.4.1. *Actividades de restauración*

La compensación del humedal altoandino implica trasplantar vegetación de crecimiento lento a nuevos sitios para su desarrollo y seleccionar áreas deterioradas de humedales altoandinos con potencial de restauración y expansión. Se propone llevar a cabo actividades

que incluyen la selección, rescate, traslado y reubicación de la vegetación considerada clave al lugar de compensación. A continuación, se detallan los pasos a seguir:

#### ***A. Selección de especies clave para rescate y trasplante a la zona a compensar***

Es esencial utilizar la vegetación y la turba que se puedan recuperar del humedal altoandino destinado a ser desbrozado, trasladándolas a la zona de compensación e implantándolas de manera que se fomente la conectividad entre las comunidades clave. Este proceso también posibilitará la restauración de la cobertura vegetal y la composición florística del humedal altoandino que se va a rehabilitar. La vegetación de interés para el traslado no está concentrada en una zona específica, sino que se encuentra distribuida en pequeños parches dentro de la vegetación de menor relevancia. Los criterios de selección para las especies clave en los humedales altoandinos son los siguientes: a) Exhibir una elevada capacidad para la formación de turba, b) Mostrar un crecimiento almohadillado, c) Contribuir a la estructura física de soporte en la vegetación, d) Servir como hábitat para otras especies vegetales asociadas, e) Tener importancia forrajera para la fauna silvestre y doméstica, f) Participar en procesos y servicios ecosistémicos, g) Presentar dificultad de implantación y un crecimiento lento (indicativo de fragilidad).

Adicionalmente, se tiene en cuenta la importancia del estatus de conservación y la situación de endemismo.

#### ***B. Preparación del terreno en el área a compensar***

La preparación del suelo implica replicar, en la medida de lo posible, de las características físicas, químicas y biológicas de los hábitats en las áreas que se verán afectadas. Esto se realiza con el objetivo de garantizar que la vegetación trasladada desde dichas áreas no experimente estrés y pueda adaptarse y desarrollarse de manera exitosa. Este proceso abarca dos aspectos clave: el abastecimiento de agua y la preparación del terreno. Los detalles sobre la actividad a realizar en cada uno se presentan a continuación.

### ***C. Provisión de agua***

La vegetación que será desplazada requiere un sistema constante de suministro de agua; en este contexto, el área destinada a los trabajos de restauración cuenta con una cantidad adecuada y constante de agua para inundarla (suelo hidromórfico).

### ***D. Extracción de suelo***

La labor de extraer suelo en la zona de compensación implica excavar zonas circundantes para instalar áreas con vegetación rescatada de las áreas que se verán afectadas. Estas excavaciones se centrarán principalmente en la capa superficial del suelo. La extracción del suelo removido debe llevarse a cabo al menos un mes antes del inicio de la temporada de lluvias (noviembre a marzo) para evitar complicaciones con la formación de lodo. La manipulación de tierra será realizada manualmente y busca cumplir varios objetivos: nivelar pequeñas elevaciones en el terreno, promover el flujo lento del agua sin llegar a la acumulación y revelar cualquier estrato arcilloso hidrofóbico, en caso de existir. La capa superior del suelo que se retire se usará para cubrir áreas de suelo mineral expuesto en el bofedal, y cualquier excedente se depositará en una reserva de capa superior del suelo.

### ***E. Procedimientos de traslado para especies clave***

La colonización predominante de la mayoría de las especies clave presentes en los humedales altoandinos se caracteriza por la formación de almohadillas rígidas y compactas. Los rizomas se extienden bajo la superficie y emiten tallos secundarios que se ramifican repetidamente y crecen en sentido longitudinal. A medida que la parte inferior muere, la parte exterior expuesta continúa su crecimiento, dando lugar a la formación de turba de considerables dimensiones. Estas colonias tridimensionales firmes son predominantes en bofedales bien conservados y también sirven como hábitat para otras especies de plantas y animales asociados.

El proceso de traslado de esta vegetación clave se divide en tres etapas: extracción, traslado y siembra. Debido a la estructura firme y arraigo en el suelo de las colonias

almohadilladas, su extracción es complicada. Por ende, el método más efectivo implica separarlas en bloques o "champas" mediante cortes precisos con herramientas afiladas y resistentes. Se recomienda el uso de palas de cuchara recta para el corte y barras de palanca durante la extracción. Las medidas para el corte de las "champas" son de al menos cincuenta centímetros por lado y treinta centímetros de profundidad. Esta dimensión se elige para evitar daños significativos a las plantas debido a un área de corte más extensa, lo que disminuiría la probabilidad de éxito en la implantación. Sin embargo, dimensiones más pequeñas facilitarían la maniobrabilidad, se considera que el equilibrio entre tamaño y éxito es crucial. La mayor profundidad de las "champas" también aumenta la probabilidad de éxito, ya que conlleva un mayor número de pelos radiculares y raíces, así como una mayor cantidad de sustrato propio donde las plantas ya están establecidas. El peso también influye en las dimensiones propuestas, ya que "champas" de estas dimensiones pueden ser transportadas manualmente por una persona en distancias cortas, mientras que medidas mayores afectarían la maniobrabilidad.

El traslado de la vegetación extraída se llevará a cabo inicialmente de forma manual mediante el uso de carretillas, y posteriormente mediante vehículos. El transporte manual implica que el personal transporte la vegetación desde los lugares de extracción en las zonas afectadas hasta el vehículo de carga, que debe estar ubicado en una vía de acceso transitable, y viceversa desde el vehículo de carga hasta el sitio de revegetación en el área de compensación.

#### ***F. Distribución espacial de la vegetación trasladada***

El propósito del diseño espacial para la revegetación consiste en establecer un sistema que proporcione a las "champas" de vegetación plantadas las condiciones óptimas para su arraigo y desarrollo. La distribución de estas "champas" debe garantizar que cada una reciba la cantidad adecuada de agua y nutrientes, así como la oportunidad de crecer tanto vertical como horizontalmente.

Dada la configuración de la zona a compensar, se sugiere la plantación en una única fila de "champas". Esta fila puede presentar discontinuidades con espacios entre cada tres o cinco "champas". Esta disposición asegura una irrigación constante por gravedad hacia la vegetación implantada, minimiza la probabilidad de erosión y permite que las "champas" expandan su crecimiento en todas las direcciones.

No se busca que las hileras de "champas" implantadas conformen la vista definitiva del bofedal restaurado. La intención al introducirlas es que sirvan como la vegetación permanente inicial que iniciará el proceso de colonización en toda la zona de compensación. A medida que mejoren las condiciones, la vegetación permanente clave de las "champas" reemplazará a la vegetación característica de bofedales disturbados, lo que resultará en un aumento del valor ecológico del bofedal.

#### ***2.6.4.2. Actividades de conservación***

Estas acciones engloban la prevención y preservación de la diversidad biológica y la funcionalidad del ecosistema ante posibles amenazas, lo que motiva la sugerencia de conservar el área compensada, ya que esta no se verá afectada por la incorporación de nuevos elementos. A través de las medidas de conservación y la ejecución de actividades de monitoreo, se evaluará la efectividad de la compensación mediante el uso de indicadores.

Es importante destacar que las labores de conservación inicialmente se llevarán a cabo en la zona del humedal, mientras que en una etapa posterior se extenderán a las áreas de restauración (pastizales), abarcando un total de 15.25 hectáreas. A continuación, se detallan las medidas de conservación diseñadas para alcanzar los objetivos establecidos en la compensación.

##### ***A. Señalización del área a compensar***

Instaurar señales visibles que denoten la existencia del área designada para la compensación, estas deben incluir su extensión y el nombre de la compañía encargada de llevar

a cabo la compensación. Además, es necesario colocar letreros que comuniquen de manera clara y simple que el área a compensar posee un estatus de protección, haciendo énfasis en la prohibición de extraer flora y cazar fauna.

***B. Capacitación a trabajadores sobre la protección y conservación de especies de flora y fauna***

Se capacitará a los trabajadores sobre temas de protección y conservación de especies de flora y fauna, siendo que las actividades de extracción, caza, manipulación, comercialización o recolección quedarían prohibidas.

***C. Salvamento y reubicación de especies de flora sensible***

Se realizará la salvación de especímenes de flora endémicas y protegidas que se ubiquen en la región afectada. Los individuos de flora rescatados serán trasladados y replantados directamente en el área designada para la compensación. Las áreas de rescate deben presentar condiciones similares a las originales en cuanto a tipo de vegetación, sustrato (suelo), pendiente y exposición al sol. No obstante, en caso de que existan especies con características distintas a las propias de zonas húmedas, se procederá a trasladarlas a componentes que estén en fase de cierre progresivo y/o final.

Los ejemplares recolectados serán ubicados en las zonas predeterminadas, y se distribuirán en una cantidad de cuatro individuos por metro cuadrado, colocándose en surcos, con una separación de 0.50 metros entre cada planta.

***D. Salvamento y reubicación de especies de fauna poca movilidad***

El ecosistema que se verá afectado se encuentra en proceso de restauración, lo que hace improbable la presencia de fauna con movilidad reducida. En caso de hallar este tipo de fauna, se llevará a cabo su rescate y reubicación. No obstante, si se encuentran especies que difieren en características propias de zonas húmedas, serán trasladadas a áreas que compartan esas mismas características.

En esta situación, será necesario registrar las condiciones del microhábitat donde se capture a cada uno de los ejemplares de fauna más pequeña durante el rescate, con el objetivo de reubicarlos en condiciones similares disponibles en el área destinada para la compensación. Antes del traslado definitivo de las especies rescatadas, se llevará a cabo una evaluación del estado de salud de los individuos, sometiéndolos a un período de observación de uno a tres días como máximo. Posteriormente, serán liberados en microhábitats similares a aquellos donde fueron encontrados.

#### ***2.6.4.3. Actividades de monitoreo***

Con la finalidad de llevar un control en el progreso de la restauración y la conservación del área a ser compensada se llevará a cabo un programa de monitoreo. El plan de monitoreo se basará en los indicadores establecidos en la “Guía de evaluación del ecosistema de bofedal” y en los indicadores que se han considerado para este análisis, así también, se centrará en evaluar la eficacia de las acciones de conservación y restauración. El objetivo es alcanzar un puntaje de 6.43, lo que señala que el valor ecológico del área destinada para la compensación será calificado como satisfactorio.

#### ***2.6.5. Proyección del valor del área a compensar después de la aplicación del plan de compensación ambiental***

La estimación del estado de compensación se fundamenta en las acciones de conservación y restauración, que incluyen el trasplante de especies originarias del área afectada, la señalización de la zona a compensar, la capacitación del personal en la protección y preservación de especies de flora y fauna, así como el rescate y la reubicación de especies vegetales sensibles y fauna de movilidad reducida. Esto se alinea con las actividades de restauración en áreas sin vegetación; se anticipa que estas acciones tendrán un impacto positivo en los indicadores evaluados al fomentar el aumento de biodiversidad, mejorar la conectividad hidrológica y brindar protección contra la erosión, entre otros aspectos.

### 2.6.5.1. Resultados esperados medibles respecto de la estimación de la pérdida neta cero de biodiversidad y de la funcionalidad del ecosistema

En la Tabla 17, se presenta la proyección del estado y el valor ecológico que se espera lograr en el área de compensación después de implementar las medidas de conservación y restauración delineadas en el presente plan de compensación. De la proyección se obtiene que el valor obtenido sería de 6.30, el cual indica que el valor ecológico de la zona a compensar será considerado como bueno.

**Tabla 17**

*Cálculo proyectado del valor ecológico del área a compensar*

Atributos del ecosistema	Indicadores	Valores de referencia (VR)		Unidad Muestral	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
<b>Condición del agua</b> 46.4%	Napa freática (cm)	< 5	23.0	65	0
	Temperatura	Cumple con el ECA	12.8	11.0	12.8
	Oxígeno disuelto	Cumple con el ECA	5.8	5.50	5.8
	pH	Cumple con el ECA	2.0	6.50	2.0
	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Cumple con el ECA	2.8	100.0	2.8
<b>Condición del suelo</b> 28.4%	Profundidad de turba (cm)	> 200	12.0	45	3.0
	Materia orgánica (%)	> 75	6.5	77	6.5
	Captura de carbono	> 385	6.5	825.00	6.5
	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	< 0.2	1.8	<0.2	1.8
	Signos de erosión (cualitativo)	A	1.6	A	1.6
<b>Condición de la biota</b> 18%	Cobertura vegetal viva (%)	100	0.9	92	0.5
	Riqueza de especies (n° de especies/área)	> 10	0.8	12	0.8
	Especies nativas (%)	> 80	5.0	100	5.0

Atributos del ecosistema	Indicadores	Valores de referencia (VR)		Unidad Muestral	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	> 1000	2.7	>1000	2.7
	Calidad de pasto	Excelente	4.3	Buena	2.0
	Capacidad de carga	1.0	4.3	0.75	2.0
Alteraciones en el paisaje 7.2%	Presencia de factores de degradación	A	3.6	A	3.6
	Conectividad hidrológica del bofedal	A	3.6	A	3.6
<b>Total</b>		-----	100	-----	63.0
<b>Escala 1- 10</b>		-----	10	-----	6.30
<b>Estado del ecosistema (valor ecológico)</b>		-----	Muy bueno	-----	Bueno

## 2.7. Limitaciones

Considero que la principal limitación en la realización de los planes de compensación ambiental es la falta de información y metodologías para cuantificar eventos de origen antropogénicos y naturales. Aunque la legislación ambiental peruana respalda la valoración del valor ecológico de los humedales altoandinos como método en los estudios de impacto ambiental, esta valoración tiende a ser predominantemente cualitativa. Aun así, se ha incorporado atributos e indicadores de naturaleza cuantitativa, la evaluación de las condiciones de la calidad del agua y del suelo se fundamenta en la recopilación de los mejores valores referenciales de diversos humedales altoandinos, dando lugar a la conceptualización de un humedal altoandino idealizado en un entorno también idealizado. En el caso de la valoración de la biota, se pasa por alto la comprensión de la estructura, funcionamiento y servicios de un ecosistema, así como la importancia de especies clave, centrándose en la búsqueda de valores elevados en cualquier indicador.

### **III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA**

La autora desde su incorporación en la empresa ha desempeñado un papel integral en diversos proyectos ambientales, destacándome especialmente en la actualización de la Línea Base, el procesamiento de datos y la elaboración de secciones clave. Mi labor ha abarcado aspectos críticos como la Identificación, Caracterización y Evaluación de Impactos Existentes, así como la formulación de Estrategias de Manejo Ambiental.

En el marco de mis responsabilidades, he contribuido significativamente en la creación del Informe de Avance del Plan de Compensación Ambiental para la Unidad Minera La Zanja. Mi participación se tradujo en la actualización precisa de la Línea Base, asegurando que la información presentada reflejara con exactitud la realidad ambiental de la unidad.

Un hito destacado de mi contribución se centra en la elaboración del plan de compensación ambiental de una compañía minera la de la cual he elaborado el presente informe. Aquí, desempeñé un papel clave en la valoración de los impactos no evitables, identificando la necesidad imperante de llevar a cabo el plan de compensación. Mi aporte incluyó la elaboración de la matriz de jerarquía de la mitigación, estructurando las medidas de manera estratégica dentro de la jerarquía para optimizar su efectividad.

Participé activamente en el análisis para ponderar la valoración de los atributos e indicadores, buscando el equilibrio necesario para la toma de decisiones informadas. Además, contribuí a la valoración y cálculo del valor ecológico, aportando perspectivas fundamentales para la evaluación integral de los impactos ambientales. En el proceso de definir el área a compensar, calculé con precisión el área total que requería atención, asegurando que nuestras acciones tuvieran el alcance necesario para abordar de manera efectiva los desafíos ambientales identificados. Finalmente, aporté al planteamiento de medidas de restauración y conservación, guiando la empresa hacia prácticas sostenibles que promueven la preservación del entorno.

#### IV. CONCLUSIONES

El desarrollo de un plan de compensación ambiental ha resultado fundamental para abordar los impactos derivados de la expansión de componentes mineros en las zonas afectadas. El objetivo general de alcanzar la pérdida neta cero de biodiversidad y funcionalidad ecológica se ha abordado de manera integral, guiando la formulación de estrategias específicas orientadas a la mitigación y restauración de los impactos ambientales identificados.

Los resultados obtenidos revelan claramente los impactos ambientales que motivaron la necesidad de elaborar el plan de compensación, destacando la pérdida de cobertura vegetal y la afectación del frágil humedal altoandino. La evaluación del área afectada, que abarca 2.99 hectáreas, subraya la importancia de intervenir, considerando un valor ecológico inicial de 5.10 y una disminución total del valor ecológico de 15.25 hectáreas post impacto. La planificación de la compensación, centrada en un área de 14.25 hectáreas con un valor ecológico proyectado de 6.30, demuestra un enfoque robusto hacia la restauración y conservación.

Las actividades de restauración y conservación propuestas en el plan ofrecen una guía clara para la implementación efectiva. Desde la selección de especies clave hasta la señalización del área a compensar y el diseño espacial de la vegetación trasladada, se han delineado acciones concretas para revertir y prevenir los impactos identificados. La inclusión de un programa de monitoreo, basado en indicadores específicos, refuerza el compromiso con la evaluación continua y la eficacia de las medidas propuestas.

Finalmente podemos concluir que existen limitaciones inherentes al proceso de valoración, especialmente la falta de información y metodologías cuantitativas. Aunque la legislación respalda la valoración del valor ecológico, la tendencia a evaluaciones predominantemente cualitativas presenta desafíos.

## V. RECOMENDACIONES

Se recomienda investigar y desarrollar metodologías específicas para cuantificar tanto eventos naturales como antropogénicos. Esto podría implicar la colaboración con expertos en estadísticas, ecología y ciencias ambientales para establecer protocolos de medición y análisis cuantitativo que permitan una evaluación más precisa de los impactos ambientales.

Considerando la legislación ambiental que respalda la valoración del valor ecológico de los humedales altoandinos, se sugiere buscar métodos más precisos y cuantitativos para evaluar este valor. Esto podría incluir la implementación de tecnologías avanzadas, como el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG), para recopilar datos objetivos sobre la biodiversidad, la calidad del agua y otros indicadores clave.

Abogar por un enfoque más integral en la valoración de la biota, centrándose no solo en la búsqueda de valores elevados en indicadores específicos, sino también en comprender la estructura, funcionamiento y servicios del ecosistema. Esto implica considerar la importancia de especies clave y evaluar cómo contribuyen al equilibrio y la salud general del ecosistema.

Reconociendo la conceptualización idealizada de un humedal altoandino, se sugiere incorporar datos contextuales y situacionales específicos de cada ubicación. Esto puede incluir la recopilación de datos locales para crear perfiles más realistas de los humedales, teniendo en cuenta las variaciones geográficas y climáticas.

Fomentar la capacitación continua del personal involucrado en la elaboración de planes de compensación ambiental. Esto no solo se refiere a la adquisición de habilidades técnicas para la recopilación y análisis de datos, sino también a la concienciación sobre la importancia de una valoración ambiental precisa y cuantitativa. Así también, promover la colaboración entre expertos en diferentes disciplinas, incluyendo ecología, hidrología, geografía y sociología. La interdisciplinariedad puede enriquecer el proceso de planificación y compensación ambiental al considerar una variedad de perspectivas y conocimientos.

## VI. REFERENCIAS

- Sarmiento, M., Buitrago, L., Cardona, W., Sarmiento, A. M., Forero, G., Ríos, C., & Victurine, R. (2015). Orientaciones para el diseño e implementación efectiva de planes de compensación ambiental en la Amazonía Andina de Colombia, Ecuador y Perú. Santiago de Cali: Wildlife Conservation Society [WCS] Colombia.
- Bonilla, F., Monrós, J. S., & Sasa, M. (2022). Bases conceptuales para la compensación ambiental bajo el enfoque ecológico. *Biología Tropical*, 70(S1), e52281-e52281.
- Becerra, E. (2020). Compensación ambiental de los impactos previstos por la expansión de la Unidad Minera Animón (Pasco-Perú). [Trabajo de final de Master, Universidad de Alcalá]. Biblioteca Digital Universidad de Alcalá. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/46027>
- Ministerio del Ambiente (2019). Guía para Evaluación del Ecosistema de Bofedal. [Guía].
- Resolución Ministerial N°398-2014-MINAM, Lineamientos para la Compensación Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. (2 de diciembre de 2014). Ministerio del Ambiente.
- Resolución Ministerial N°066-2016-MINAM, Guía General para el Plan de Compensación Ambiental [Guía]. (11 de marzo de 2016). Ministerio del Ambiente.
- Resolución Ministerial N°183-2016-MINAM (2016) Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Alto andinos [Guía]. (19 de julio de 2016). Ministerio del Ambiente.
- Pauca-Tanco, A., Ramos-Mamani, C., Luque-Fernández, C. R., Talavera-Delgado, C., Villasante-Benavides, J. F., Quispe-Turpo, J. P., & Villegas-Paredes, L. (2020). Análisis espacio temporal y climático del humedal altoandino de Chalhuanca (Perú) durante el periodo 1986-2016. *Revista De Teledetección*, (55), 105-118. <https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/13325/12779>

- Ramsar, C. (2008). Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos. Quito, Ecuador: Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN, TNC-Chile.  
[https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/cop9/cop9\\_doc26\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/cop9/cop9_doc26_s.pdf)
- Sarandón, S. (2020). Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Díaz, C. (2014). Enfoques teóricos y metodológicos de las compensaciones ambientales en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional de Colombia  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52252>
- Gómez, D. (2013). Evaluación de impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1

#### *Evaluación del Peso de ponderación de los Atributos e Indicadores*

- Ponderación Atributos

Atributos del ecosistema	Condición del agua	Condición del suelo	Condición de la biota	Alteraciones en el paisaje	Total	Peso (%)
Condición del agua	1	3	3	5	12.00	46.4
Condición del suelo	0.33	1	3	3	7.33	28.4
Condición de la biota	0.33	0.33	1	3	4.67	18.0
Alteraciones en el paisaje	0.20	0.33	0.33	1	1.87	7.2
<b>Total</b>					<b>25.87</b>	<b>100.00</b>

- Ponderación Indicadores – Condición del Agua

Condición del agua (46.4%)	Napa freática en época seca (cm)	Temperatura	Oxígeno disuelto	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Total	%	Peso relativo
Napa freática en época seca (cm)	1	7	7	7	7	29	50	23.0
Temperatura	0.14	1	5	5	5	16	28	12.8
Oxígeno disuelto	0.14	0.20	1	5	1	7	13	5.8
pH	0.14	0.20	0.20	1	1	3	4	2.0
Conductividad eléctrica (uS/cm)	0.14	0.20	1.00	1.00	1	3	6	2.7
<b>Total</b>						<b>58</b>	<b>100</b>	<b>46.4</b>

- Ponderación Indicadores – Condición del Suelo

Condición del suelo (28.4%)	Profundidad de turba (cm)	Materia orgánica (%)	Captura de carbono	Densidad aparente (g/cm3)	Signos de erosión (cualitativo)	Total	%	Peso relativo
Profundidad de turba (cm)	1	3	3	5	7	19.0	42.2	12.0
Materia orgánica (%)	0.33	1	1	3	5	10.3	22.9	6.5
Captura de carbono	0.33	1	1	3	5	10.3	22.9	6.5
Densidad aparente (g/cm3)	0.20	0.33	0.33	1	1	2.9	6.4	1.8
Signos de erosión (cualitativo)	0.14	0.20	0.20	1	1	2.5	5.6	1.6
<b>Total</b>						<b>45.1</b>	<b>100</b>	<b>28.4</b>

- Ponderación Indicadores – Condición de la biota

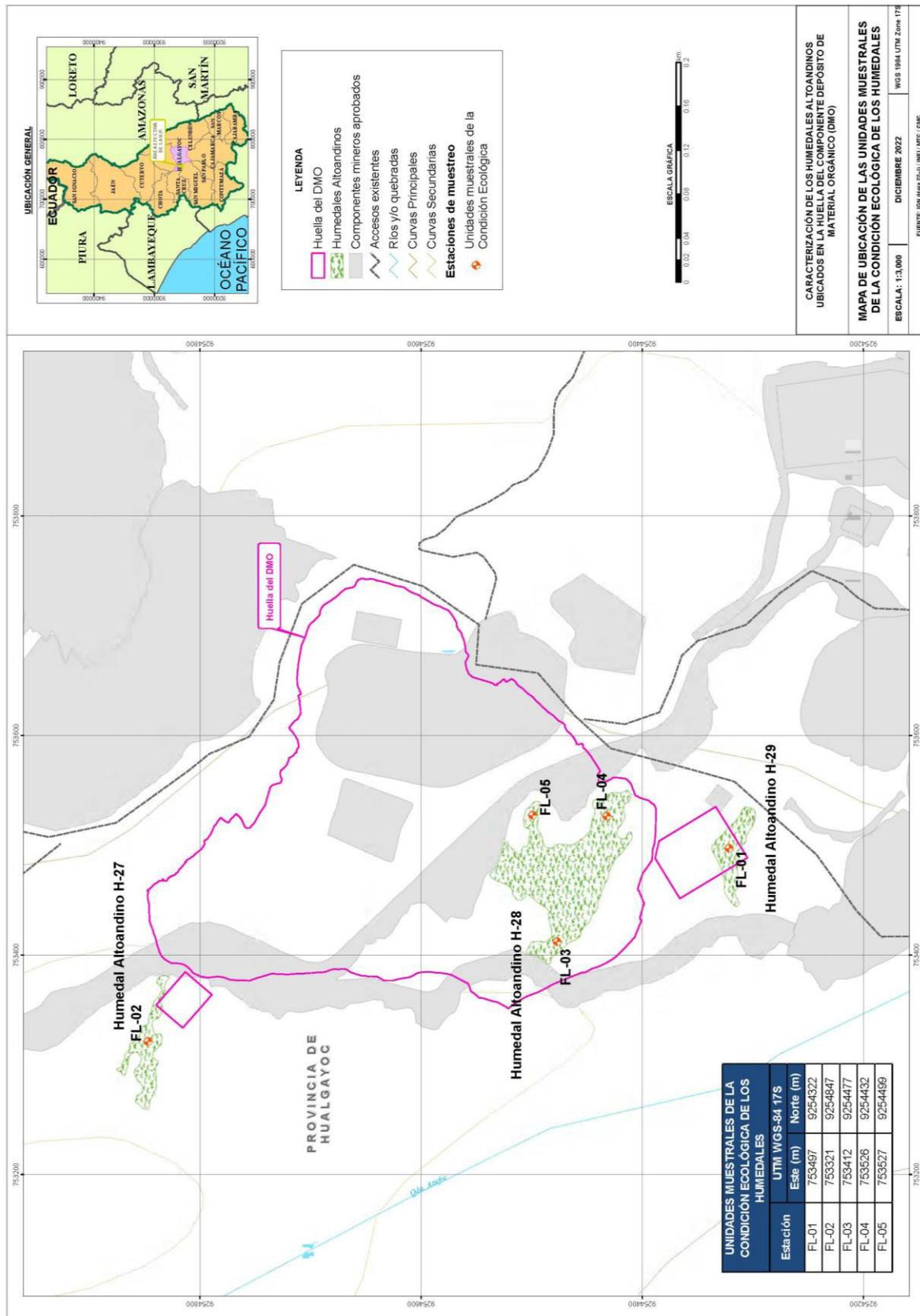
Condición de la biota (18%)	Cobertura vegetal viva (%)	Riqueza de especies (n° de especies/área)	Especies nativas (%)	Biomasa aérea (Kg MS/ha)	Calidad de pasto	Capacidad de carga	Total	%	Peso relativo
Cobertura vegetal viva (%)	1	1.00	0.20	0.33	0.33	0.33	3.2	5.0	0.9
Riqueza de especies (n° de especies/área)	1	1	0.33	0.20	0.20	0.20	2.9	4.5	0.8
Especies nativas (%)	5	3	1	3.00	3.00	3.00	18.0	27.9	5.0
Biomasa aérea (Kg MS/ha)	3	5	0.33	1	0.20	0.20	9.7	15.1	2.7
Calidad de pasto	3	5	0.33	5.00	1	1	15.3	23.8	4.3
Capacidad de carga	3	5	0.33	5.00	1	1	15.3	23.8	4.3
<b>Total</b>							<b>64.5</b>	<b>100.0</b>	<b>18.0</b>

- Ponderación Indicadores – Alteraciones en el paisaje

Alteraciones en el paisaje (7.2%)	Presencia de factores de degradación (cualitativo)	Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	Total	%	Peso relativo
Presencia de factores de degradación (cualitativo)	1	1	2	50	3.6
Conectividad hidrológica del bofedal (cualitativo)	1	1	2	50	3.6
<b>Total</b>			<b>4</b>	<b>100</b>	<b>7.2</b>

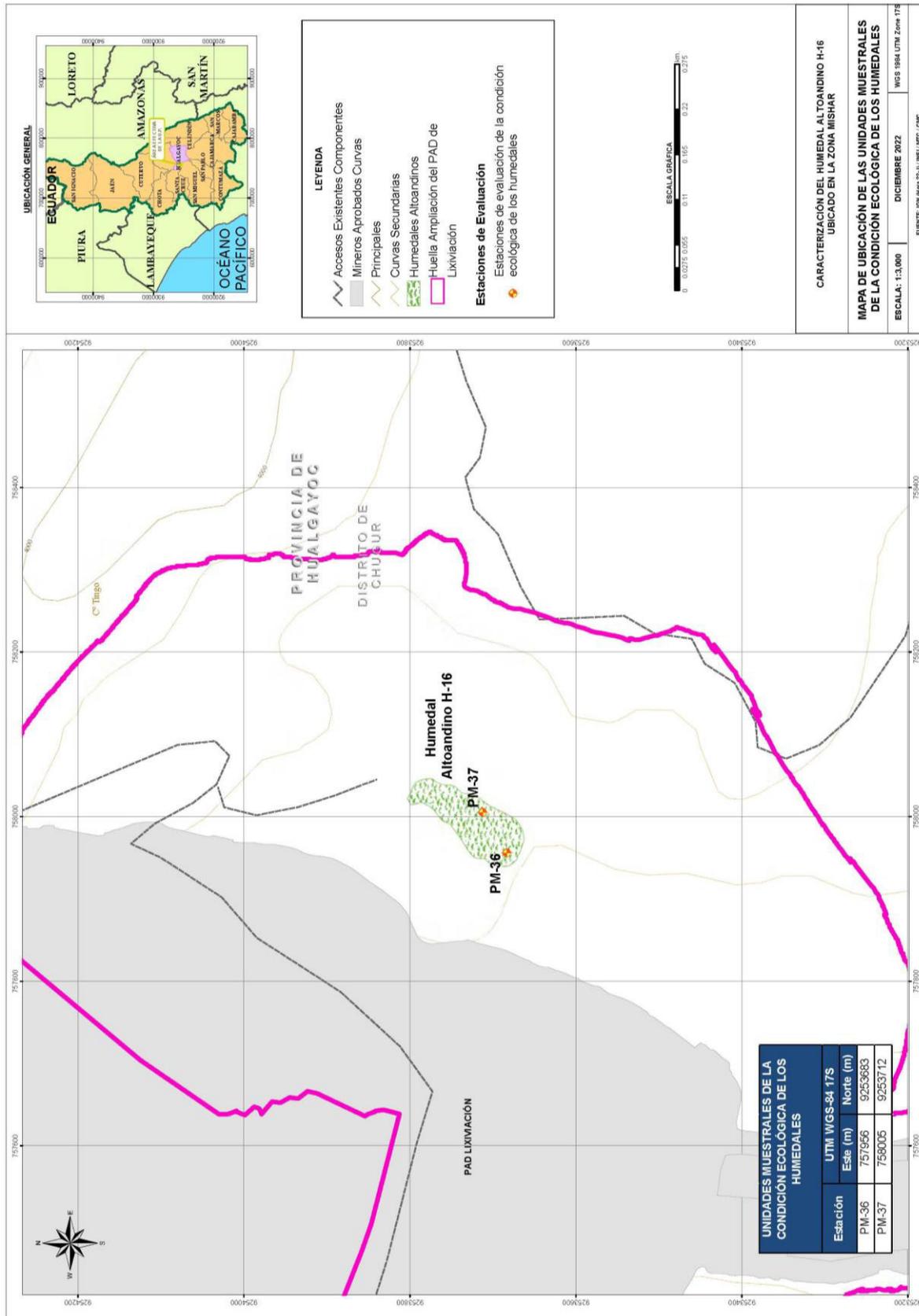
Anexo 2

Mapa de ubicación de las unidades muestrales de la condición ecológica de los humedales afectados por el DMO



Anexo 3

Mapa de ubicación de las unidades muestrales de la condición ecológica de los humedales afectados por la Ampliación del PAD de Lixiviación



Anexo 4

Mapa de ubicación de las unidades muestrales de la condición ecológica del humedal a compensar

