

“Modelo de gestión ambiental para proyectos de mediana minería”

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, línea de investigación energía y medioambiente.

Por:

Pablo Quiero Jaque

Tutor:

Profesor: PhD. Raúl O’Ryan

Diciembre de 2025

Resumen

El presente trabajo desarrolla y valida un modelo de gestión ambiental para proyectos de mediana minería, diseñado para mejorar su desempeño en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). La tesis surge como respuesta a la baja efectividad histórica de este segmento (42,02%), frente al 82,42% observado en la gran minería, según los datos del SEIA analizados para el período 2015–2024.

El modelo integra una matriz de decisión basada en veinte criterios esenciales del artículo 11 de la Ley 19.300 (Bases Generales del Medio Ambiente), el Índice de Significancia Ambiental (ISA) y el Índice de Completitud del Modelo (ICM). Su aplicación a un caso de estudio permite verificar que el proyecto no incurre en impactos significativos, y que corresponde ingresar al SEIA mediante Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

El modelo de gestión para un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) incorpora ocho columnas, en las cuales se plasman los contenidos y elementos establecidos en la Ley 19.300 y el Decreto Supremo 40 (D.S. 40). Para el caso del modelo EIA se incluye obligatoriamente la columna asociada a las exigencias de compensación. En cambio, el modelo DIA se organiza en siete columnas, ya que solo requiere medidas proporcionales y verificables para impactos no significativos, sin la obligación de compensación.

Ambos modelos abordan secuencialmente la descripción del proyecto, el marco normativo, la línea base, la predicción de impactos, las medidas ambientales, el plan de monitoreo y la participación ciudadana. El número de columnas de ambos modelos deriva de los contenidos mínimos exigidos por el SEIA.

En el caso de estudio, el $ISA = 0$ confirma la ausencia de impactos significativos, clasificando al proyecto como una DIA. A su vez, el $ICM = 100\%$ evidencia el cumplimiento total de los elementos requeridos, favoreciendo su admisibilidad en el SEIA. Estos resultados validan la hipótesis del estudio, y están respaldados por la existencia de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N.º 20230500167, asociada al proyecto.

Abstract

The present work develops and validates an environmental management model for medium-scale mining projects, designed to improve their performance in the Environmental Impact Assessment System (SEIA). The thesis arises as a response to the historically low effectiveness of this segment (42.02%), compared to the 82.42% observed in large-scale mining, according to SEIA data analyzed for the 2015–2024 period.

The model integrates a decision matrix based on twenty essential criteria from Article 11 of Law 19,300 (General Environmental Framework Law), the Environmental Significance Index (ISA), and the Model Completeness Index (ICM). Its application to the case study allows verifying that the project does not generate significant impacts and that it should be submitted to the SEIA through an Environmental Impact Declaration (DIA).

The management model for an Environmental Impact Study (EIA) incorporates eight columns, which reflect the contents and elements established in Law 19,300 and Supreme Decree 40 (D.S. 40). For the EIA model, the column associated with compensation requirements is mandatorily included. In contrast, the DIA model is structured into seven columns, as it only requires proportional and verifiable measures for non-significant impacts, without mandatory compensation.

Both models sequentially address the project description, regulatory framework, baseline, impact prediction, environmental measures, monitoring plan, and public participation. The number of columns in both models is derived from the minimum content required by the SEIA.

In the case study, an ISA value of 0 confirms the absence of significant impacts, classifying the project as a DIA. Likewise, an ICM score of 100% demonstrates full compliance with the required elements, supporting its admissibility within the SEIA. These results validate the study's hypothesis and are supported by the issuance of Environmental Qualification Resolution (RCA) No. 20230500167 associated with the project.

Contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Antecedentes generales respecto de proyectos de mediana minería.....	2
1.2.	Problemática en la presentación de los proyectos actuales.....	5
2.	Estado del arte de los modelos de gestión ambiental aplicables a la mediana minería..	6
2.1.	Normativa ambiental en Chile.....	6
2.2.	Comunidades y conflictos ambientales.....	9
2.3.	Gestión ambiental para la sostenibilidad en mediana minería.....	11
2.4.	Modelos de gestión ambiental: definición y tipologías	13
2.4.1.	Definición operativa de “modelo de gestión ambiental”	13
2.4.2.	Elementos comunes de los modelos de gestión ambiental	14
2.4.3.	Tipologías de modelos de gestión ambiental relevantes para la minería.....	15
2.5.	Modelos de gestión ambiental internacionales	17
2.6.	Brechas de los modelos de gestión ambiental para su aplicación a la mediana minería .	19
3.	Hipótesis y objetivos	21
3.1.	Hipótesis	21
3.2.	Objetivos.....	21
3.2.1.	Objetivo general.....	21
3.2.2.	Objetivos específicos	21
4.	Metodología.....	22
4.1.	Diseño general de la investigación	22
4.2.	Fase I: Levantamiento normativo y criterios técnicos	23
4.3.	Fase II: Construcción de la matriz de decisión	24
4.4.	Fase III: Construcción del modelo de gestión ambiental.....	27
4.5.	Fase IV: Diseño de la aplicación al caso de estudio	29
5.	Resultados: Modelo de gestión ambiental para proyectos de mediana minería.....	31
5.1.	Resultados de la Fase II: matriz de decisión.....	32
5.1.1.	Matriz de decisión de 20 filas	32
5.1.2.	Estructura definitiva de la matriz de decisión.....	34
5.2.	Resultados de la Fase III: modelo de gestión ambiental.....	37
5.2.1.	Modelo de gestión ambiental EIA de 8 columnas y modelo de gestión ambiental DIA de 7 columnas	37

5.2.2.	Descripción de los bloques del modelo de gestión ambiental EIA.....	39
5.2.3.	Descripción de los bloques del modelo de gestión ambiental DIA	41
6.	Caso de estudio: Planta Pullalli	45
6.1.	Descripción del proyecto (caso de estudio)	45
6.1.1.	Objetivo general y fundamentos del proyecto	45
6.1.2.	Localización.....	45
6.1.3.	Características técnicas y fases del proyecto	46
6.2.	Aplicación de la matriz de decisión al caso de estudio.....	47
6.2.1.	Evaluación detallada de los criterios presentes en la matriz de decisión	47
6.2.2.	Cálculo del ISA e instrumento sugerido	52
6.2.3.	Coherencia con el instrumento realmente utilizado	52
6.3.	Aplicación del modelo de gestión ambiental al caso de estudio.....	52
6.3.1.	Evaluación bloque por bloque	52
6.3.2.	Cálculo del ICM.....	53
6.3.3.	Identificación de brechas potenciales	54
6.4.	Contraste con el comportamiento real en el SEIA	54
6.4.1.	Resultado real en el SEIA	54
6.4.2.	Coherencia del ISA con el SEIA	54
6.4.3.	Coherencia del ICM con la admisibilidad y la RCA	55
6.4.4.	Capacidad anticipatoria del modelo.....	55
7.	Conclusiones.....	56
8.	Recomendaciones	58
9.	Bibliografía.....	59
	Anexos.....	61
10.	Anexo 1: Formulación y definición del modelo de Gestión Ambiental.....	62
10.1.	Descripción del proyecto	62
10.1.1.	Objetivos y justificación.....	62
10.1.2.	Localización	62
10.1.3.	Características técnicas.....	62
10.1.3.1.	Fase de construcción	63
10.1.3.2.	Fase de operación.....	65
10.1.3.3.	Fase de cierre	67
10.1.4.	Definición del marco normativo.....	69

10.2.	Definición del instrumento de gestión ambiental a emplear (DIA y EIA)	70
10.3.	Definición de la línea base del instrumento de gestión ambiental (EIA o DIA).....	73
10.3.1.	Propósitos de la Línea Base:.....	73
10.3.2.	Etapas para definir la Línea Base	74
10.3.2.1.	Delimitación del área de estudio	74
10.3.2.2.	Recolección de información previa.....	74
10.3.2.3.	Caracterización del medio ambiente	74
10.3.2.4.	Trabajo de campo.....	75
10.3.2.5.	Análisis de datos y elaboración de la Línea Base	75
10.3.2.6.	Revisión y validación.....	76
10.4.	Identificación del impacto ambiental potencial	76
10.4.1.	Impactos en el aire.....	76
10.4.1.1.	Fuentes de emisión en proyectos mineros.....	76
10.4.1.2.	Modelos de dispersión atmosférica	76
10.4.1.3.	Factores críticos en el modelamiento	77
10.4.1.4.	Normativas y estándares	77
10.4.2.	Impactos en el agua	77
10.4.2.1.	Principales impactos en el agua por proyectos mineros.....	77
10.4.2.2.	Modelos utilizados en Chile.....	78
10.4.2.3.	Regulación y normativa en Chile.....	78
10.4.3.	Impactos en el suelo	78
10.4.3.1.	Impactos principales en el suelo por actividades mineras.....	78
10.4.3.2.	Modelos utilizados en el estudio del suelo.....	79
10.4.3.3.	Factores clave para el modelamiento	79
10.4.3.4.	Normativa y regulaciones en Chile	80
10.4.4.	Impactos en la biodiversidad	80
10.4.4.1.	Impactos principales en la biodiversidad por actividad minera	80
10.4.4.2.	Modelos utilizados para evaluar los impactos en la biodiversidad	81
10.4.4.3.	Factores clave para el modelamiento	82
10.4.4.4.	Regulaciones y normativas en Chile	82
10.4.5.	Impactos sociales y culturales	83
10.4.5.1.	Identificación de impactos sociales y culturales	83
10.4.5.2.	Evaluación de impacto social (EIS)	83

10.4.5.3.	Marco normativo en Chile	83
10.4.6.	Impactos paisajísticos y visuales	84
10.4.6.1.	Impactos paisajísticos y visuales producidos por proyectos mineros	84
10.4.6.2.	Evaluación del impacto visual y paisajístico.....	84
10.4.6.3.	Normativa y regulación.....	85
10.5.	Medidas de mitigación y compensación	85
10.5.1.	Medidas de mitigación para impactos sobre el aire.....	85
10.5.1.1.	Control de emisiones de material particulado (MP).....	85
10.5.1.2.	Control de emisiones (gases)	86
10.5.1.3.	Monitoreo y control de calidad del aire	86
10.5.1.4.	Manejo de residuos y relaves	87
10.5.2.	Medidas de compensación para impactos sobre el aire	87
10.5.2.1.	Proyectos de reforestación y recuperación de ecosistemas reforestación	87
10.5.2.2.	Compensación de emisiones de gases de efecto invernadero	88
10.5.2.3.	Inversiones en infraestructura y transporte limpio	88
10.5.2.4.	Programas de salud y educación ambiental.....	88
10.5.2.5.	Establecimiento de áreas verdes y barreras naturales	88
10.5.3.	Medidas de mitigación para impactos sobre el agua	89
10.5.4.	Medidas de compensación para impactos sobre el agua	90
10.5.5.	Medidas de mitigación para impactos sobre el suelo	91
10.5.6.	Medidas de compensación para impactos sobre el suelo.....	93
10.5.7.	Medidas de mitigación para impactos sobre la biodiversidad.....	94
10.5.8.	Medidas de compensación para impactos sobre la biodiversidad	96
10.5.9.	Medidas de mitigación para impactos sociales y culturales	98
10.5.10.	Medidas de compensación para impactos sociales y culturales	100
10.5.11.	Medidas de mitigación para impactos paisajísticos y visuales	102
10.5.12.	Medidas de compensación para impactos paisajísticos y visuales	103
10.6.	Plan de monitoreo ambiental	105
10.6.1.	Objetivos del plan de monitoreo ambiental.....	105
10.6.2.	Áreas y componentes susceptibles de monitorear	106
10.6.3.	Responsabilidades y asignación de recursos	108
10.6.4.	Registro y análisis de datos	108
10.6.5.	Informes y comunicación	108

10.6.6.	Auditorías y revisión continua.....	109
10.7.	Participación ciudadana	109
10.7.1.	Objetivos de la Participación Ciudadana en proyectos mineros.....	109
10.7.2.	Activación de la Participación Ciudadana.....	110
10.7.3.	Etapas del proceso de Participación Ciudadana	110
10.7.4.	Presentación de observaciones ciudadanas.....	111
10.7.5.	Respuesta a las observaciones ciudadanas	111
10.7.6.	Decisión final del SEA y comunicación a la comunidad	111
10.7.7.	Seguimiento y fiscalización.....	111
10.8.	Incorporación de modelos internacionales que fortalecen el modelo de gestión ambiental 112	
10.8.1.	Modelo Global Reporting Initiative (GRI).....	112
10.8.2.	Modelo ISO 26000	117
11.	Anexo 2: Aplicación del modelo de gestión ambiental (DIA) al caso estudio.....	120
11.1.	Descripción del proyecto	120
11.1.1.	Objetivos y justificación.....	120
11.1.2.	Localización	120
11.1.3.	Características técnicas.....	121
11.1.3.1.	Fase de construcción	121
11.1.3.2.	Fase de operación.....	123
11.1.3.3.	Fase de cierre	124
11.1.4.	Definición del marco normativo.....	125
11.2.	Definición del instrumento de gestión ambiental a emplear (DIA y EIA) análisis para el Proyecto.....	125
11.3.	Definición de la línea base del instrumento de gestión ambiental (EIA o DIA).....	126
11.4.	Identificación del impacto ambiental potencial	130
11.4.1.	Impactos en el aire.....	130
11.4.2.	Impactos en el agua	131
11.4.3.	Impactos en el suelo	132
11.4.4.	Impactos en la biodiversidad	132
11.4.5.	Impactos sociales y culturales	133
11.4.6.	Impactos paisajísticos y visuales	133
11.5.	Medidas de mitigación y compensación	134
11.5.1.	Medidas de mitigación para impactos sobre el aire.....	134

11.5.2.	Medidas de compensación para impactos sobre el aire	134
11.5.3.	Medidas de mitigación para impactos sobre el agua	134
11.5.4.	Medidas de compensación para impactos sobre el agua	135
11.5.5.	Medidas de mitigación para impactos sobre el suelo	135
11.5.6.	Medidas de compensación para impactos sobre el suelo.....	136
11.5.7.	Medidas de mitigación para impactos sobre la biodiversidad.....	136
11.5.8.	Medidas de compensación para impactos sobre la biodiversidad	137
11.5.9.	Medidas de mitigación para impactos sociales y culturales	137
11.5.10.	Medidas de compensación para impactos sociales y culturales	138
11.5.11.	Medidas de mitigación para impactos paisajísticos y visuales	138
11.5.12.	Medidas de compensación para impactos paisajísticos y visuales	138
11.6.	Plan de monitoreo ambiental	139
11.7.	Participación ciudadana	139
11.8.	Incorporación al caso estudio de modelos internacionales que fortalecen el modelo de gestión ambiental	140
11.8.1.	Modelo Global Reporting Initiative (GRI).....	140
11.8.2.	Modelo ISO 26000	144

Índice de Figuras

Figura 1:Efectividad del proceso de evaluación ambiental. Elaboración propia.	3
Figura 2:Representaciones gráficas de la sostenibilidad. Fuente: Indicadores de sostenibilidad en la minería metálica, 2024.....	13
Figura 3:Modelo de Gestión Ambiental de un EIA. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 4:Modelo de Gestión Ambiental de una DIA. Fuente: Elaboración propia.....	44
Figura 5:Ubicación Planta Pullalli. Fuente: Imagen Google earth, diciembre 2024.....	121

Índice de Tablas

Tabla 1:Proyectos mineros ingresados al SEIA desde enero 2015 a diciembre 2024. Fuente: SEIA. Elaboración propia.....	3
Tabla 2:Proyectos de la Gran Minería ingresados al SEIA los últimos 10 años. Fuente: SEIA. Elaboración propia.....	4
Tabla 3:Proyectos de Mediana Minería ingresados al SEIA los últimos 10 años. Fuente: SEIA. Elaboración propia.....	4
Tabla 4:Tipologías de modelos de gestión ambiental. Fuente de información: OCDE 2024. Tabla de elaboración propia.	17
Tabla 5: Calificación del ISA. Elaboración propia.....	27
Tabla 6:(1) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia, en base a ley 19.300 y DS 40.....	35
Tabla 7:(2) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia, en base a ley 19.300 y DS 40.....	36
Tabla 8:(3) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia, en base a ley 19.300 y DS 40.....	37
Tabla 9:(1) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia.....	49
Tabla 10:(2) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia.....	50
Tabla 11:(3) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia.....	51
Tabla 12:Aplicación del modelo de gestión ambiental al caso de estudio. Elaboración propia.	53
Tabla 13:Fase de construcción “tipo” de un proyecto minero. Fuente: Elaboración Propia con base en Decreto Supremo N° 40 del Ministerio del Medio Ambiente.	64
Tabla 14:Fase de operación "tipo" de un proyecto minero. Fuente: Elaboración Propia con base en Decreto Supremo N° 40 del Ministerio del Medio Ambiente.	66
Tabla 15:Fase de cierre “tipo” de un proyecto minero. Fuente: Elaboración Propia con base en Decreto Supremo N° 40 del Ministerio del Medio Ambiente.	69

1. Introducción

El desarrollo de proyectos de mediana minería requiere su ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante SEIA), lo que impone exigencias significativas para lograr una formulación adecuada. Estas exigencias incluyen tanto los requisitos formales establecidos por el sistema, como la creciente necesidad de incorporar instrumentos voluntarios.

De acuerdo con datos oficiales del SEA (Servicio de Evaluación Ambiental), entre 2010 y 2024, más del 40% de los proyectos medianos presentados al SEIA, fueron retirados, rechazados o declarados inadmisibles, debido a deficiencias técnicas o brechas en la gestión ambiental. La mediana minería recién avanza hacia la conformación de equipos especializados en normativas y sostenibilidad, a diferencia de la gran minería que en la actualidad posee estructuras desarrolladas y probadas en estas áreas.

A nivel internacional, diversos sectores productivos han desarrollado modelos de gestión ambiental, entendidos en términos generales como marcos estructurados de políticas, procedimientos e instrumentos que permiten organizar de manera sistemática la identificación de aspectos e impactos, el cumplimiento de la normativa y la mejora continua del desempeño ambiental. En el sector minero, estos modelos se han expresado tanto en sistemas de gestión basados en normas internacionales (por ejemplo, ISO 14001) como en estándares sectoriales y marcos de reporte que incorporan dimensiones sociales y ambientales a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La experiencia comparada muestra que este tipo de enfoques contribuye a reducir riesgos ambientales y reputacionales, fortalecer la relación con comunidades y autoridades y otorgar mayor previsibilidad a los procesos de aprobación y operación de los proyectos.

En este contexto, esta tesis desarrolla y aplica un modelo de gestión ambiental para los instrumentos Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y Estudio de Impacto Ambiental (EIA), orientado a optimizar su elaboración y tramitación y a reducir el riesgo de observaciones críticas y de rechazo en la obtención de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Como complemento, se desarrolla una matriz de decisión que organiza los criterios legales, técnicos y ambientales relevantes y guía la elección del instrumento de evaluación más idóneo para proyectos de mediana minería, mejorando la

consistencia de la gestión y las posibilidades de admisibilidad frente al SEIA. Ambos instrumentos se sustentan en un análisis detallado de los requisitos normativos y en la definición de métricas que permiten evaluar su aplicabilidad.

1.1. Antecedentes generales respecto de proyectos de mediana minería

La mediana minería se vincula a proyectos de explotación de minerales que poseen una capacidad de procesamiento entre 300 y 8.000 toneladas por día (Anuario de la Minería de Chile, 2020). Actualmente, existen más de 30 compañías en este segmento de la minería, que aportaron aproximadamente en 2024 una producción de 198.498 toneladas de cobre fino, 3.616 kg de oro y 80.384 kg de plata. Las inversiones para el periodo 2023-2032 de la mediana minería se estiman en US\$ 2.727 millones, con 7 iniciativas: Sierra Norte, Plan de desarrollo Michilla, Costa Fuego, Continuidad operacional la Farola, Arqueros, Playa Verde y el Espino; (COCHILCO, 2024).

La mediana minería en Chile incluye 42 operaciones activas y genera más de 50.000 empleos directos, concentrándose en regiones como Atacama, Coquimbo y Antofagasta (SONAMI, 2025).

Las campañas exploratorias realizadas en la última década no evidencian yacimientos de gran envergadura, atractivos económicamente, que puedan constituirse en proyectos de “gran minería”, esta situación incentiva al segmento medio a tener una mayor participación en la industria (COCHILCO, 2024).

Baja efectividad comparativa de la mediana minería en el SEIA

De acuerdo con la base de datos del SEIA, entre enero de 2015 y diciembre de 2024 han ingresado al sistema 880 proyectos asociados a la actividad minera, de los cuales 399 se aprobaron y 18 estaban en calificación.

En este trabajo se define la efectividad del proceso de evaluación ambiental como la proporción de proyectos que avanzan hacia una RCA favorable respecto del total de proyectos ingresados al SEIA, exceptuando aquellos proyectos que se encuentran en proceso de calificación ambiental. La figura 1 presenta una ecuación que define a la efectividad.

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Aprobados}}{\text{Total ingresados al SEIA} - \text{En calificación}}$$

Figura 1: Efectividad del proceso de evaluación ambiental. Elaboración propia.

Las tablas 1, 2 y 3 presentan los antecedentes asociados a la efectividad en la gran y mediana minería:

- Total de proyectos mineros ingresados al SEIA desde enero 2015 a diciembre 2024.
- Proyectos ingresados al SEIA por grandes compañías mineras desde enero 2015 a diciembre 2024.
- Proyectos ingresados al SEIA por la mediana minería desde enero 2015 a diciembre 2024.

Tabla 1: Proyectos mineros ingresados al SEIA desde enero 2015 a diciembre 2024. Fuente: SEIA. Elaboración propia.

Proyectos mineros ingresados al SEIA desde Enero 2015 a Diciembre 2024	
Estado	Cantidad
Abandonado	1
Aprobado	399
Caducado	2
Desistido	189
En Calificación	18
No Admitido a Tramitación	190
No calificado	60
Rechazado	18
Renuncia RCA	2
Revocado	1
Total ingresados SEIA	880
Efectividad	46.29%

Tabla 2: Proyectos de la Gran Minería ingresados al SEIA los últimos 10 años. Fuente: SEIA. Elaboración propia.

Proyectos de la Gran Minería ingresados al SEIA desde Enero 2015 a Diciembre 2024			
Estado	DIA	EIA	Cantidad
Aprobado	63	12	75
Caducado	1		1
Desistido	8	2	10
En Calificación	1	4	5
No Admitido a Tramitación	3	1	4
No calificado	1		1
Total ingresados SEIA	77	19	96
Efectividad	82.42%		

Respecto a los proyectos de la Gran Minería las compañías que se considera son: AngloAmerican, Antofagasta Minerals, BHP, CODELCO, Collahuasi, Lundin Mining, Teck Resources y SQM.

Tabla 3: Proyectos de Mediana Minería ingresados al SEIA los últimos 10 años. Fuente: SEIA. Elaboración propia.

Proyectos de Mediana Minería ingresados al SEIA desde Enero 2015 a Diciembre 2024			
Estado	DIA	EIA	Cantidad
Abandonado	1		1
Aprobado	319	5	324
Caducado	1		1
Desistido	176	3	179
En Calificación	9	4	13
No Admitido a Tramitación	181	5	186
No calificado	57	2	59
Rechazado	18		18
Renuncia RCA	2		2
Revocado	1		1
Total ingresados SEIA	765	19	784
Efectividad	42.02%		

Los antecedentes muestran que la mediana minería presenta una efectividad significativamente menor que la gran minería: 42,02% versus 82,42%, respectivamente.

Esta brecha evidencia limitaciones en la gestión ambiental y en la tramitación de los proyectos de mediana minería frente al SEIA, y constituye uno de los problemas que esta tesis busca abordar mediante el desarrollo y aplicación del modelo de gestión ambiental y la matriz de decisión.

En síntesis, la mediana minería representa un segmento relevante para la economía nacional, con proyecciones de crecimiento y una alta presencia en el SEIA, pero con menores capacidades técnicas y financieras que la gran minería. Esta combinación de importancia económica y de gestión ambiental, hace especialmente crítico comprender cómo estos proyectos se insertan en el sistema de evaluación ambiental y cuáles son los desafíos que enfrentan en la práctica.

1.2. Problemática en la presentación de los proyectos actuales

El SEA administra el SEIA, dentro del cual los proyectos deben ser evaluados mediante un EIA o una DIA, según la existencia de impactos significativos definidos por la Ley N.º 19.300 (ley de bases generales del medio ambiente). En la mediana minería, la correcta elección y gestión de estos instrumentos es crítica para avanzar en el proceso evaluativo. Sin embargo, estudios recientes muestran brechas relevantes en ambos ámbitos, las que resultan en demoras, observaciones reiteradas e incluso inadmisibilidad, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la gestión ambiental de los proyectos del sector mediana minería. Así lo indica La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), entidad que ha destacado positivamente la institucionalidad ambiental de Chile. En su “informe de desempeño ambiental de 2024” (OCDE, 2024). Las observaciones al SEIA son principalmente respecto a la admisibilidad en el sistema, los plazos de tramitación y evaluación de los proyectos, esto se traduce en incertidumbre en la obtención de la RCA, que es el documento administrativo que requiere el titular para construir o ejecutar el proyecto.

Es relevante destacar que, la gestión ambiental de proyectos enfrenta hoy mayores desafíos que en años anteriores. Un ejemplo de ello es la necesidad de incorporar, en el marco del instrumento DIA, las guías de cambio climático y la ampliación de los mecanismos de Participación Ciudadana (PAC), requisitos que anteriormente sólo eran exigidos en los procesos de evaluación mediante EIA (Litoralpress, 2025).

Considerando la efectividad de tan solo 42,02% en la presentación de proyectos por parte de la mediana minería, se justifica y se requiere de un modelo de gestión ambiental que permita anticipar los requisitos normativos y técnicos del SEIA y, al mismo tiempo, mejorar los resultados de admisibilidad y aprobación de los proyectos en el sistema. Las secciones siguientes abordan el estado del arte de estos modelos y fundamentan la propuesta desarrollada en esta tesis.

2. Estado del arte de los modelos de gestión ambiental aplicables a la mediana minería

En este capítulo se examina el contexto regulatorio y práctico de la gestión ambiental aplicada a la mediana minería en Chile. Se revisa la legislación vigente, como la Ley N°19.300, sus modificaciones y reglamentos. Se analiza además el rol de las comunidades y los conflictos socioambientales. También se presenta información que ayuda al entendimiento de cómo se establecen y definen los modelos de gestión ambiental, incluyendo una descripción de modelos de gestión relevantes a nivel internacional, en particular el Global Reporting Initiative (GRI) e International Organization for Standardization 26000 (ISO 26000). Finalmente se expone una mirada de las brechas que existen en la gestión ambiental de mediana minería pese a la existencia de modelos nacionales e internacionales y por tanto se manifiesta la necesidad de innovar en nuevos modelos de gestión ambiental que potencien a este segmento.

2.1. Normativa ambiental en Chile

El año 1994, luego de cuatro años de haberse creado la Comisión Nacional del Medioambiente (CONAMA), se aprueba en Chile la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA), en donde es reglado en forma general el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, establecido previamente en la Constitución Política de la República de 1980, artículo 19, N° 8. Para hacer cumplir este objetivo, la ley establece que todo proyecto que es susceptible de causar un impacto al medio ambiente debe someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). El EIA es más extenso y se exige cuando el proyecto significa un riesgo para la salud de las personas o del medio ambiente, cuando puede causar una alteración

significativa a los sistemas de vida de las personas, o cuando puede causar un impacto significativo al patrimonio cultural, turístico o paisajístico.

El año 2010, producto de ciertas dificultades que se observaban respecto de la CONAMA, tales como su nivel jerárquico dentro de la institucionalidad del Gobierno, su carencia de facultades para resolver conflictos, su contraposición con los objetivos productivos de algunos ministerios, y la falta de coordinación y comunicación intersectorial, se modifica la ley 19.300 mediante la Ley 20.417 (Taller de Impacto Ley 19300, SEA, 2025). Los principales aportes de dicha modificación son la creación del Ministerio del Medio Ambiente, del Servicio de Evaluación Ambiental, de la Superintendencia del Medio Ambiente y los Tribunales Ambientales, gracias a los cuales se acabó la judicialización de los proyectos, ya que nace el contencioso administrativo que asume estos temas.

El año 2013 se promulga la actualización del Reglamento del SEIA, adecuándolo a la nueva institucionalidad ambiental.

En resumen, el marco regulatorio actual y vigente en Chile es el siguiente:

- Ley N° 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Ley N° 20.417, que Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación y la Superintendencia del Medio Ambiente.
- Ley N° 19.880, sobre Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado.
- DFL N° 1-19.653, Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado.
- D.S. N° 95, de 2001, de MINSEGPRES, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- D.S. N° 40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Planes y normas dictados conforme a la Ley N° 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente:

- Normas de Calidad
- Normas de Emisión

- Planes de Prevención y Descontaminación

La ley 19.300 establece un marco general de regulación del derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. Asimismo, regula los instrumentos de gestión ambiental como la Evaluación Ambiental Estratégica, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y el Acceso a la Información Ambiental, la Responsabilidad por Daño Ambiental, la Fiscalización y el Fondo de Protección Ambiental y la institucionalidad ambiental de Chile.

El Ministerio del Medio Ambiente administra el Sistema Nacional de Información Ambiental, desglosada regionalmente, en el cual se indicará: a) Los textos de tratados, convenios y acuerdos internacionales, así como las leyes, reglamentos y demás actos administrativos sobre medio ambiente o relacionados con él; b) Los informes sobre el estado del medio ambiente; c) Los datos o resúmenes de los informes sobre el estado del medio ambiente, derivados del seguimiento de las actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente; d) Las autorizaciones administrativas asociadas a actividades que pueden tener un efecto significativo sobre el medio ambiente, o en su defecto la indicación precisa de la autoridad que dispone de tal información; e) La lista de las autoridades públicas que disponen de información de contenido ambiental y que debe ser públicamente accesible; f) Los dictámenes de la Contraloría General de la República recaídos en materias ambientales; g) Las sentencias definitivas de los Tribunales de Justicia recaídas en juicios de carácter ambiental; h) Toda otra decisión o resolución de carácter general emanada de autoridad recaída en asuntos ambientales.

Corresponderá al Ministerio elaborar cada cuatro años informes sobre el estado del medio ambiente a nivel nacional, regional y local. Sin embargo, una vez al año deberá emitir un reporte consolidado sobre la situación del medio ambiente a nivel nacional y regional. Estos informes incluirán datos sobre la calidad del medio ambiente, así como un resumen ejecutivo que sea comprensible para el público en general (Informe del Estado del Medio Ambiente, MMA, 2024).

Corresponderá a la autoridad establecer los mecanismos que aseguren la participación informada de la comunidad en el proceso de calificación de los Estudios de Impacto

Ambiental (EIA) y de las Declaraciones (DIA), cuando correspondan. Cualquier persona, natural o jurídica, podrá imponerse del contenido del proyecto y del tenor de los documentos acompañados.

Un reglamento establecerá el procedimiento a seguir para la dictación de normas de calidad ambiental, que considerará a lo menos las siguientes etapas: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad. Toda norma de calidad ambiental será revisada por el Ministerio del Medio Ambiente a lo menos cada cinco años, aplicando el mismo procedimiento antes señalado.

2.2.Comunidades y conflictos ambientales

A pesar de que en Chile no existen mecanismos institucionalizados de mediación de conflictos ambientales, la Resolución Negociada de Conflictos Ambientales (RNCA) opera de manera informal y es determinante en la aprobación o rechazo de proyectos mineros, desde la exploración a la construcción de plantas de procesamiento (La negociación en los conflictos ambientales y su implicancia en el desarrollo local, 2020). Para lograr una visión general y entender la buena o mala gestión de un proyecto, estudiaremos el Mapa de Conflictos Socioambientales en Chile y la gestión corporativa que existe hoy.

Un ítem importante por considerar es el Mapa de Conflictos Socioambientales de Chile, el cual corresponde a un catastro, elaborado desde una perspectiva de derechos humanos, sobre las disputas de esta índole que tienen o han tenido lugar en el país. Reúne información que permite describir las circunstancias en las que se desencadenan, las partes involucradas, los territorios donde ocurren, los derechos humanos invocados y las trayectorias que van tomando a lo largo del tiempo (Conflictos y protestas socioambientales en Chile, Allain, M, 2019).

¿Qué es un conflicto socioambiental y qué requisitos debe reunir? El catastro tiene a la base una conceptualización elaborada por el INDH con apoyo de especialistas, establecida inicialmente en el Informe Anual 2012 sobre la situación de los derechos humanos en Chile, que define los conflictos socioambientales como aquellas disputas entre diversos actores: personas naturales, organizaciones, empresas públicas y privadas,

y el Estado, manifestadas públicamente y que expresan divergencias de opiniones, posiciones, intereses y planteamientos de demandas por la afectación (o potencial afectación) de derechos humanos, derivada del acceso y uso de los recursos naturales, así como por los impactos ambientales de las actividades económicas (Situación de los derechos humanos en Chile, 2020). Para ser incorporado en el catastro, cada caso debe cumplir simultáneamente los siguientes criterios:

- 1. Delimitación (criterio de tamizaje):** existencia de una controversia pública respecto a una diferencia de opiniones, percepciones o intereses sobre circunstancias relacionadas con el acceso o el uso de recursos naturales, o bien, con impactos sociales y ambientales de las actividades económicas en el territorio donde se localizan. Esto, sin importar la magnitud del conflicto, los montos de las inversiones ni las características de los actores involucrados.
- 2. Partes no difusas:** la disputa ocurre entre dos o más actores que se pueden identificar y distinguir, entre los que pueden estar personas naturales, organizaciones, empresas públicas y privadas, y el Estado.
- 3. Esfera pública y sostenibilidad en el tiempo:** desarrollo, por parte de los actores involucrados, de acciones públicas (Ej.: interposición de acciones judiciales, protestas, interpelación mediante comunicados, etc.) que buscan hacer prevalecer sus intereses o visibilizar sus posiciones. Por lo tanto, no se trata de un hecho aislado o que ocurre en el ámbito privado, sino de una controversia visible para un número mayor de personas además de las directamente involucradas.
- 4. Medios de verificación:** contar con registros del conflicto en medios de comunicación (prensa escrita, televisión, plataformas digitales, etc.) que permitan constatar su existencia, visibilidad pública y persistencia en el tiempo, independiente de la fecha de inicio de la disputa y la fase en que pudiera encontrarse al momento de dichas divulgaciones. Dichos registros deben haber sido publicados a partir de enero de 2010 a la fecha.

Estos elementos son relevantes porque permiten dar cumplimiento a las exigencias de la Ley N° 19.300 y el DS N° 40 en materia de evaluación de impactos sociales y

participación ciudadana. Integrarlos a un modelo de gestión ambiental fortalece la prevención de riesgos socioambientales, mejora la calidad de la evaluación y contribuye a la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos mineros.

2.3. Gestión ambiental para la sostenibilidad en mediana minería

La gestión ambiental en la mediana minería ha incorporado progresivamente criterios de sostenibilidad, combinando exigencias legales con prácticas voluntarias. Estas últimas, como la adopción de normas y modelos internacionales como ISO y GRI, o reportes de sostenibilidad, fortalecen la legitimidad operativa y anticipan futuros requerimientos. Su implementación mejora la relación con comunidades, reduce riesgos y favorece el acceso a financiamiento, posicionando a las empresas frente a un entorno cada vez más exigente. Esto se puede justificar de acuerdo con el Reporte de indicadores 2021 del Consejo Minero, Sustentabilidad en la minería chilena (2021).

La sostenibilidad fue vinculada a la agenda del desarrollo desde la década de 1980, cuando el Informe Brundtland, también conocido como Nuestro Futuro Común (Naciones Unidas, 1987), propuso utilizar los recursos naturales para satisfacer las necesidades actuales, particularmente de los más pobres, sin comprometer a las futuras generaciones (Redclift, 2005). Existió un importante compromiso generacional ya que se planteó que cualquier práctica económica no es sostenible si los costos sociales y ambientales son más altos que los beneficios económicos de cualquier actividad productiva. Posteriormente se planteó que una estrategia global para alcanzar la sostenibilidad comprende mejorar la calidad de vida humana dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas, sugiriendo que la sostenibilidad debe incluir límites sobre los ecosistemas y prácticas responsables con el ambiente y la sociedad. Así, la Cumbre Mundial de Desarrollo Social en 2005 estableció la integración de tres dimensiones como pilares indispensables del desarrollo sostenible: desarrollo económico, desarrollo social y protección ambiental (Naciones Unidas, 2005). Estas dimensiones fueron representadas como tres sistemas separados, pero mutuamente interdependientes que refuerzan la sostenibilidad. Esta es la representación más conocida sobre desarrollo sostenible (esquema A) y ha servido como base para la generación de estándares e indicadores de

sostenibilidad en la industria minera, en las políticas públicas y en el debate sobre la satisfacción de necesidades humanas básicas.

Los principios de la sostenibilidad fueron extendidos a las industrias extractivas, las cuales empezaron a considerar las dimensiones sociales y ambientales de sus operaciones. Sin embargo, desde el informe de Brundtland, las múltiples denuncias de violaciones a los derechos humanos y de destrucción de los ecosistemas por la industria minera muestra que no ha existido una conciliación entre las dimensiones sociales, ambientales y económicas de la sostenibilidad. De hecho, a pesar de los esfuerzos globales para promover la sostenibilidad, una extensa literatura de los últimos treinta años nos indica que el desarrollo sostenible no ha sido suficiente para contrarrestar la creciente crisis social y ambiental en el planeta. Se plantea así, que el desarrollo sostenible ha sido reducido a un significativo vacío, donde las decisiones políticas han priorizado la maximización de las ganancias económicas, en detrimento del bienestar social y el ambiente.

En 1989, los economistas ecológicos Herman Daly y John Cobb publican su libro central titulado *Para el bien común: Reorientando La economía hacia la comunidad, el ambiente y un futuro sostenible* donde presentan una crítica aguda a la idea de sostenibilidad promovida desde la economía neoclásica. Estos autores introducen un modelo más holístico para entender las relaciones económicas dentro de los procesos sociales y naturales. Específicamente desarrollan una propuesta de sostenibilidad donde la prioridad no se centra en índices económicos como el Producto Interno Bruto (PIB), sino en el bienestar humano. Aquí se plantea que la economía es un subsistema de la sociedad, la cual a su vez es un subsistema de la biósfera; y donde la priorización económica por encima de otros valores sociales y ambientales representa una pérdida para los sistemas de vida. Esta representación de un sistema anidado (esquema B) se convirtió entonces en la forma de entender la sostenibilidad desde la economía ecológica. Utilizando la idea de subsistemas anidados se plantearía que los principios de justicia social y ambiental son igual de importantes como la sostenibilidad. A continuación, representaciones gráficas de la sostenibilidad.

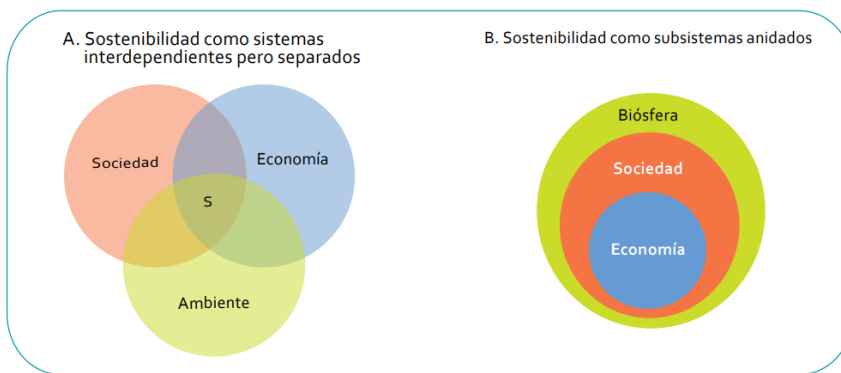


Figura 2: Representaciones gráficas de la sostenibilidad. Fuente: Indicadores de sostenibilidad en la minería metálica, 2024.

La gestión ambiental en la mediana minería, para avanzar efectivamente hacia la sostenibilidad, requiere ir más allá del cumplimiento de las exigencias legales, incorporando prácticas voluntarias, métricas e instrumentos de reporte que integren de manera equilibrada las dimensiones ambiental, social y económica, fortaleciendo el desempeño, la legitimidad y la proyección de largo plazo de las empresas.

2.4. Modelos de gestión ambiental: definición y tipologías

Los modelos de gestión ambiental han evolucionado como herramientas que permiten organizar, anticipar y controlar los efectos ambientales de proyectos y actividades productivas. En el sector minero, especialmente en la mediana minería, estos modelos ayudan a enfrentar las exigencias regulatorias, mejorar la relación con comunidades y asegurar la viabilidad técnica, ambiental y social de los proyectos. Aunque existen numerosos enfoques obligatorios y voluntarios, no todos muestran efectividad comprobable respecto a los requerimientos del SEIA (Fernández, J., 2015), lo que genera brechas de gestión que esta tesis busca abordar.

2.4.1. Definición operativa de “modelo de gestión ambiental”

Para efectos de este proyecto de tesis, se entenderá por modelo de gestión ambiental al conjunto de principios, procedimientos, responsabilidades, criterios técnicos y herramientas que permiten a una organización planificar, ejecutar, monitorear y mejorar sistemáticamente su desempeño ambiental. Esto incluye tanto la estructura interna del titular como los instrumentos utilizados para cumplir con las exigencias legales y con compromisos voluntarios en materia ambiental y social.

Es importante distinguir dos dimensiones que se cruzan constantemente en el análisis de la mediana minería:

1. Sistema regulatorio ambiental

Corresponde a lo que el Estado exige a través de leyes, normas y reglamentos: SEIA, normas de emisión, permisos sectoriales, participación ciudadana obligatoria, exigencias de línea base, medidas de mitigación, compensación y seguimiento. En el caso chileno, estas exigencias están claramente articuladas en la Ley 19.300 y el D.S. 40.

2. Modelos de gestión ambiental internos

Representan la forma en que la empresa u organización se estructura para cumplir lo anterior, pero también para avanzar en materias voluntarias como sostenibilidad, transparencia, relacionamiento comunitario o modelos internacionales (GRI, ISO 26000, ICMM, TSM, IRMA). Aquí se articulan políticas corporativas, programas ambientales, procesos operacionales y mecanismos de mejora continua.

Esta tesis se sitúa en la intersección de los dos puntos anteriores: propone un modelo de gestión ambiental diseñado para proyectos de mediana minería, estructurado con lógica de modelo interno, pero directamente vinculado a los requisitos obligatorios del SEIA. Su objetivo es anticipar riesgos, estructurar información clave, mejorar la admisibilidad y asegurar los elementos que se debe considerar en la gestión para obtener una RCA.

2.4.2. Elementos comunes de los modelos de gestión ambiental

Existen múltiples modelos internacionales, corporativos y regulatorios, la mayoría comparten elementos basados en principios de gestión y mejora continua. Los bloques funcionales más comunes son los siguientes:

1. Política y compromisos ambientales

Define la orientación estratégica del titular: objetivos ambientales, principios rectores, compromisos con la comunidad, criterios de cumplimiento y metas de desempeño.

2. Identificación de aspectos e impactos ambientales

Implica reconocer actividades, emisiones, residuos, interacciones territoriales y riesgos potenciales. Esta etapa suele incluir herramientas como matrices de impacto, análisis de compatibilidad territorial, evaluación del riesgo y modelación ambiental.

3. Planificación y programas ambientales

Incluye metas, responsabilidades, recursos necesarios, planes de manejo y estrategias para reducir o controlar impactos.

4. Implementación y operación

Comprende procedimientos, controles operacionales, capacitación, protocolos de emergencia, mecanismos de comunicación, y medidas de mitigación y compensación.

5. Seguimiento, monitoreo y reporte

Contempla indicadores ambientales, auditorías, análisis de desviaciones, cumplimiento normativo, reportes ante autoridades y comunicación externa.

6. Mejora continua

Basado en el ciclo Plan–Do–Check–Act (PDCA) presente en modelos como ISO 14001, supone evaluar el desempeño, corregir desviaciones, actualizar programas y ajustar criterios frente a cambios operacionales o regulatorios.

2.4.3. Tipologías de modelos de gestión ambiental relevantes para la minería

Los modelos de gestión aplicados a la minería pueden clasificarse según distintos criterios, lo que permite entender su propósito, alcance y relación con el SEIA.

Los modelos de gestión ambiental aplicables a la minería pueden clasificarse en función de tres dimensiones analíticas: obligatoriedad, escala de aplicación y foco principal de gestión. Esta tipología permite visualizar la diversidad de enfoques utilizados por la industria y comprender cómo estos interactúan con los instrumentos regulatorios del SEIA.

En primer lugar, según su obligatoriedad, los modelos pueden ser regulatorios o voluntarios. Los modelos regulatorios incluyen instrumentos como el EIA y la DIA, normas de emisión, estándares de calidad ambiental y permisos sectoriales, todos ellos establecidos por la Ley 19.300 y el D.S. 40. Su propósito principal es asegurar el cumplimiento normativo y la obtención de la RCA, siendo obligatorios para cualquier proyecto susceptible de generar impactos significativos. Por otro lado, los modelos voluntarios, entre los que destacan GRI, ISO 26000, ICMM (International Council on Mining and Metals), IRMA (Initiative for Responsible Mining Assurance) y TSM (Towards Sustainable Mining), buscan fortalecer la transparencia, el desempeño socioambiental y la gobernanza organizacional, trascendiendo los mínimos regulatorios mediante prácticas de sostenibilidad y debida diligencia.

En segundo término, los modelos pueden clasificarse según su escala en: corporativos, de proyecto y sectoriales. Los modelos corporativos se expresan mediante políticas internas, reportes de sostenibilidad y sistemas de gestión integrados; los modelos de proyecto se materializan en matrices de impacto, planes de manejo ambiental y contenidos exigidos por el SEIA; y los modelos sectoriales corresponden a iniciativas más amplias que establecen estándares comunes para la industria, como IRMA o TSM.

Finalmente, según su foco principal, los modelos pueden orientarse hacia el cumplimiento regulatorio, el desempeño ambiental ampliado (gestión de agua, energía, biodiversidad, emisiones) o la gobernanza y relación con comunidades. En la minería actual, estos tres enfoques tienden a converger, especialmente ante mayores exigencias de transparencia, legitimidad territorial y criterios Ambientales, Sociales y de Gobernanza, en inglés bajo la sigla ESG, (OCDE, 2024).

En conjunto, este marco tipológico permite situar el modelo propuesto en esta tesis dentro del espectro de instrumentos orientados a la gestión ambiental a nivel de proyecto, con un énfasis claro en anticipar requisitos regulatorios, ordenar la información crítica y mejorar la admisibilidad y aprobación en el SEIA, sin perder de vista las prácticas voluntarias de sostenibilidad que fortalecen su consistencia técnica y social.

A continuación, se presenta una tabla resumen que dispone conceptualmente las tipologías de modelos de gestión ambiental.

Tabla 4: Tipologías de modelos de gestión ambiental. Fuente de información: OCDE 2024. Tabla de elaboración propia.

Tipologías de modelos de gestión ambiental				
Tipo de modelo	Escala	Obligatorio / Voluntario	Foco principal	Ejemplos
Regulatorio	Proyecto / sectorial	Obligatorio	Admisibilidad y cumplimiento	SEIA (DIA/EIA), normas de emisión
Gestión corporativa	Organizacional	Principalmente voluntario	Mejora continua, desempeño ambiental	ISO 14001, políticas internas
Reportabilidad y estándares sectoriales	Organización / sector	Voluntario (con presión de mercado)	Transparencia, ESG, gobernanza	GRI, IRMA, TSM, ICMM

2.5. Modelos de gestión ambiental internacionales

Dentro de los principales modelos internacionales, considerando su presencia, efectividad y presencia global, podemos mencionar al GRI y la ISO 26000.

Global Reporting Initiative: El modelo estandarizado por el GRI permite a cualquier organización, grande o pequeña, privada o pública, comprender e informar sobre sus impactos en la economía, el medio ambiente y las personas de una manera comparable y creíble, aumentando así la transparencia sobre su contribución al desarrollo sostenible. Además de las empresas, los modelos son muy relevantes para muchas partes interesadas, incluidos los inversores, los encargados de formular políticas, los mercados de capital y la sociedad civil.

Los modelos están diseñados como un conjunto modular fácil de usar, que ofrece una imagen inclusiva de los temas materiales de una organización, sus impactos relacionados y cómo se gestionan.

Los modelos universales, ahora revisados para incorporar informes sobre derechos humanos y debida diligencia ambiental, en línea con las expectativas intergubernamentales, se aplican a todas las organizaciones.

Norma ISO 26000: La norma ISO 26000 desarrolla la responsabilidad social corporativa, es relevante en la gestión de los procesos y la marca de las organizaciones, siendo su impacto muy relevante para múltiples entidades.

Según la ISO 26000, la responsabilidad social corporativa es la responsabilidad de una organización, en relación con los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad y el medio ambiente, a través de un comportamiento transparente y ético que contribuya al desarrollo sostenible, incluyendo la salud y el bienestar de la sociedad. Se debe tener en cuenta las expectativas de las partes interesadas, cumpla con la ley aplicable y sea consistente con las normas internacionales de comportamiento. Esté integrado en toda la organización y se lleve a la práctica en sus relaciones. Permita satisfacer, mediante el desarrollo sostenible, las necesidades de la sociedad viviendo dentro de los límites ecológicos del planeta y sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades.

Los objetivos de ISO 26000: la norma ISO 26000 es un modelo de gestión ambiental de estándar internacional que a diferencia de otras normas ISO, no es certificable, y no contiene requerimientos formales. Es una guía que cada organización considerará de forma voluntaria.

Su objetivo es ofrecer buenas prácticas y recomendaciones, facilitar una guía que permita detectar oportunidades de mejora en materia de responsabilidad social corporativa y evaluar o medir la responsabilidad social corporativa de las entidades. Fomentar la responsabilidad social corporativa, teniendo en cuenta a los grupos de interés, de forma que se contribuya al desarrollo ambiental, social y económico sostenible en los productos, servicios o procesos de la entidad.

Es importante explicar que, los marcos de reportabilidad como GRI, SASB, TCFD y PRI orientan a las empresas en la divulgación clara y estructurada de información ESG, sin evaluar su desempeño. Su objetivo es asegurar transparencia, consistencia y comparabilidad para distintos stakeholders (GRI Standards 2021, Global Reporting Initiative). Por su parte, la norma ISO 26000 entrega directrices en responsabilidad social, pero no es un marco de reportabilidad ni de certificación (ISO 26000:2010 – Guidance on social responsibility, International Organization for Standardization). En contraste, los

estándares de certificación (como B Corp) verifican el cumplimiento de criterios específicos en sostenibilidad y responsabilidad, validando prácticas empresariales mediante auditorías o revisiones formales (Certified B Corporation, B Lab Global).

A nivel global, existen modelos específicamente diseñados para regular el desempeño ambiental de la industria minera. Entre ellos, uno de los más relevantes es el ICMM Mining Principles, desarrollado por el International Council on Mining and Metals. Este modelo establece diez principios obligatorios para sus empresas adheridas, que abarcan gobernanza ambiental, gestión del agua, biodiversidad, prevención de contaminación y cierre de faenas. Su implementación se verifica mediante el Performance Expectations Framework, el cual exige auditorías externas y reportabilidad estandarizada, posicionándolo como uno de los sistemas de gestión ambiental más estrictos en el sector extractivo.

Otro marco ampliamente adoptado es el programa Towards Sustainable Mining (TSM), creado por la Mining Association of Canada y posteriormente implementado en países como Finlandia, Argentina y Filipinas. TSM se basa en protocolos de desempeño que evalúan anualmente áreas críticas tales como gestión de relaves, uso de agua, cambio climático, relaciones comunitarias y salud y seguridad.

El marco de Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA), propone un modelo de certificación integral aplicable a todas las fases del ciclo minero. A diferencia de otros modelos, IRMA incorpora requisitos verificables en derechos humanos, aguas, emisiones, relaves y cierre, con auditorías independientes y clasificación transparente de resultados, convirtiéndose en un referente emergente de gobernanza ambiental en la industria minera.

2.6. Brechas de los modelos de gestión ambiental para su aplicación a la mediana minería

De acuerdo con el documento del Consejo Minero, *“Perspectivas actuales y análisis comparado, 2021”*, pese a la existencia de modelos nacionales e internacionales, persisten brechas significativas en la gestión ambiental de los proyectos de mediana minería en Chile. A nivel nacional, el SEIA establece instrumentos formales como el EIA y la DIA; sin embargo, estos modelos se enfocan principalmente en la evaluación de

impactos y no en la gestión integral del proyecto, lo que deja espacios sin cubrir en etapas tempranas de formulación y planificación. Esta limitación se refleja en la ausencia de un sistema que asegure la completitud de la información requerida, situación reconocida en el documento al señalar que, pese a la tramitación de numerosos proyectos en la última década, no se dispone de un modelo de gestión ambiental que facilite su correcta formulación, generando costos adicionales en tiempo y estudios para las empresas.

Aunque la incorporación de modelos internacionales como GRI e ISO 26000 ha avanzado, su aplicación es voluntaria y no se encuentra integrada de manera sistemática en el proceso regulatorio. Estas prácticas mejoran la legitimidad y reducen riesgos, pero no forman parte del proceso real de evaluación ambiental, lo que limita su impacto en los resultados de aprobación de proyectos. Esta desconexión genera un desfase entre las expectativas sociales y la respuesta institucional, especialmente en territorios donde la participación comunitaria y la transparencia son factores críticos.

Además, los proyectos enfrentan observaciones reiteradas, retrasos y dificultades de admisibilidad, lo cual confirma la existencia de brechas operativas y metodológicas en la gestión ambiental de la mediana minería. Esto se agrava por la falta de integración entre los modelos regulatorios obligatorios y las herramientas de sostenibilidad, lo que impide anticipar impactos, estructurar la información de manera consistente y asegurar trazabilidad técnica desde el diseño del proyecto.

En resumen, la coexistencia de modelos nacionales e internacionales no garantiza una gestión ambiental efectiva en la mediana minería chilena debido a tres brechas principales:

1. Ausencia de un modelo de gestión integral previo al ingreso al SEIA,
2. Falta de estandarización y completitud en la formulación de proyectos
3. Desconexión entre marcos voluntarios y exigencias regulatorias.

Estas brechas justifican el desarrollo de herramientas que fortalezcan la formulación ambiental, mejoren la admisibilidad y la aprobación de los proyectos en el SEIA.

3. Hipótesis y objetivos

3.1.Hipótesis

La aplicación de un modelo de gestión ambiental y de una matriz de decisión, sustentados en la normativa vigente e integrados con indicadores de significancia ambiental y de completitud de la información, en proyectos de mediana minería, permite identificar los aspectos críticos exigidos por el SEIA, con lo que mejora la admisibilidad en el SEIA y se fortalece la calidad de la información para la obtención de la RCA.

3.2.Objetivos

3.2.1. Objetivo general

Desarrollar y aplicar un modelo de gestión ambiental, complementado por una matriz de decisión sustentada en la legislación chilena e integrada con indicadores de significancia y completitud, con el fin de fortalecer la formulación y la gestión ambiental de proyectos de mediana minería.

3.2.2. Objetivos específicos

1. Sistematizar los requisitos legales, técnicos y ambientales establecidos en la normativa vigente y en el SEIA, así como los criterios de significancia del artículo 11 de la Ley 19.300, aplicables a proyectos de mediana minería.
2. Diseñar un modelo de gestión ambiental y una matriz de decisión que integren los requisitos identificados y los indicadores de significancia ambiental y de completitud de la información, orientados a la formulación de proyectos de mediana minería
3. Aplicar el modelo de gestión ambiental y la matriz de decisión a un caso estudio, representativo de un proyecto de mediana minería sometido al SEIA.
4. Evaluar los resultados de la aplicación del modelo, mediante indicadores de significancia ambiental y de completitud de la información, analizando en qué medida la evidencia empírica obtenida apoya o refuta la hipótesis de trabajo.

4. Metodología

El modelo de gestión ambiental desarrollado en esta tesis se ubica en la escala de modelos a nivel de proyecto, asociados a la mediana minería. Se articula en base a:

- Exigencias obligatorias del SEIA (contenidos mínimos, criterios de significancia, requisitos de línea base, medidas ambientales).
- Gestión interna del titular, que requiere un marco sistemático para organizar información, reducir incertidumbre y anticipar observaciones.

El modelo posee un foco de:

- Anticipar requisitos normativos y técnicos exigidos por la Ley 19.300 y D.S. 40.
- Estructurar la información de manera estandarizada,
- Mejorar la admisibilidad y probabilidad de obtener una RCA.
- Integrar la mejora continua, superando la visión tradicional del SEIA como un control documental.

El modelo propuesto constituye una herramienta operativa que permite gestionar de manera integrada los contenidos obligatorios del SEIA, incorporando criterios de significancia ambiental y completitud (ISA e ICM), y fortaleciendo la formulación de proyectos de mediana minería para reducir riesgos de inadmisibilidad y rechazo.

4.1. Diseño general de la investigación

El estudio adopta un diseño metodológico aplicado, de carácter descriptivo–analítico, que combina revisión normativa, construcción de herramientas de decisión y verificación empírica mediante un caso de estudio representativo de la mediana minería.

La secuencia metodológica se organiza en cuatro fases principales:

- **Fase I:** Levantamiento normativo y criterios técnicos. Se revisa y sistematiza el marco regulatorio ambiental chileno aplicable a proyectos de mediana minería (Ley N.º 19.300 y D.S. N.º 40, entre otros), identificando los criterios de significancia del artículo 11 y los contenidos mínimos exigidos a DIA y EIA.
- **Fase II:** Construcción de la matriz de decisión del instrumento de gestión ambiental. A partir de la Fase I, se definen 20 criterios técnico–ambientales, se

operativizan en una matriz y se formula el ISA, que orienta la elección del instrumento de gestión ambiental (DIA o EIA).

- **Fase III:** Construcción del modelo de gestión ambiental. Se diseña un modelo estructurado en bloques o columnas que reproducen los contenidos obligatorios de DIA y EIA según el D.S. N.º 40, incorporando el ICM como índice de verificación estructural del instrumento.
- **Fase IV:** Aplicación al caso de estudio. Se aplica la matriz de decisión y el modelo de gestión ambiental a un proyecto real de mediana minería (“Continuidad Operacional Planta Pullalli”), comparando los resultados con el comportamiento efectivo del proyecto en el SEIA.

Estas cuatro fases se diseñan en coherencia con los objetivos específicos: la Fase I aborda la sistematización normativa, las Fases II y III el diseño de la matriz de decisión y del modelo de gestión ambiental, y la Fase IV la aplicación al caso de estudio.

En conjunto, este diseño permite pasar desde la interpretación normativa y conceptual a la construcción de herramientas operativas, y finalmente a su constatación empírica en un caso real de tramitación ambiental.

4.2.Fase I: Levantamiento normativo y criterios técnicos

El objetivo es identificar y sistematizar los criterios legales, ambientales, territoriales y técnicos necesarios para determinar cuándo un proyecto minero mediano debe ser evaluado mediante DIA o EIA, y para definir los contenidos obligatorios de cada instrumento. El procedimiento es el siguiente:

1. Revisión normativa

- **Ley N° 19.300**, con foco en el artículo 11, que define los supuestos de impacto significativo que obligan a someter el proyecto a EIA.
- **D.S. N.º 40**, considerando:
 - Criterios de significancia ambiental.
 - Procedimientos de evaluación y requisitos de admisibilidad.
 - Exigencias de línea base y contenido mínimo de DIA/EIA.

- Obligaciones sobre medidas de mitigación, compensación y seguimiento.
- Reglas de participación ciudadana (obligatoria y voluntaria).

2. Identificación de componentes ambientales críticos

A partir del análisis normativo y de la literatura técnica, se catalogan más de 40 componentes ambientales y sociales relevantes, agrupados en:

- Medio físico (aire, agua superficial y subterránea, suelo, ruido, vibraciones, paisaje).
- Medio biótico (flora, fauna, ecosistemas, biodiversidad).
- Medio humano y cultural (población, salud, calidad de vida, patrimonio cultural, usos del territorio).
- Riesgos y salud (peligros naturales y tecnológicos, sustancias peligrosas).
- Interacción proyecto–territorio (áreas protegidas, zonas de valor ambiental, infraestructura sensible).

3. Sistematización de criterios técnico–ambientales

- Tipos de impactos potenciales (magnitud, duración, reversibilidad).
- Riesgos asociados y condiciones de significancia.
- Exigencias legales específicas (normas de calidad/emisión, estándares de protección).
- Sensibilidad del territorio (presencia de áreas protegidas, comunidades, usos del agua, etc.).

El resultado de esta fase es un marco interpretativo estructurado que:

- Permite derivar criterios verificables para la matriz de decisión (Fase II).
- Define los contenidos mínimos que deben ser abordados en los bloques del modelo de gestión ambiental (Fase III).

4.3.Fase II: Construcción de la matriz de decisión

Aquí se tiene por objetivo diseñar una matriz técnica, objetiva y verificable que permita determinar, de forma trazable, si un proyecto debe ingresar al SEIA mediante DIA o EIA, anticipando requisitos y evitando inadmisibilidades.

a) Definición de criterios

A partir de los supuestos de significancia del artículo 11 de la Ley N.º 19.300 y del D.S. N.º 40, se descomponen dichos supuestos en 20 criterios operativos, organizados en grandes bloques, tales como:

- Riesgo a la salud de la población.
- Afectación significativa de recursos naturales renovables.
- Localización en áreas protegidas o sitios prioritarios.
- Alteración relevante del paisaje y el patrimonio turístico.
- Exposición a riesgos naturales o tecnológicos.
- Reasentamiento o afectación de comunidades humanas.
- Afectación de patrimonio cultural material o inmaterial.
- Necesidad de consulta indígena (Convenio 169 OIT).
- Uso, manejo o transporte de sustancias peligrosas.

Cada criterio se formula como una pregunta de decisión, por ejemplo: ¿el proyecto genera emisiones sobre norma de calidad del aire en zonas pobladas?, para facilitar su aplicación en proyectos concretos.

b) Estructura de la matriz

La matriz de decisión se organiza en tablas (6, 7 y 8) que presentan para cada criterio:

- Criterio de evaluación.
- Aplicabilidad al proyecto, expresada de forma binaria (1 = aplica; 0 = no aplica), usualmente representada mediante símbolos (☒/✗).
- Implicancia del efecto ambiental o social cuando el criterio es activado.
- Instrumento recomendado, indicando si, de configurarse el criterio, se orienta a EIA o permite gestionar el impacto mediante una DIA.

c) Cálculo del Índice de Significancia Ambiental (ISA)

El ISA es una herramienta metodológica de apoyo utilizada en la evaluación ambiental en Chile para analizar y jerarquizar la significancia de los impactos ambientales de un proyecto, considerando criterios asociados al artículo 11 de la Ley N° 19.300, como la afectación a comunidades, recursos naturales, salud, ecosistemas o reasentamientos.

Cada criterio se representa mediante:

- Una variable binaria:
 - $Variable_i = 1$, si el criterio configura impacto significativo según el art.11 (supuesto que obliga a EIA).
 - $Variable_i = 0$, si el impacto es inexistente o acotado implica DIA.
- Un peso asociado a la gravedad potencial del criterio ($Peso_i = 1, 2 \text{ o } 3$), en función de:
 - Magnitud del impacto.
 - Sensibilidad del entorno.
 - Severidad del riesgo (por ejemplo, criterios asociados a salud, agua o reasentamiento tienden a tener pesos más altos).

El Índice de Significancia Ambiental (ISA) se calcula como:

$$ISA = \sum_{i=1}^{20} (Variable_i \times Peso_i)$$

Los resultados del ISA se interpretan según la Tabla 5: Calificación del ISA, que establece los siguientes rangos:

- 0–15: impactos no significativos → sugiere DIA.
- 16–30: impactos moderados → sugiere DIA reforzada (mayor detalle y robustez técnica).
- >30: impactos significativos (art.11) → sugiere EIA.

En esta tesis, el ISA se utiliza como métrica de significancia ambiental, constituyendo la base cuantitativa para recomendar el instrumento de gestión ambiental más adecuado para proyectos de mediana minería.

Tabla 5: Calificación del ISA. Elaboración propia.

ISA	Interpretación	Instrumento
0–15	Impactos no significativos	DIA
16–30	Impactos moderados	DIA reforzada
>30	Impactos significativos (Art.11)	EIA

4.4.Fase III: Construcción del modelo de gestión ambiental

Se debe estandarizar la elaboración de DIA y EIA mediante un modelo estructurado en bloques funcionales (columnas), que asegure coherencia técnica, completitud y trazabilidad con los requisitos del D.S. N.º 40.

a) Diseño del modelo de gestión ambiental

El modelo de gestión ambiental se construye a partir de la sistematización de los contenidos obligatorios para DIA y EIA establecidos en la Ley N.º 19.300 y D.S. N.º 40.

- El modelo EIA se organiza en 8 columnas, que corresponden a:
 1. Descripción del proyecto.
 2. Revisión del marco normativo.
 3. Línea base ambiental.
 4. Identificación y predicción de impactos.
 5. Medidas de mitigación.
 6. Medidas de compensación.
 7. Plan de monitoreo y seguimiento.
 8. Participación ciudadana (PAC).
- La columna de compensación es exclusiva del EIA, pues responde a la obligación de compensar impactos significativos que no pueden ser completamente mitigados.

- El modelo DIA se estructura en 7 columnas, idénticas a las anteriores excepto por la ausencia de la columna de compensación, dado que la DIA solo se admite para proyectos sin impactos significativos:
 1. Descripción del proyecto.
 2. Revisión del marco normativo.
 3. Línea base.
 4. Identificación de impactos.
 5. Medidas de mitigación.
 6. Plan de monitoreo y seguimiento.
 7. Participación ciudadana (obligatoria solo si se activa y voluntaria en el resto de los casos).

El número de columnas no puede reducirse sin eliminar obligaciones normativas ni ampliarse sin introducir exigencias no requeridas por la regulación, lo que garantiza que el modelo reproduce fielmente los contenidos mínimos del SEIA.

Adicionalmente, el modelo integra como capas voluntarias los estándares internacionales GRI e ISO 26000, orientados a robustecer la gestión y la reportabilidad, sin modificar los requisitos regulatorios mínimos.

b) Definición del Índice de Completitud del Modelo (ICM)

El Índice de Completitud del Modelo o ICM es una métrica cuantitativa diseñada para evaluar el grado de cumplimiento de los bloques obligatorios del modelo de gestión ambiental aplicado a una DIA o un EIA. Su función es verificar, de manera objetiva y reproducible, si el instrumento presentado incorpora todos los elementos estructurales exigidos por el modelo.

Se define previamente qué se entiende por “bloque cumplido”:

- Un bloque se considera cumplido cuando el instrumento aborda de manera explícita y suficiente todos los contenidos mínimos definidos para esa columna (por ejemplo, en la columna “Línea base” se exige caracterización del medio físico, biótico y humano, con fuentes, métodos y resultados claros).

El ICM se calcula como:

$$ICM = \frac{\text{Número de bloques cumplidos}}{\text{Número de bloques exigidos}} \times 100$$

Los resultados se interpretan mediante los siguientes rangos cualitativos (reajustados para evitar referencias explícitas a probabilidades):

- **≥ 90 %:**
 - Modelo completo, con alto nivel de solidez y coherencia interna.
 - Baja exposición a observaciones sustantivas por ausencia de contenidos estructurales.
- **70–89 %:**
 - Modelo adecuado, con nivel intermedio de solidez.
 - Posible necesidad de ajustes puntuales frente a observaciones de la autoridad, sin comprometer la estructura central del instrumento.
- **< 70 %:**
 - Modelo con bajo nivel de solidez.
 - Alto riesgo de observaciones relevantes e incluso de inadmisibilidad, al evidenciarse vacíos en bloques obligatorios.

En esta fase se define la fórmula y los umbrales del ICM; su aplicación concreta al caso de estudio se desarrolla posteriormente en el capítulo 6.

4.5.Fase IV: Diseño de la aplicación al caso de estudio

La Fase IV corresponde al diseño de la aplicación integrada de la matriz ISA y del modelo de gestión ambiental al caso de estudio “Continuidad Operacional Planta Pullalli”, un proyecto de mediana minería que ingresa al SEIA mediante DIA y obtiene RCA en 2023.

a) Selección del caso de estudio

El proyecto, “Continuidad Operacional Planta Pullalli”, ubicado en la comuna de La Ligua (Región de Valparaíso) y de propiedad de Holding Minero CEMIN, es seleccionado por:

- Corresponder a un proyecto de mediana minería, representativo del segmento foco de la tesis.
- Ser tramitado mediante DIA en el SEIA, con una modificación relevante del proceso metalúrgico (paso de lixiviación agitada a lixiviación en pilas).
- Contar con RCA favorable reciente, lo que permite contrastar los resultados del modelo con un comportamiento verificable en el sistema.

Fuentes de información

La aplicación de las herramientas se diseña a partir de las siguientes fuentes principales:

- Expediente DIA del proyecto en el SEIA y RCA del proyecto.
- Antecedentes complementarios necesarios para caracterizar el proyecto y su contexto territorial.

b) Procedimiento de aplicación

El procedimiento metodológico para la Fase IV se estructura en tres etapas:

1. Aplicación de la matriz al caso de estudio

- Se levantan los antecedentes del proyecto relevantes para cada uno de los 20 criterios de la matriz.
- Se determina, para cada criterio, la variable binaria (0/1) y el peso asignado, completando las tablas análogas a las Tablas 6–8, ahora específicas del caso.
- Se calcula el valor del ISA y se identifica el instrumento sugerido (DIA o EIA).

2. Aplicación del modelo de gestión ambiental al caso de estudio

- Se mapea el contenido de la DIA del proyecto sobre las columnas del modelo DIA (7 bloques).
- Se determina, para cada bloque, si se considera “cumplido” o “no cumplido” según los criterios definidos en la Fase III.
- Se calcula el ICM del caso, obtenido a partir del número de bloques cumplidos.

3. Contraste con el comportamiento real en el SEIA

- Se comparan el instrumento sugerido por el ISA y el nivel de completitud del modelo (ICM) con el instrumento efectivamente utilizado en el SEIA (DIA) y con el resultado del proceso evaluativo (RCA favorable).
- Se analizan las convergencias y posibles brechas, identificando en qué medida el modelo habría permitido anticipar observaciones o riesgos de inadmisibilidad.

En síntesis, este capítulo se describe el diseño y cómo se aplica el modelo; los resultados concretos (valores de ISA, ICM y análisis detallado del caso Pullalli) se presentan y discuten en los capítulos 5 y 6.

5. Resultados: Modelo de gestión ambiental para proyectos de mediana minería

Este capítulo presenta el producto metodológico central de la tesis:

1. La matriz de decisión para la elección del instrumento ambiental (ISA).
2. El modelo de gestión ambiental estructurado en bloques para DIA y EIA (ICM).

Ambos resultados se conciben para la realidad de la mediana minería, pero se formulan de manera suficientemente general como para ser replicables en otros proyectos y contextos.

5.1.Resultados de la Fase II: matriz de decisión

5.1.1. Matriz de decisión de 20 filas

La matriz de decisión se construye a partir de un proceso de desagregación y operacionalización de los criterios de significancia del artículo 11 de la Ley N.º 19.300 y del D.S. N.º 40, con el objetivo de traducirlos en preguntas concretas, aplicables a proyectos reales de mediana minería.

El procedimiento para llegar a las 20 filas (20 criterios) se puede resumir en cuatro pasos:

1. Identificación de los supuestos de significancia legales

- Se revisan uno a uno los literales del artículo 11 (riesgo a la salud, efectos sobre recursos naturales renovables, reasentamiento, patrimonio cultural, áreas protegidas, etc.).
- Cada literal se toma como una “familia” de posibles criterios, pero todavía a un nivel muy general y jurídico.

2. Desagregación de los literales en criterios operativos

- Algunos literales son demasiado amplios para ser usados directamente como una sola fila de la matriz.
 - Por ejemplo, el literal sobre recursos naturales renovables se descompone en criterios separados para agua, suelo, biodiversidad, etc.
 - El literal sobre población y salud se divide en criterios que distinguen entre riesgos tóxicos, ruido, calidad del aire, proximidad a áreas pobladas, etc.
- Esta desagregación permite que cada criterio se pueda contestar sí/no con base en información disponible del proyecto.

3. Incorporación de criterios transversales clave

- Además de la desagregación directa de los literales del artículo 11, se agregan criterios que, si bien están implícitos en la normativa, son críticos para la evaluación de proyectos mineros:
 - Localización respecto de áreas protegidas y zonas de valor ambiental.
 - Exposición a riesgos naturales o tecnológicos.
 - Manejo de sustancias peligrosas (por ejemplo, cianuro en procesos de lixiviación).
- Estos criterios no son “nuevos requisitos”, sino una forma de hacer explícitos elementos que la autoridad ya mira cuando interpreta la significancia de los impactos.

4. Depuración y prueba de redundancias

- Se descartan formulaciones repetidas o redundantes, fusionando criterios que apuntaban al mismo fenómeno con distinto lenguaje.
- Se verifica que cada criterio:
 - Corresponda a un aspecto que podría activar un EIA o reforzar la DIA.
 - Sea relevante en el contexto de la mediana minería.

El resultado de este proceso son 20 criterios, cada uno formulado como una fila de la matriz, lo suficientemente específicos como para ser respondidos con evidencia del proyecto, pero lo bastante generales como para no depender de un tipo de mina o proceso muy particular.

En síntesis, son 20 filas porque:

- Cubren exhaustivamente los supuestos de significancia del artículo 11 y sus aspectos más relevantes para la mediana minería.
- Son no redundantes (cada fila aporta información nueva).

5.1.2. Estructura definitiva de la matriz de decisión

- **Criterio de evaluación:**
 - Formulado como una pregunta operativa, por ejemplo:
 - ¿El proyecto se localiza en un área protegida o sitio prioritario para la conservación?
 - ¿El proyecto implica reasentamiento de población o alteración significativa de modos de vida?
 - ¿El proyecto utiliza sustancias peligrosas con potencial de afectar cursos de agua o población cercana?
- **Aplicabilidad al proyecto (Variable_i):** registrada como 1 (aplica) o 0 (no aplica). Esta decisión se toma a partir de la información técnica disponible del proyecto (descripción, ubicación, procesos, insumos, etc.).
- **Peso_i:** valor 1, 2 o 3, representa la gravedad potencial del criterio si este es activado. Criterios con implicancias en salud humana, agua, biodiversidad crítica o reasentamiento tienden a tener pesos más altos.
- **Implicancia:** una explicación breve de qué significa que el criterio se active, por ejemplo: posible afectación de agua para consumo humano, riesgo de pérdida de hábitat crítico, riesgo de exposición de población a sustancias tóxicas.
- **Instrumento recomendado:** basado en la experiencia y en la interpretación normativa, se propone para cada criterio si, de activarse, se inclina la balanza hacia un EIA o si es posible gestionarlo dentro de una DIA reforzada.

A continuación, desde la tabla 6 a 8, se presenta la matriz de decisión:

Tabla 6:(1) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia, en base a ley 19.300 y DS 40.

Criterio de Evaluación	¿Aplica al proyecto?	Implicancia	Instrumento Recomendado
1. ¿El proyecto genera riesgo a la salud de la población por emisiones, residuos o sustancias peligrosas?	✓ / ✗	Si el proyecto implica emisiones atmosféricas (como material particulado fino, dióxidos de azufre o nitrógeno), vertimientos líquidos o generación de residuos peligrosos, puede producir afectación directa o indirecta a la salud humana. El capítulo 4 establece que este tipo de riesgos requiere modelación de dispersión, evaluación de exposición y planes de contingencia, lo cual excede el alcance de una DIA.	EIA si es afirmativo. DIA si no hay riesgo significativo.
2. ¿Afecta significativamente recursos como agua, aire, suelo o biodiversidad?	✓ / ✗	Cuando el proyecto interviene ecosistemas naturales o recursos renovables esenciales —como cursos de agua, zonas de recarga de acuíferos, suelos fértiles o hábitats de especies protegidas—, el capítulo indica que se debe levantar una línea base detallada, establecer modelaciones y adoptar medidas de compensación y restauración. Una DIA no entrega el nivel técnico requerido para tales análisis.	EIA si es significativo. DIA si es acotado.
3. ¿Está emplazado en zonas ambiental o culturalmente sensibles?	✓ / ✗	El capítulo señala que los proyectos cercanos a áreas protegidas, glaciares, humedales, sitios arqueológicos o zonas con valor espiritual o simbólico para comunidades, deben pasar por una evaluación de compatibilidad territorial. Esta exige análisis de externalidades indirectas, acumulativas y sinérgicas, así como participación activa, lo cual hace procedente un EIA.	EIA si hay cercanía a zonas sensibles.
4. ¿Requiere reasentamiento o afecta costumbres o modos de vida de comunidades?	✓ / ✗	Cualquier intervención que afecte el uso y ocupación del territorio, o que altere el sistema productivo, cultural o relacional de comunidades, requiere —según el capítulo 4— una evaluación social profunda. Esto implica caracterización de población, identificación de impactos no materiales y medidas compensatorias, aspectos que solo un EIA aborda con la profundidad y transparencia requeridas.	EIA si hay afectación social.
5. ¿Los impactos son acumulativos, sinérgicos o irreversibles en el tiempo?	✓ / ✗	El capítulo establece que si el proyecto se inserta en un entorno donde existen otras operaciones con efectos similares, los impactos deben evaluarse en conjunto. Además, si estos impactos persisten más allá de la operación del proyecto o modifican irreversiblemente la estructura del medio (ej. pérdida de especies, cambio del régimen hídrico), se requiere una evaluación integral y modelada.	EIA si los impactos tienen carácter estructural.
6. ¿Incluye obras de gran envergadura o riesgo (rajos, túneles, relaves, etc.)?	✓ / ✗	Proyectos que incorporan estructuras como rajes abiertos, sistemas de túneles extensos, depósitos de relaves o plantas de procesamiento con alto riesgo operativo deben incluir evaluaciones geotécnicas, hidrogeológicas, de estabilidad física y planes de emergencia. El capítulo 4 establece que estas exigencias exceden lo abordable en una DIA y requieren un EIA con revisión intersectorial.	EIA si involucra obras críticas.
7. ¿Existe percepción de riesgo o potencial de conflicto en el territorio?	✓ / ✗	El capítulo destaca que, incluso si el proyecto cumple normativamente, la percepción comunitaria puede generar oposición social. Cuando existe un historial de conflicto, resistencia organizada o antecedentes de judicialización, se recomienda el uso de EIA como herramienta de legitimación, transparencia y contención de riesgo reputacional e institucional.	EIA si hay alto nivel de controversia.
8. ¿El proyecto genera cargas ambientales permanentes o intensivas?	✓ / ✗	Cuando el consumo de agua, energía, o la generación de residuos y emisiones es constante y de alta magnitud, se considera una carga ambiental significativa. El capítulo indica que esto debe analizarse en términos de capacidad de carga del entorno receptor, lo cual requiere cuantificación, balances y seguimiento ambiental permanente, solo viable mediante un EIA.	EIA si las cargas son significativas.

Tabla 7:(2) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia, en base a ley 19.300 y DS 40.

Criterio de Evaluación	¿Aplica al proyecto?	Implicancia	Instrumento Recomendado
9. ¿Requiere una línea base ambiental detallada, con levantamiento multidisciplinario?	✓ / ✗	En zonas con sensibilidad ecológica, complejidad hidrogeológica, o escasa información previa, se requiere recopilar datos primarios mediante campañas en terreno, estudios de biodiversidad, calidad de agua y aire, entre otros. El capítulo establece que este nivel de detalle metodológico no es exigido por una DIA, pero sí es parte constitutiva de un EIA.	EIA si la caracterización debe ser exhaustiva.
10. ¿Puede cumplir con la normativa ambiental sin medidas compensatorias complejas?	✓ / ✗	Si el proyecto se ajusta plenamente a la normativa vigente con medidas estándar de control, se admite una DIA. En cambio, si requiere excepciones normativas, compensaciones territoriales o medidas de reparación ecológica o social complejas, el capítulo establece que se debe presentar un EIA por su mayor capacidad técnica, jurídica y de fiscalización.	DIA si el cumplimiento es directo.
11. ¿Implica uso o afectación de cuerpos de agua superficiales o subterráneos?	✓ / ✗	Cuando se interceptan napas freáticas, se extrae agua de ríos, lagunas o pozos, o se generan descargas en cuerpos de agua, el proyecto debe modelar sus efectos en cantidad y calidad del recurso, según el capítulo. Esto incluye balances hídricos, modelación hidrogeológica y medidas de manejo, que deben presentarse en un EIA por su complejidad y riesgo ambiental.	EIA si afecta significativamente recursos hídricos.
12. ¿Emite contaminantes atmosféricos significativos (material particulado, gases, etc.)?	✓ / ✗	Proyectos con emisiones relevantes deben realizar modelaciones de dispersión, establecer zonas de impacto y justificar cumplimiento normativo. El capítulo indica que esto es aplicable a plantas de chancado, combustión o movimiento de materiales, y que estos estudios de calidad del aire y salud ambiental deben integrarse dentro del marco de un EIA.	EIA si excede umbrales normativos.
13. ¿Modifica drásticamente la cobertura vegetal o genera fragmentación de hábitats?	✓ / ✗	La remoción de vegetación nativa, la tala en masa, o la creación de barreras físicas que interrumpen corredores biológicos implica pérdida de biodiversidad. Según el capítulo, se requieren estudios de flora y fauna, análisis de conectividad ecológica y medidas de compensación ecosistémica, los cuales son propios de un EIA.	EIA si afecta hábitats o biodiversidad.
14. ¿Genera residuos peligrosos o requiere un plan de manejo de residuos especiales?	✓ / ✗	El capítulo establece que si el proyecto involucra generación, almacenamiento o transporte de residuos peligrosos (RILES, lodos contaminados, aceites, etc.), se deben establecer planes específicos de manejo, almacenamiento temporal, transporte autorizado y disposición final. Todo ello requiere trazabilidad y evaluación de riesgo, lo cual corresponde a un EIA.	EIA si hay residuos complejos.
15. ¿Está dentro de un área de influencia de proyectos preexistentes?	✓ / ✗	Si existen otros proyectos o faenas en operación en la misma cuenca o zona de influencia, los efectos deben evaluarse en conjunto. El capítulo señala que esto implica la identificación de impactos acumulativos y sinérgicos, requerimientos normativos diferenciados y coordinación de medidas conjuntas, lo cual se integra solo en la metodología de un EIA.	EIA si hay interacción entre proyectos.
16. ¿Involucra uso intensivo de energía o combustibles fósiles a gran escala?	✓ / ✗	Una alta demanda de energía (por ejemplo, plantas de molienda, bombeo, ventilación o fundición) implica una huella de carbono relevante. Según el capítulo, esto requiere evaluación del impacto energético, medidas de eficiencia o compensación, y evaluación de emisiones indirectas, que deben abordarse mediante un EIA.	EIA si genera huella energética relevante.

Tabla 8:(3) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia, en base a ley 19.300 y DS 40.

Criterio de Evaluación	¿Aplica al proyecto?	Implicancia	Instrumento Recomendado
17. ¿Existe riesgo de generar impacto sobre sitios arqueológicos o paleontológicos?	✓ / ✗	Si el área del proyecto contiene registros arqueológicos, paleontológicos o históricos, o existe sospecha razonable de su existencia, se requiere una evaluación patrimonial previa, con prospecciones, planes de rescate y medidas de conservación. El capítulo establece que esto exige participación de especialistas y debe integrarse en un EIA.	EIA si hay riesgo de afectación cultural.
18. ¿Contempla procesos con uso de sustancias químicas peligrosas (ácidos, cianuro, explosivos)?	✓ / ✗	Proyectos que utilicen reactivos químicos, explosivos, o sustancias con potencial tóxico requieren evaluación de seguridad, planes de emergencia, almacenamiento seguro y control de fugas. El capítulo establece que este tipo de riesgo operativo requiere medidas integradas dentro del marco de un EIA.	EIA si hay uso intensivo de sustancias peligrosas.
19. ¿La duración del proyecto es prolongada (más de 15–20 años) o su operación es permanente?	✓ / ✗	Un proyecto de larga duración implica impactos acumulativos, desgaste progresivo del entorno, y necesidad de medidas de seguimiento, mantenimiento y planes de cierre más robustos. El capítulo indica que solo un EIA permite establecer medidas de largo plazo, control adaptativo y monitoreo post-cierre.	EIA si la operación es prolongada y permanente.
20. ¿Existe necesidad de realizar consulta indígena conforme al Convenio 169 de la OIT?	✓ / ✗	Si el proyecto se localiza en territorio indígena o afecta directa o indirectamente a pueblos originarios, se activa el derecho a consulta previa. El capítulo subraya que esta debe estar articulada con participación temprana, estudios socioculturales y análisis de impacto diferenciados, lo cual requiere obligatoriamente un EIA.	EIA si se requiere consulta indígena.

5.2.Resultados de la Fase III: modelo de gestión ambiental

El resultado de este proceso son 20 criterios, cada uno formulado como una fila de la matriz, lo suficientemente específicos como para ser respondidos con evidencia del proyecto, pero lo bastante generales como para no depender de un tipo de mina o proceso muy particular.

5.2.1. Modelo de gestión ambiental EIA de 8 columnas y modelo de gestión ambiental DIA de 7 columnas

El modelo de gestión ambiental se diseña para ordenar y verificar que una DIA o un EIA incluyen todos los elementos estructurales que la normativa exige. La lógica de construcción fue la siguiente:

1. Extracción de contenidos mínimos del D.S. N.º 40 para EIA y DIA

- Se revisan las secciones del reglamento que establecen qué debe contener un EIA y qué debe contener una DIA (descripción del proyecto, línea base, identificación de impactos, medidas, seguimiento, participación, etc.).

- Se hace un listado de ítems, sin agrupar, lo que inicialmente da una lista larga de elementos (varias decenas).

2. Agrupamiento en bloques funcionales

- Se agrupan los ítems en bloques que tengan sentido lógico y que correspondan a etapas del razonamiento ambiental: primero describir el proyecto, luego el contexto, luego los impactos, luego las medidas, etc.
- Este agrupamiento converge en 8 bloques para EIA:
 1. Descripción del proyecto.
 2. Marco normativo aplicable.
 3. Línea base ambiental.
 4. Identificación y evaluación de impactos.
 5. Medidas de mitigación.
 6. Medidas de compensación.
 7. Plan de monitoreo y seguimiento.
 8. Participación ciudadana.

3. Verificación contra la normativa (mínimo necesario)

- Se comprueba que cada obligación normativa (por ejemplo, describir el medio físico, presentar modelaciones de dispersión, explicar la PAC, etc.) quede contenida en al menos uno de esos bloques.
- Se verifica que ningún bloque pueda suprimirse sin dejar fuera algo que la normativa exige.
- Este ejercicio lleva a la conclusión de que 8 es el número mínimo de columnas que permite agrupar todos los contenidos obligatorios de un EIA sin perder información ni mezclar cosas que la normativa trata como etapas distintas (por ejemplo, no tiene sentido fusionar impactos con medidas, porque el reglamento los trata de forma separada).

4. Derivación del modelo DIA como simplificación del EIA

- La DIA debe cumplir con casi todos los mismos pasos, excepto que no se exigen medidas de compensación, ya que los proyectos que pueden ir por DIA no deberían generar impactos significativos que requieran compensarse.
- Por lo tanto, se mantiene la misma lógica de bloques, pero se elimina la columna de “medidas de compensación”, dando lugar a 7 columnas:
 1. Descripción del proyecto.
 2. Marco normativo aplicable.
 3. Línea base.
 4. Identificación de impactos.
 5. Medidas de mitigación.
 6. Plan de monitoreo y seguimiento.
 7. Participación ciudadana.
- El modelo tiene 8 columnas para EIA porque cada una responde a un grupo de obligaciones normativas que no se pueden eliminar ni fusionar sin distorsionar la estructura de un EIA.
- El modelo tiene 7 columnas para DIA porque es una versión simplificada del EIA, donde lo único que se elimina es la compensación, coherente con el hecho de que la DIA se usa solo cuando no hay impactos significativos.

5.2.2. Descripción de los bloques del modelo de gestión ambiental EIA

El modelo de gestión ambiental se diseña para ordenar y verificar que una DIA o un EIA incluyen todos los elementos estructurales que la normativa exige. La lógica de construcción fue la siguiente:

1. Descripción del proyecto

- Objetivos, justificación, localización, procesos productivos, insumos, productos, residuos, fases (construcción, operación, cierre).
- Esta columna responde a la pregunta: ¿Qué se quiere hacer, dónde, cómo y con qué magnitud?

2. Marco normativo aplicable

- Identificación de toda la normativa ambiental y sectorial aplicable (leyes, reglamentos, normas de calidad y emisión, permisos sectoriales asociados).
- Explicación de cómo el proyecto se adecua a cada uno de esos cuerpos normativos.

3. Línea base ambiental

- Caracterización detallada del medio físico, biótico y humano en el área de influencia del proyecto.
- Descripción de condiciones actuales, tendencias, presencia de áreas sensibles, comunidades, usos de recursos, etc.

4. Identificación y evaluación de impactos

- Análisis sistemático que vincula actividades del proyecto con cambios en componentes ambientales.
- Evaluación de magnitud, extensión, duración, reversibilidad y acumulación de impactos, y determinación de su significancia.

5. Medidas de mitigación

- Medidas destinadas a reducir la magnitud o probabilidad de los impactos significativos identificados.
- Deben estar claramente vinculadas a impactos específicos y ser técnicamente viables.

6. Medidas de compensación

- Medidas destinadas a compensar impactos que, aun con mitigación, se mantienen significativos.
- Este bloque es clave en el EIA, porque refleja la obligación de hacerse cargo de los impactos residuales significativos.

7. Plan de monitoreo y seguimiento

- Programas de medición y seguimiento para verificar la efectividad de medidas y el cumplimiento de normas y compromisos.
- Definición de indicadores, frecuencias, responsables, protocolos y umbrales de alerta.

8. Participación ciudadana

- Descripción de las instancias de PAC obligatoria, mecanismos de información a la comunidad y gestión de observaciones.
- Responde a cómo el proyecto incorpora la dimensión social y la transparencia de la evaluación.

Cada columna contiene una serie de ítems internos, que pueden ser presentados en tablas tipo, por fase del proyecto (construcción, operación, cierre), para ordenar la información y visualizar impactos en las distintas etapas del proyecto. Estas tablas (13, 14 y 15), funcionan como una plantilla de llenado: el titular o consultor puede ir completando cada columna y fase, asegurando que no queden actividades sin impacto ni impactos sin medidas o seguimiento. Para estos efectos ese nivel de detalle se presenta en los anexos de este trabajo (Anexo 1).

5.2.3. Descripción de los bloques del modelo de gestión ambiental DIA

El modelo DIA replica la lógica del EIA, con la única diferencia de que no incluye la columna de compensación:

1. **Descripción del proyecto** – similar al EIA, pero con un nivel de detalle proporcional al tipo de proyecto.
2. **Marco normativo aplicable** – identificación y justificación del cumplimiento normativo.
3. **Línea base** – caracterización proporcional, pero suficiente para demostrar ausencia de impactos significativos.

4. **Identificación de impactos** – análisis de impactos, aunque en general menos complejo que en un EIA, pero obligatoriamente coherente.
5. **Medidas de mitigación** – conjunto de medidas que demuestran que los impactos son controlables.
6. **Plan de monitoreo** – mecanismos básicos de seguimiento que aseguran que los impactos no se desborden en el tiempo.
7. **Participación ciudadana** – cuando aplica (PAC voluntaria) o cuando el titular decide incorporarla como buena práctica.

La ausencia de la columna de compensación no es un error metodológico, sino una consecuencia lógica: si hiciera falta compensar impactos significativos, el proyecto debiera evaluarse por EIA, no por DIA.

Entonces, los modelos de gestión ambiental desarrollados se presentan en las Figuras de las páginas siguientes.

A continuación, el modelo de gestión de un Estudio de Impacto Ambiental (8 columnas), desarrollado para proyectos de mediana minería en Chile:

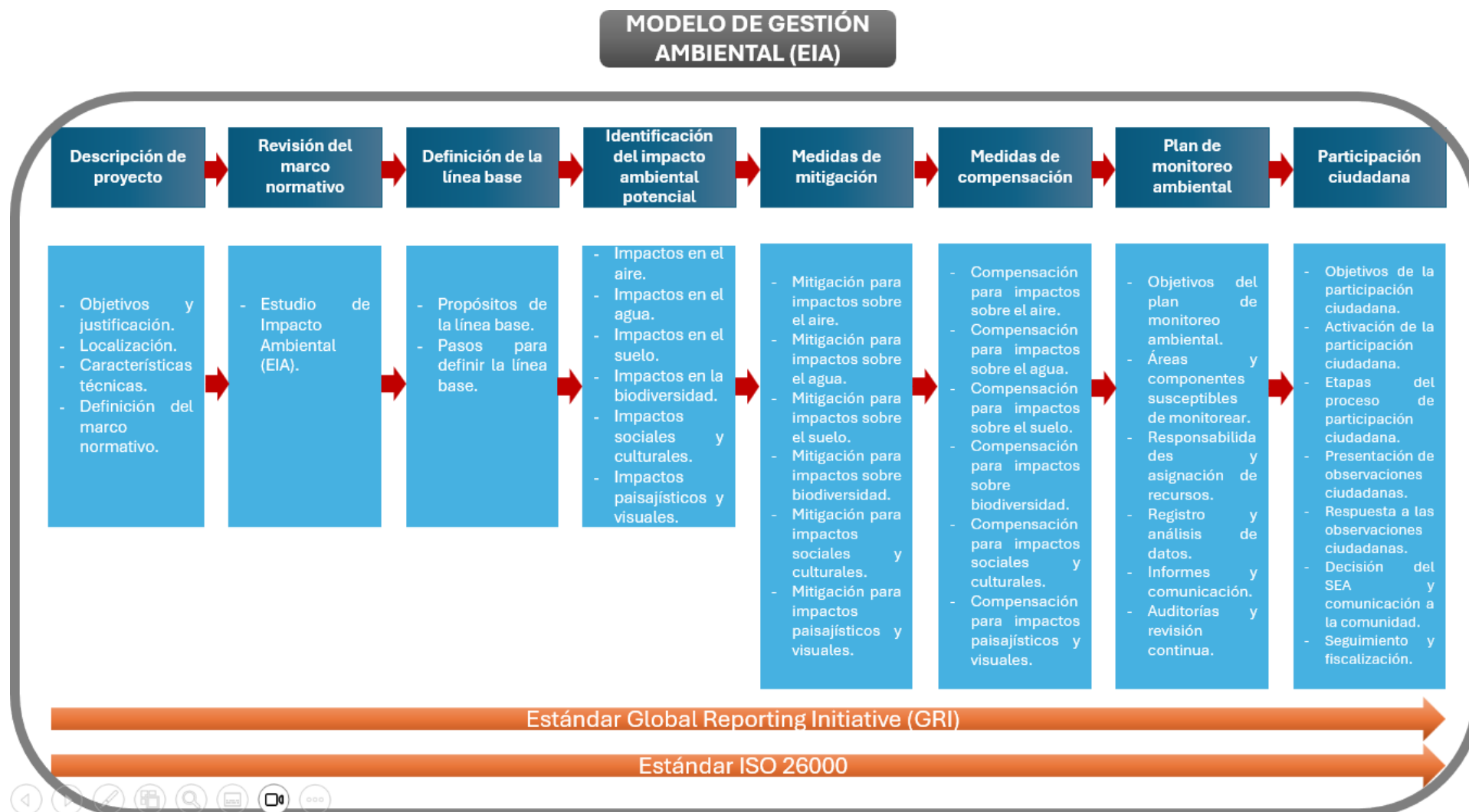


Figura 3: Modelo de Gestión Ambiental de un EIA. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, el modelo de gestión de una Declaración de Impacto Ambiental (7 columnas), desarrollado para proyectos de mediana minería en Chile:

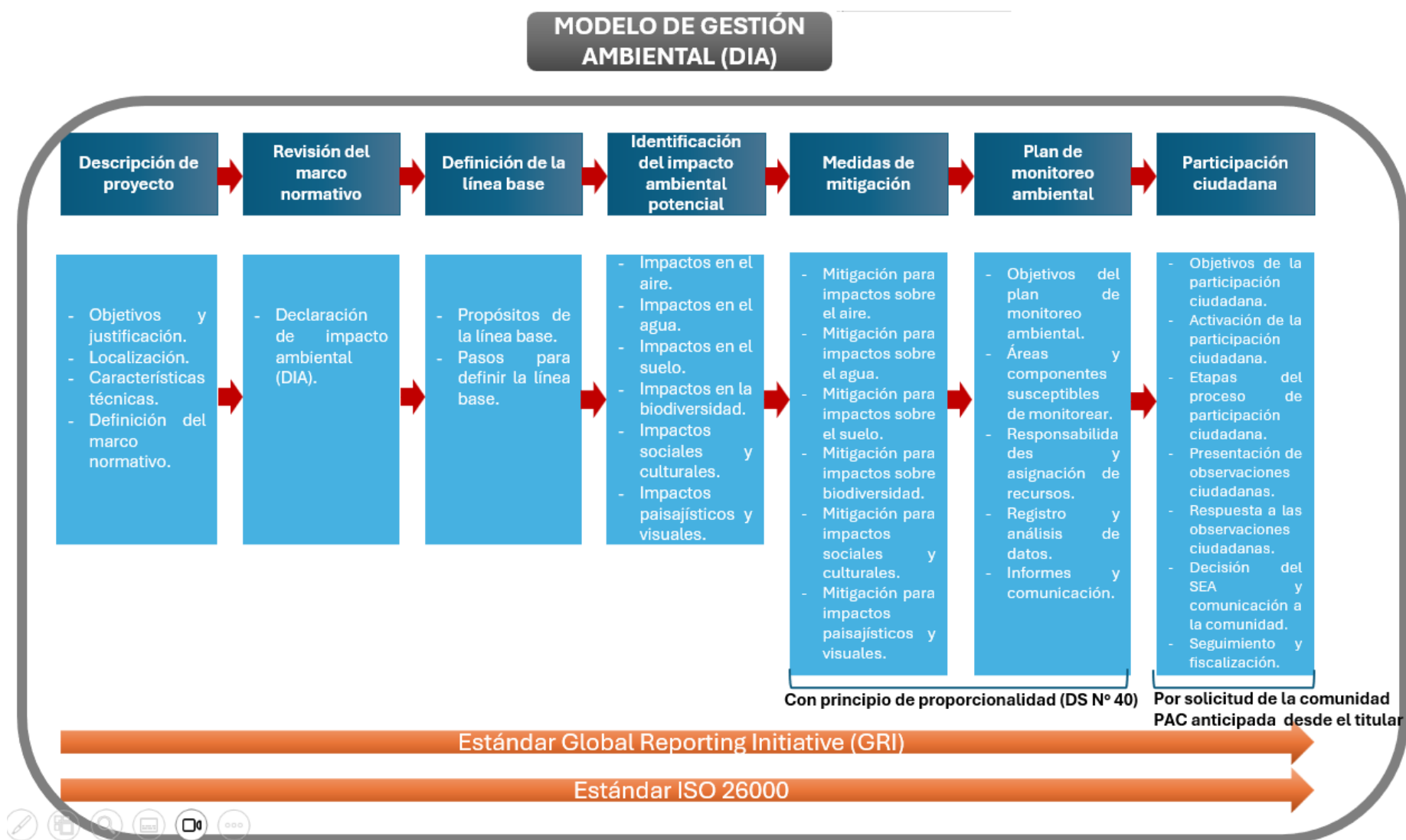


Figura 4: Modelo de Gestión Ambiental de una DIA. Fuente: Elaboración propia.

6. Caso de estudio: Planta Pullalli

Este capítulo desarrolla la aplicación detallada de las herramientas diseñadas en esta tesis, la matriz de decisión e indicador ISA, y el modelo de gestión ambiental con el ICM, al proyecto “Continuidad Operacional Planta Pullalli”, evaluado mediante DIA y aprobado mediante RCA en 2023.

El objetivo es verificar si las herramientas permiten anticipar correctamente tanto la elección del instrumento ambiental como el desempeño del proyecto en el SEIA, contrastando los resultados con la evidencia real del expediente.

6.1.Descripción del proyecto (caso de estudio)

6.1.1. Objetivo general y fundamentos del proyecto

El proyecto “Continuidad Operacional Planta Pullalli”, corresponde a una iniciativa de mediana minería aurífera, que busca extender su vida útil mediante la modificación del proceso hidrometalúrgico, reemplazando la lixiviación agitada por lixiviación en pilas.

Los fundamentos principales son:

- Procesar minerales de baja ley ($<2,5$ g/t de oro),
- Optimizar la recuperación metalúrgica con una tecnología más adecuada al mineral,
- Mantener la operación productiva y sus efectos económicos locales,
- Incrementar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones mineras existentes.

La reconversión tecnológica permite proyectar cinco años adicionales de operación, manteniendo la clasificación del proyecto dentro del segmento de mediana minería.

6.1.2. Localización

El proyecto se emplaza en la comuna de La Ligua, Región de Valparaíso, en la ladera occidental del Cerro Talcalán, a $\sim 4,5$ km de la localidad de Pullalli.

La localización presenta características relevantes para la evaluación ambiental:

- No se sitúa dentro de áreas protegidas,

- No interseca zonas de valor ambiental reconocidas,
- No afecta cursos de agua de uso poblacional inmediato,
- Mantiene una distancia significativa respecto de centros poblados.

Estas condiciones territoriales inciden directamente en la activación (o no) de criterios de significancia dentro de la matriz ISA.

6.1.3. Características técnicas y fases del proyecto

El proyecto procesa 15.000 toneladas/mes mediante pilas de lixiviación, en un sistema de circuito cerrado de soluciones. Se organiza en:

a) Fase de construcción

- Obras de habilitación de terrazas para pilas de lixiviación,
- Instalación de geomembranas, drenes, tuberías y estanques,
- Adecuación de infraestructura existente.

b) Fase de operación

- Recepción y chancado del mineral,
- Conformación de pilas, aplicación de solución cianurada,
- Recuperación de oro mediante adsorción y electro-obtención,
- Recirculación total de soluciones, evitando descargas líquidas,
- Manejo y disposición de residuos y control de emisiones difusas.

c) Fase de cierre

- Desmantelamiento progresivo,
- Estabilización de superficies intervenidas,
- Monitoreos post-cierre para verificar la condición del sitio.

La caracterización completa de fases permite aplicar el modelo de gestión bloque por bloque y evaluar la coherencia ambiental del proyecto.

6.2. Aplicación de la matriz de decisión al caso de estudio

En esta sección se analiza cómo el proyecto Pullalli activa o no cada uno de los 20 criterios operativos de la matriz. Para cada criterio se evalúa:

- $Variable_i = 1$ o 0
- $Peso_i = 1, 2$ o 3
- Implicancia regulatoria
- Posible tendencia hacia DIA o EIA si dicho criterio fuese activado

6.2.1. Evaluación detallada de los criterios presentes en la matriz de decisión

El análisis se realiza sobre los siguientes grupos de criterios:

1. Salud humana y riesgos a la población (criterios 1–5)

- emisiones atmosféricas sobre norma,
- sustancias peligrosas,
- ruido,
- proximidad a población sensible,
- riesgos tecnológicos mayores.

Ninguno de estos criterios se activa porque:

- la planta está alejada de centros poblados;
- los niveles estimados de emisiones y ruidos se mantienen bajo normativa;
- el uso de cianuro se gestiona con doble contención y sistema de monitoreo de fugas;
- no se manejan sustancias con riesgo SEVESO o equivalente;
- no existe población expuesta a riesgos agudos directos.

Conclusión: todos los criterios de esta categoría $\rightarrow Variable_i = 0$.

2. Recursos naturales renovables y territorios sensibles (criterios 6–12)

Incluyen afectación significativa a:

- aguas superficiales y subterráneas,
- suelos y geomorfología,
- flora y fauna,

- hábitats prioritarios,
- ecosistemas sensibles,
- áreas protegidas.

Resultado general:

- El proyecto opera en circuito cerrado, sin descargas;
- No afecta derechos de aprovechamiento de terceros;
- No altera áreas protegidas ni sitios prioritarios;
- No se identifican especies de alto valor de conservación afectadas.

Conclusión: todos los criterios $\rightarrow$ Variable_i = 0.

3. Medio humano, comunidades y patrimonio (criterios 13–16)

Se Analiza:

- reasentamiento o relocalización,
- afectación significativa de actividades económicas o modos de vida,
- consulta indígena,
- patrimonio cultural material o inmaterial.

Resultado general:

- No hay reasentamiento ni modificación de modos de vida;
- No existen comunidades indígenas dentro del área susceptible de afectación;
- No se han identificado sitios arqueológicos relevantes.

Conclusión: todos los criterios $\rightarrow$ Variable_i = 0.

4. Riesgos naturales, manejo de residuos y peligros tecnológicos (criterios 17–20)

Incluye:

- exposición a zonas inundables o inestables,
- gestión de residuos peligrosos,
- sustancias peligrosas en transporte o almacenamiento,
- riesgos ambientales mayores por falla tecnológica.

Resultado general:

- El área presenta estabilidad geomorfológica adecuada;
- Los residuos se gestionan conforme a reglamentos específicos;

- El transporte de cianuro está normado y mitigado;
- Los sistemas de contención minimizan riesgos relevantes.

Conclusión: todos los criterios $\rightarrow$ Variable_i = 0.

A continuación, se presenta la matriz de decisión aplicada al caso de estudio.

Tabla 9:(1) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia.

Criterio de Evaluación	¿Aplica al proyecto?	Implicancia	Instrumento Recomendado
1. ¿El proyecto genera riesgo a la salud de la población por emisiones, residuos o sustancias peligrosas?	✓ / ✗	El proyecto no representa un riesgo significativo para la salud de la población, dado que las emisiones de PM ₁₀ y PM _{2.5} serán controladas mediante riego permanente de caminos, encapsulado de material particulado y mantención de maquinaria. Los residuos peligrosos (aceites, lubricantes, filtros) serán almacenados en contenedores certificados y retirados por gestores autorizados. Estas medidas, junto con el monitoreo ambiental continuo, aseguran impactos acotados y compatibles con el instrumento DIA.	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
2. ¿Afecta significativamente recursos como agua, aire, suelo o biodiversidad?	✓ / ✗	El proyecto no afecta significativamente los recursos agua, aire, suelo o biodiversidad, dado que contempla medidas técnicas eficaces: consumo de agua industrial de 49.262 m ³ /año en circuito cerrado autorizado (10 l/s), emisiones de PM ₁₀ controladas (17.4 t/año) mediante riego y mantenimiento vial, manejo de suelos con revegetación y barreras contra erosión, y ausencia de hábitats críticos en el área intervenida. Estas condiciones permiten su evaluación mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA)	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
3. ¿Está emplazado en zonas ambiental o culturalmente sensibles?	✓ / ✗	El proyecto no se emplaza en zonas ambiental ni culturalmente sensibles, ya que se ubica a 4,5 km de la localidad de Pullalli sin afectar áreas protegidas ni sitios arqueológicos conocidos. Aunque se reconoce la potencial presencia de patrimonio cultural, el estudio de línea base no ha identificado elementos críticos, y se han establecido medidas de conservación preventiva ante hallazgos. Estas condiciones permiten una evaluación ambiental mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA)	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
4. ¿Requiere reasentamiento o afecta costumbres o modos de vida de comunidades?	✓ / ✗	El proyecto se emplaza a 4,5 km de Pullalli, no intersecta asentamientos humanos ni comunidades indígenas. La relación formal con los titulares de terrenos se regula mediante un contrato de servidumbre vigente desde 2007. No se identifican alteraciones culturales ni desplazamientos físicos, descartando afectación conforme al literal d) del Art. 11 del D.S. 40	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
5. ¿Los impactos son acumulativos, sinérgicos o irreversibles en el tiempo?	✓ / ✗	El proyecto no se superpone con otras operaciones industriales, y sus impactos, tales como consumo de agua (49.262 m ³ /año) y emisión de PM ₁₀ (17,4 t/año), son acotados, reversibles y controlados mediante sistemas de recirculación y humectación de caminos. No se configuran interacciones acumulativas conforme al literal e) del Art. 11	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
6. ¿Incluye obras de gran envergadura o riesgo (rajos, túneles, relaves, etc.)?	✓ / ✗	El proyecto se desarrolla en una planta ya existente, sin excavaciones mayores, relaves ni túneles. La infraestructura se limita a caminos internos y estanques de agua, por lo que no configura obras de alto riesgo estructural bajo el literal b) del Art. 11	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
7. ¿Existe percepción de riesgo o potencial de conflicto en el territorio?	✓ / ✗	El proyecto contempla participación ciudadana voluntaria y no ha generado controversia pública significativa. Se basa en mecanismos de diálogo y validación de línea base ambiental. No existen antecedentes de oposición, evitando el supuesto del literal d) del Art. 11	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)

Tabla 10:(2) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia.

Criterio de Evaluación	¿Aplica al proyecto?	Implicancia	Instrumento Recomendado
8. ¿El proyecto genera cargas ambientales permanentes o intensivas?	✓ / ✗	El consumo de agua (10 l/s) y la generación de partículas (PM10 y PM2.5) se controlan mediante recirculación y control del agua de proceso planta, riego de caminos y mantenimiento de maquinaria. Estas cargas están bajo umbrales normativos (D.S. N° 90 y N° 59), siendo gestionables por DIA	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
9. ¿Requiere una línea base ambiental detallada, con levantamiento multidisciplinario?	✓ / ✗	La línea base incluye caracterización hidrogeológica, calidad de aire, suelo, flora, fauna y aspectos socioculturales, cumpliendo guías del SEIA. Se identifican áreas no sensibles, sin presencia de especies en categoría de conservación ni hábitats críticos	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
10. ¿Puede cumplir con la normativa ambiental sin medidas compensatorias complejas?	✓ / ✗	El proyecto se ajusta a la normativa sectorial (D.S. 90, D.S. 148, D.S. 59) mediante medidas operacionales estándar. No requiere compensaciones territoriales ni planes de restauración complejos, cumpliendo lo dispuesto en el Art. 11 literal b)	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
11. ¿Implica uso o afectación de cuerpos de agua superficiales o subterráneos?	✓ / ✗	El agua industrial (49.262 m³/año) proviene de fuente subterránea con derecho vigente por 10 l/s. El sistema opera en circuito cerrado, sin descarga directa, cumpliendo D.S. 90/2000. Las aguas servidas se reutilizan en reforestación de 1,35 ha	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
12. ¿Emite contaminantes atmosféricos significativos (material particulado, gases, etc.)?	✓ / ✗	Las emisiones totales son 17,4 t/año de PM10 y 2,9 t/año de PM2.5. Estas cifras están por debajo de los límites críticos establecidos en el D.S. N° 144/2020 (PM10 diario: 150 µg/m³). Se mitigan mediante riego y encapsulado, evitando superación normativa	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
13. ¿Modifica drásticamente la cobertura vegetal o genera fragmentación de hábitats?	✓ / ✗	No se tala bosque nativo ni se afecta conectividad ecológica. Se contempla revegetación en áreas intervenidas, y no se identifican especies amenazadas. El impacto sobre biodiversidad es mitigado y monitoreado según la Ley N° 19.300 y RSEIA	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
14. ¿Genera residuos peligrosos o requiere un plan de manejo de residuos especiales?	✓ / ✗	Se generan aceites, lubricantes y materiales contaminados. Se almacenan temporalmente en contenedores y se retiran por gestores autorizados bajo D.S. 148/2003 y el sistema SIDREP, cumpliendo normativa sectorial sin generar ECC	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
15. ¿Está dentro de un área de influencia de proyectos preexistentes?	✓ / ✗	No se identifican proyectos en operación, construcción ni evaluación dentro del área de influencia inmediata. Tampoco hay superposición de emisiones o extracciones que configuren efectos acumulativos conforme al Art. 11 literal e)	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
16. ¿Involucra uso intensivo de energía o combustibles fósiles a gran escala?	✓ / ✗	La demanda energética corresponde a operación de equipos en planta ya existente. No se propone nueva infraestructura de generación ni consumo intensivo de combustibles. La carga energética no genera huella significativa según normativa vigente.	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)

Tabla 11:(3) Matriz de decisión para la elección del instrumento de gestión ambiental. Elaboración propia.

Criterio de Evaluación	¿Aplica al proyecto?	Implicancia	Instrumento Recomendado
17. ¿Existe riesgo de generar impacto sobre sitios arqueológicos o paleontológicos?	✓ / ✗	La línea base no reporta hallazgos arqueológicos. Se aplicará protocolo de hallazgos fortuitos conforme al D.S. 484/90. No se identifican sitios protegidos ni riesgo patrimonial, por lo que no aplica el literal h) del Art. 11	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
18. ¿Contempla procesos con uso de sustancias químicas peligrosas (ácidos, cianuro, explosivos)?	✓ / ✗	El proyecto contempla el uso de cianuro de sodio como agente lixiviante en pilas de lixiviación dinámica y procesos de adsorción-desorción en la planta CIC para la recuperación de oro y plata. Si bien el documento no menciona expresamente el reactivo, los procesos descritos (elución, lavado ácido, electroobtención) corresponden al ciclo operativo típico del uso de cianuro. El manejo se realiza mediante piscinas de proceso y emergencia impermeabilizadas con doble geomembrana HDPE, sistema de detección de fugas y canales de contorno, conforme al D.S. N° 594/1999 y normativa del SEIA. Además, se implementa monitoreo ambiental de cianuro en aguas conforme al D.S. N° 90/2000. Estas medidas aseguran la contención del reactivo y permiten que el proyecto sea evaluado mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), sin configurarse efectos significativos según el artículo 11 del D.S. N° 40/2013	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
19. ¿La duración del proyecto es prolongada (más de 15-20 años) o su operación es permanente?	✓ / ✗	El proyecto tiene una duración de 5 años, orientada a la continuidad operacional de la Planta Pullalli para el procesamiento de minerales de baja ley. Esta vida útil no supera los umbrales considerados como operación prolongada en el artículo 11, literal e), del D.S. N° 40/2013. Además, los impactos asociados (emisiones de 17,4 t/año de PM10, consumo de 49.262 m³/año de agua) son localizados, reversibles y con medidas de mitigación efectivas, lo que permite su ingreso al SEIA mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA)	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
20. ¿Existe necesidad de realizar consulta indígena conforme al Convenio 169 de la OIT?	✓ / ✗	El área de emplazamiento del proyecto no se superpone con tierras indígenas ni comunidades pertenecientes a pueblos originarios, según la caracterización socioambiental y cartografía del informe y lo dispuesto en el D.S. N° 66/2013 del Ministerio de Desarrollo Social. Tampoco se identifican derechos colectivos afectados ni presencia de usos ancestrales del territorio. En consecuencia, no se configura "afectación directa" conforme al Convenio 169 de la OIT, y no se activa el deber de consulta previa, siendo procedente el ingreso del proyecto al SEIA mediante DIA	Es aplicable Declaración de Impacto Ambiental (DIA)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación de la matriz de decisión, se establece que el instrumento de gestión ambiental idóneo para la tramitación ante el SEIA es una DIA.

6.2.2. Cálculo del ISA e instrumento sugerido

Dado que ningún criterio se activa:

$$ISA = \sum_{i=1}^{20} (0 \times P_{es\ o_i}) = 0$$

Interpretación (según Tabla de Calificación del ISA):

- 0–15 puntos → Impactos no significativos → Instrumento sugerido: DIA
- El valor final (ISA = 0) corresponde al nivel más bajo posible de significancia ambiental.

6.2.3. Coherencia con el instrumento realmente utilizado

El proyecto efectivamente ingresó mediante:

- Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
- Obtuvo RCA favorable (2023)

Por lo tanto, el instrumento recomendado por el ISA coincide con el instrumento real. La matriz reproduce adecuadamente la lógica del artículo 11 aplicada por la autoridad.

6.3. Aplicación del modelo de gestión ambiental al caso de estudio

El modelo se compone de 7 columnas obligatorias para DIA, las cuales deben estar presentes para que el instrumento sea robusto y completo.

6.3.1. Evaluación bloque por bloque

A continuación, se analiza cada uno de los 7 bloques (columnas) del modelo DIA, verificando el grado de completitud:

Tabla 12: Aplicación del modelo de gestión ambiental al caso de estudio. Elaboración propia.

Bloque	Contenido	Cumple/ No cumple
Bloque 1 — Descripción del proyecto:	Incluye: • objetivos, localización, procesos, insumos, residuos, fases, infraestructura, capacidades. Toda esta información está presente en el expediente → Cumple 100% los ítems.	Cumple
Bloque 2 — Marco normativo aplicable:	El proyecto identifica y justifica las normas ambientales y sectoriales aplicables, entre ellas: • normas de calidad de aire, • normas de ruido, • reglamento de residuos, • reglamentos sectoriales de agua, mina y seguridad, etc.	Cumple
Bloque 3 — Línea base ambiental:	La línea base describe apropiadamente el: • medio físico (clima, geología, agua), • medio biótico (flora/fauna sin especies sensibles), • medio humano (usos del territorio, distancia a población). El nivel de detalle es adecuado para una DIA.	Cumple
Bloque 4 — Identificación y evaluación de impactos:	Incluye: • matrices de impacto, • vínculos proyecto-medio, • análisis por fase, • determinación explícita de que no se configuran impactos significativos (art. 11).	Cumple
Bloque 5 — Medidas de mitigación:	Presenta medidas para: • emisiones de polvo, • ruidos, • manejo de soluciones, • residuos, • control de infiltraciones. Coherentes con los impactos identificados.	Cumple
Bloque 6 — Plan de monitoreo y seguimiento:	Incluye monitoreos de: • agua, • aire, • ruido, • cumplimiento de medidas. Están definidos parámetros, frecuencias y responsables.	Cumple
Bloque 7 — Participación ciudadana:	Si bien la PAC no era obligatoria por normativa, la DIA incluye mecanismos de relacionamiento comunitario, lo que refuerza el bloque.	Cumple

6.3.2. Cálculo del ICM

Dado que los 7 bloques exigidos están presentes y completos:

$$ICM = \frac{7}{7} \times 100 = 100\%$$

Interpretación: $\geq 90\%$ → Modelo completo, de alta solidez estructural.

6.3.3. Identificación de brechas potenciales

Aunque el proyecto cumple todos los bloques estructurales, el modelo permite identificar brechas típicas que suelen afectar proyectos similares:

- necesidad de mayor granularidad en indicadores de monitoreo,
- profundización en la línea base del medio humano,
- explicitación de vínculos entre impactos y medidas,
- trazabilidad entre hallazgos de línea base y justificación de impactos no significativos.

En el caso Pullalli, ninguna de estas brechas es estructural; si aparecen, son cuantitativas, no cualitativas, es decir, ajustables sin comprometer la integridad del instrumento.

6.4. Contraste con el comportamiento real en el SEIA

El análisis del caso permite contrastar:

- El instrumento sugerido por el ISA,
- La solidez del instrumento evaluado mediante el ICM,
- Con el resultado real del proceso SEIA.

6.4.1. Resultado real en el SEIA

- El proyecto fue admitido a evaluación.
- Obtuvo RCA favorable en 2023.
- El proceso no requirió cambio de instrumento ni EIA complementario.

6.4.2. Coherencia del ISA con el SEIA

El ISA = 0 indica:

- Ausencia de impactos significativos.
- Recomendación clara de ingreso mediante DIA.

Conclusión: el ISA predice correctamente la decisión del titular y la aceptación de la autoridad.

6.4.3. Coherencia del ICM con la admisibilidad y la RCA

El ICM = 100 % indica un instrumento:

- Completo
- Bien estructurado.
- Con baja probabilidad de presentar omisiones graves.

Esto es coherente con:

- La admisibilidad inmediata.
- La tramitación sin controversias mayores.
- La obtención de la RCA.

Conclusión: la estructura del instrumento presentado es consistente con un proceso exitoso.

6.4.4. Capacidad anticipatoria del modelo

El doble análisis (ISA + ICM) permite concluir que:

- Si el proyecto hubiera requerido un EIA, el ISA habría mostrado valores altos, activando criterios significativos.
- Si la DIA hubiera estado incompleta, el ICM habría detectado bloques faltantes, anticipando riesgos de inadmisibilidad.

En el caso Pullalli:

- El ISA ubicó el proyecto en rango DIA.
- El ICM mostró un instrumento completo.
- El resultado del SEIA confirmó la coherencia del modelo propuesto.

7. Conclusiones

En esta tesis se ha desarrollado un modelo de gestión ambiental para la mediana minería que permite anticipar y sistematizar los requisitos normativos del SEIA, mejorar la admisibilidad de los proyectos y reducir el riesgo de observaciones y rechazo. Este modelo consta de una estructura estandarizada que se alinea con la Ley N° 19.300 y el DS N° 40, integrada con indicadores de significancia ambiental (ISA) y de completitud de la información (ICM). Además, se ha diseñado una matriz de decisión que permite definir de manera objetiva y trazable el instrumento de gestión ambiental más adecuado (DIA o EIA) para proyectos de mediana minería.

A partir de la aplicación del modelo propuesto al caso de estudio, los resultados permiten evaluar la consistencia metodológica del modelo de gestión ambiental y la matriz de decisión, al mismo tiempo probar la validez de la hipótesis planteada. A su vez, los indicadores utilizados entregan una cuantificación del desempeño ambiental del proyecto.

La aplicación de la matriz de decisión basada en los veinte criterios del artículo 11 de la Ley 19.300 permitió demostrar que el proyecto no activa ningún impacto significativo, validando técnicamente el uso de una DIA.

El cálculo del ISA arrojó un valor de 0, al no identificarse impactos significativos en ninguno de los criterios evaluados. Este resultado, ubicado dentro del rango compatible con una DIA, respalda cuantitativamente la decisión del instrumento ambiental seleccionado.

El ICM alcanzó un 100%, evidenciando que el proyecto incorporó la totalidad de los elementos exigidos por el modelo DIA. Este nivel de cumplimiento se asocia directamente a una alta probabilidad de admisibilidad y coincide con el comportamiento real del proyecto.

El Modelo de Gestión Ambiental para una DIA, estructurado en siete bloques obligatorios, se aplicó íntegramente al caso de estudio. La información disponible permitió abordar cada componente, generando una base regulatoria coherente y medidas

verificables que respaldan la ausencia de impactos que obliguen a un EIA. Este nivel de consistencia metodológica se probó con la obtención de la RCA (20230500167).

Los resultados obtenidos permiten validar empíricamente la hipótesis planteada, al constatar que la combinación del modelo de gestión ambiental, la matriz de decisión, el ISA y el ICM mejora la probabilidad de admisibilidad y éxito regulatorio. La concordancia entre los resultados obtenidos y la aprobación efectiva del proyecto confirma la efectividad del enfoque propuesto, especialmente en un contexto donde la mediana minería presenta históricamente menores tasas de aprobación.

8. Recomendaciones

Una recomendación para el perfeccionamiento de la matriz de decisión del instrumento de gestión ambiental (DIA o EIA), es la incorporación de criterios complementarios vinculados al cambio climático y la huella ambiental integral del proyecto, tales como emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), vulnerabilidad del territorio ante eventos extremos (sequías, inundaciones), efectividad energética y circularidad de recursos. Estos elementos, si bien no están explícitas en el artículo 11 del D.S. N° 40, son relevantes en la calificación de impactos. Incluirlos permitiría anticipar futuras exigencias regulatorias y robustecer la evaluación ambiental, alineada con los compromisos internacionales.

Pese a que la participación ciudadana no es obligatoria para proyectos medianos (en el caso de aplicar una DIA como instrumento de gestión ambiental), se recomienda establecer un plan estructurado de comunicación y diálogo con las comunidades locales. Esto no sólo ayuda a prevenir conflictos sociales, sino que también incrementa la aceptación del proyecto. La creación de un mecanismo formal para recoger comentarios y responder a inquietudes en las primeras etapas del proyecto puede generar confianza y reducir la posibilidad de oposición futura.

A futuro se recomienda:

- Incorporar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como parte integral del modelo de gestión ambiental, definiendo metas concretas y medibles en áreas como el uso responsable de agua (ODS 6), la energía limpia (ODS 7), y la vida de ecosistemas terrestres (ODS 15). Este enfoque promueve una operación alineada con las prioridades globales de sostenibilidad.
- Realizar evaluaciones periódicas del modelo de gestión ambiental para adaptarlo a cambios regulatorios, nuevas tecnologías y modelos internacionales. La mejora continua permite a los proyectos de mediana minería alinearse con las mejores prácticas y anticiparse a nuevos desafíos.
- Aplicar el modelo de gestión ambiental a otros casos de estudio y proyectos reales permitirá construir una base empírica amplia, lo que permitirá comprobar su efectividad a partir de resultados de múltiples proyectos de mediana minería ingresados al SEIA.

9. Bibliografía

1. Allain, M. (2019). Conflictos y protestas socioambientales en Chile: reflexiones metodológicas y resultados. *Revista de Sociología*, 34(1), 81–101.
2. Anuario de la Minería de Chile. (2020). Anuario de la Minería de Chile 2020. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
3. B Lab Global. (2020). B Impact Assessment Standards. B Lab.
4. Chile. (1983). Código de Minería (Ley N° 18.248). Diario Oficial de la República de Chile.
5. Chile. (1994). Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Diario Oficial de la República de Chile.
6. COCHILCO. (2024). Monitoreo de variables e indicadores relevantes de la mediana y pequeña minería chilena. Comisión Chilena del Cobre.
7. Consejo Minero. (2024). Indicadores de sostenibilidad en la minería metálica chilena. Consejo Minero de Chile.
8. Consejo Minero. (2021). Regulación ambiental – minería chilena: Perspectivas actuales y análisis comparado. Consejo Minero.
9. European Commission. (2021). GRI Standards 2021: Universal Standards. Global Reporting Initiative.
10. Fernández, J. (2015). Modelos de gestión ambiental: fundamentos, tipologías y aplicaciones en proyectos productivos. Editorial Síntesis.
11. ICMM – International Council on Mining and Metals. (2020). ICMM Mining Principles: Performance Expectations. ICMM.
12. Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA). (2018). IRMA Standard for Responsible Mining (v1.0).
13. International Organization for Standardization (ISO). (2010). ISO 26000:2010 – Guidance on social responsibility. ISO.
14. International Organization for Standardization (ISO). (2015). ISO 14001:2015 – Environmental management systems: Requirements with guidance for use. ISO.
15. Litoralpress. (2025, marzo 10). Tiempos de evaluación ambiental para proyectos de inversión aumentan hasta 82% en la última década. Pulso PM / La Tercera.

16. Mining Association of Canada. (2021). Towards Sustainable Mining: Guiding Principles and Protocols. MAC.
17. OCDE – Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2024). Informe de desempeño ambiental: Chile 2024. OECD Publishing.
18. Redclift, M. R. (2005). Sustainable development (1987–2005): An oxymoron comes of age. *Sustainable Development*, 13(4), 212–227.
19. Sabatini, F., & Sepúlveda, C. (2020). La negociación en los conflictos ambientales y su implicancia en el desarrollo local. Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), Pontificia Universidad Católica de Chile.
20. SEA – Servicio de Evaluación Ambiental. (2019). Guía para la evaluación de impacto ambiental del valor paisajístico en el SEIA (2ª ed.). SEA.
21. SEA – Servicio de Evaluación Ambiental. (2025). Taller de Impacto Ley 19.300.
22. SONAMI – Sociedad Nacional de Minería. (2022). Informe sectorial sobre mediana minería. SONAMI.
23. Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD). (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Financial Stability Board.
24. United Nations Principles for Responsible Investment (PRI). (2018). PRI Reporting Framework. PRI Association.
25. Sustainability Accounting Standards Board (SASB). (2018). SASB Standards. SASB.
26. World Commission on Environment and Development. (1987). Our Common Future. Oxford University Press.
27. Ministerio del Medio Ambiente. (2013). DS N° 40/2013: Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Diario Oficial de la República de Chile.

Anexos

10. Anexo 1: Formulación y definición del modelo de Gestión Ambiental

A continuación, se desarrolla una descripción de todas las actividades necesarias para la gestión ambiental de un proyecto, diferenciando los elementos que corresponden a una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) y aquellos que aplican a un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Esta sección permite identificar con precisión qué requisitos y acciones son comunes a ambos instrumentos y cuáles son específicos de cada uno, facilitando una adecuada planificación y cumplimiento de las obligaciones ambientales.

10.1. Descripción del proyecto

10.1.1. Objetivos y justificación

Propósito del proyecto y su necesidad. El aporte para la continuidad operacional de la empresa minera y el impacto sobre la economía local y su comunidad.

10.1.2. Localización

Ubicación geográfica exacta del proyecto, incluyendo mapas. Planos en WGS84, PSAD56 y planta en KMZ.

10.1.3. Características técnicas

Descripción de las fases de construcción, operación y cierre, incluyendo procesos, tecnología utilizada, y cronograma detallado con todas las actividades del proyecto, de la fase correspondiente. Entendiendo por etapa de construcción a aquella que incluye todas las actividades relacionadas con la preparación del sitio y la edificación de la infraestructura necesaria para el proyecto minero. Esto abarca desde el movimiento de tierras, instalación de campamentos temporales, hasta la construcción de plantas, caminos, y otras instalaciones. La fase de operación corresponde al período en el que el proyecto ya está en funcionamiento y se realizan las actividades productivas o de servicio para las cuales fue diseñado, en el caso puntual de la mina, corresponde al período en que comprendido entre el inicio y fin de la explotación de las reservas mineras (mineral con valor económico positivo y técnicamente explotable por un método definido, en condiciones seguras).

En tanto la fase de cierre de un proyecto es una etapa crítica que también debe ser evaluada en el marco de la Evaluación de Impacto Ambiental en Chile. Esta fase se refiere a las actividades planificadas y ejecutadas para dismantelar las operaciones, restaurar el

sitio y minimizar los impactos ambientales a largo plazo después de que un proyecto ha llegado al final de su vida útil.

10.1.3.1. Fase de construcción

La fase de construcción de un proyecto minero incluye las actividades necesarias para desarrollar la infraestructura que permitirá la extracción y procesamiento de minerales. Estas actividades pueden durar varios años, dependiendo del tamaño y complejidad del proyecto.

Principales actividades:

Preparación del sitio: incluye la limpieza y nivelación del terreno, la construcción de caminos de acceso, y la instalación de campamentos temporales para los trabajadores.

Movimiento de tierras: excavaciones y movimientos de grandes volúmenes de tierra para la construcción de pozos, rampas, tajos abiertos, y otras estructuras mineras.

Construcción de infraestructura: edificación de instalaciones como plantas de procesamiento, depósitos de relaves, sistemas de drenaje, plantas de energía, y otras infraestructuras necesarias para las operaciones mineras.

Instalación de servicios: conexión y establecimiento de servicios básicos como agua, energía eléctrica, y comunicaciones.

Construcción de depósitos de relaves y pilas de lixiviación: estas estructuras se construyen para el manejo de residuos mineros y pueden tener impactos significativos sobre el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

En tabla número 16 se presenta un cronograma “tipo” de una fase de construcción de un proyecto minero, representativo para un proyecto de mediana envergadura.

Tabla 13: Fase de construcción "tipo" de un proyecto minero. Fuente: Elaboración Propia con base en Decreto Supremo N° 40 del Ministerio del Medio Ambiente.

Fase de Construcción (Duración: 2-5 años)			
Actividad Principal	Subactividad	Duración Aproximada	Descripción
1.1 Preparación del sitio	1.1.1 Despeje de vegetación	3-6 meses	Retiro de vegetación y árboles en áreas de infraestructura y minas.
	1.1.2 Nivelación y terraplenado	6-12 meses	Nivelación del terreno para la construcción de infraestructuras.
	1.1.3 Construcción de caminos de acceso	6-12 meses	Construcción de caminos para maquinaria pesada y acceso al sitio.
1.2 Movimiento de tierras	1.2.1 Excavación de tajos/pozos	12-18 meses	Excavación inicial de tajos abiertos o túneles en minería subterránea.
	1.2.2 Acondicionamiento de áreas de trabajo	6-12 meses	Preparación de áreas para depósitos de materiales y plantas de procesamiento.
1.3 Construcción de infraestructura	1.3.1 Plantas de procesamiento	12-24 meses	Construcción de plantas para triturar, moler y procesar el mineral extraído.
	1.3.2 Instalación de campamentos temporales	6-12 meses	Construcción de alojamientos y servicios básicos para los trabajadores.
	1.3.3 Depósitos de relaves y pilas de lixiviación	12-24 meses	Construcción de estructuras para almacenamiento y tratamiento de residuos.
1.4 Instalación de servicios	1.4.1 Conexión a redes eléctricas	6-12 meses	Instalación de líneas eléctricas y subestaciones para operaciones.
	1.4.2 Sistemas de agua y saneamiento	6-12 meses	Conexión de tuberías de agua y sistemas de tratamiento de aguas residuales.
	1.4.3 Instalación de sistemas de comunicación	3-6 meses	Implementación de redes de comunicación y sistemas de monitoreo.
1.5 Pruebas y puesta en marcha	1.5.1 Pruebas de equipos y sistemas	3-6 meses	Verificación del funcionamiento de maquinaria, plantas y sistemas de control.
	1.5.2 Capacitación de personal	3-6 meses	Entrenamiento del personal en el uso de equipos y procedimientos operativos.

10.1.3.2. Fase de operación

La fase de operación incluye todas las actividades relacionadas con la extracción de minerales, su procesamiento, y la gestión de residuos generados. Esta etapa comienza una vez que se han completado las actividades de construcción y se ha obtenido la aprobación final para iniciar las operaciones mineras.

Principales actividades:

Extracción de minerales: utilización de métodos de minería a cielo abierto o subterránea para extraer el mineral del yacimiento.

Procesamiento de minerales: tratamiento del mineral extraído para separar el metal valioso de los materiales no deseados, a través de procesos como trituración, molienda, flotación, lixiviación, y fundición.

Gestión de residuos: disposición y manejo de residuos sólidos (como relaves) y líquidos generados durante el procesamiento del mineral.

Uso de agua: utilización de grandes cantidades de agua para el procesamiento de minerales y para el control de polvo en la mina.

Transporte: movilización de mineral, concentrados y productos finales hacia plantas de procesamiento, puertos, o mercados.

En tabla número 17 se presenta un cronograma “tipo” de una fase de operación de un proyecto minero, representativo para un proyecto de mediana envergadura.

Tabla 14: Fase de operación "tipo" de un proyecto minero. Fuente: Elaboración Propia con base en Decreto Supremo N° 40 del Ministerio del Medio Ambiente.

2. Fase de Operación (Duración: 10-30 años o más)			
Actividad Principal	Subactividad	Duración Aproximada	Descripción
2.1 Extracción de mineral	2.1.1 Minería a cielo abierto	Continuo	Extracción continua en tajos abiertos.
	2.1.2 Minería subterránea	Continuo	Extracción en túneles subterráneos.
	2.1.3 Voladuras y manejo de material	Continuo	Uso de explosivos y equipos para fragmentar y mover el mineral.
2.2 Procesamiento de mineral	2.2.1 Trituración y molienda	Continuo	Reducción del tamaño del mineral a partículas finas.
	2.2.2 Flotación/lixiviación	Continuo	Procesos químicos para separar los metales valiosos del mineral.
	2.2.3 Fundición y refinación (si aplica)	Continuo	Procesos térmicos y químicos para purificar el metal.
2.3 Gestión de residuos	2.3.1 Depósito de relaves	Continuo	Manejo y disposición de residuos sólidos y líquidos generados en el procesamiento.
	2.3.2 Tratamiento de aguas residuales	Continuo	Tratamiento de efluentes para cumplir con normativas ambientales.
2.4 Monitoreo y mantenimiento	2.4.1 Monitoreo de calidad de aire y agua	Continuo	Evaluación continua de parámetros ambientales clave.
	2.4.2 Inspección de infraestructura	Continuo	Mantenimiento y reparación de plantas, equipos y caminos.
2.5 Optimización y actualización	2.5.1 Optimización de procesos operativos	Continuo	Implementación de mejoras para aumentar eficiencia y reducir costos.
	2.5.2 Revisión del plan de cierre	Cada 5 años	Ajustes al plan de cierre basado en avances operativos y cambios normativos.

10.1.3.3. Fase de cierre

Objetivos de la fase de cierre:

Restauración del entorno: la principal meta es restaurar el sitio a un estado lo más cercano posible a sus condiciones originales o a un estado que permita su uso alternativo sin comprometer la integridad ambiental.

Minimización de impactos a largo plazo: asegurar que cualquier impacto residual sea mitigado y que el sitio no represente un peligro ambiental o de salud para las comunidades circundantes en el futuro.

Cumplimiento normativo: garantizar que el cierre se realice conforme a las normativas ambientales y los compromisos asumidos durante la fase de evaluación.

Principales actividades de la fase de cierre:

Desmantelamiento de infraestructura: desarme y retiro de estructuras físicas, maquinaria, y cualquier equipo utilizado durante la operación del proyecto.

Manejo de residuos: Disposición final de residuos generados durante la operación y desmantelamiento, incluyendo residuos peligrosos.

Remediación de suelos contaminados: tratamiento o eliminación de suelos contaminados por sustancias químicas o residuos generados durante el proyecto.

Revegetación y reforestación: plantación de especies nativas o adecuadas para restaurar la cobertura vegetal del área afectada, ayudando a estabilizar el suelo y recuperar la biodiversidad.

Manejo de aguas residuales y tratamiento de efluentes: cierre de sistemas de tratamiento de aguas residuales, asegurando que no queden fuentes de contaminación hídrica.

Monitoreo post-cierre: implementación de programas de monitoreo a largo plazo para verificar la estabilidad del sitio y la efectividad de las medidas de cierre.

Evaluación de impactos ambientales en la fase de cierre:

Impacto sobre la biodiversidad: evaluación de cómo las actividades de cierre afectarán la fauna y flora local, especialmente en términos de recuperación de hábitats.

Riesgos de contaminación residual: identificación de posibles fuentes de contaminación residual, como residuos peligrosos o filtraciones, que podrían impactar a largo plazo.

Impacto socioeconómico: análisis de los efectos del cierre en las comunidades locales, incluyendo la pérdida de empleos y el posible cambio en el uso del suelo.

Estabilidad del terreno: evaluación de la estabilidad geotécnica del sitio post-cierre, especialmente en proyectos como minería, donde pueden quedar relaves o pozos abiertos.

Plan de cierre:

Planificación anticipada: el plan de cierre debe ser presentado como parte del EIA original y actualizado a medida que el proyecto avanza. Debe incluir una descripción detallada de las actividades de cierre, cronograma, medidas de mitigación, y costos asociados.

Consulta y participación: involucrar a las comunidades y a las partes interesadas en la planificación del cierre, asegurando que se consideren sus preocupaciones y expectativas para la fase post-operacional.

Financiamiento para el cierre: establecimiento de garantías financieras o fondos específicos para asegurar que las actividades de cierre puedan llevarse a cabo, incluso si la empresa enfrenta dificultades financieras.

En tabla número 18 se presenta un cronograma “tipo” de una fase de cierre de un proyecto minero, representativo para un proyecto de mediana envergadura.

Tabla 15: Fase de cierre "tipo" de un proyecto minero. Fuente: Elaboración Propia con base en Decreto Supremo N° 40 del Ministerio del Medio Ambiente.

3. Fase de Cierre (Duración: 3-7 años, más monitoreo post-cierre)			
Actividad Principal	Subactividad	Duración Aproximada	Descripción
3.1 Desmantelamiento de infraestructura	3.1.1 Desarme de plantas y equipos	1-2 años	Retiro y reciclaje o venta de equipos y materiales.
	3.1.2 Remoción de campamentos y servicios	1-2 años	Desmantelamiento de campamentos y desconexión de servicios.
3.2 Gestión de residuos remanentes	3.2.1 Tratamiento de suelos contaminados	1-2 años	Remediación de áreas afectadas por derrames o contaminantes.
	3.2.2 Cierre de depósitos de relaves	2-4 años	Estabilización y cierre seguro de depósitos de relaves y residuos.
3.3 Rehabilitación del terreno	3.3.1 Revegetación y reforestación	2-4 años	Plantación de especies nativas para restaurar la cobertura vegetal.
	3.3.2 Estabilización de taludes	1-2 años	Obras de ingeniería para prevenir la erosión y asegurar la estabilidad del terreno.
3.4 Monitoreo post-cierre	3.4.1 Monitoreo de calidad de agua y suelo	5-10 años	Seguimiento de parámetros ambientales para detectar posibles problemas residuales.
	3.4.2 Inspección de estabilidad del terreno	5-10 años	Verificación periódica de la estabilidad geotécnica de las áreas rehabilitadas.
3.5 Entrega y uso post-cierre	3.5.1 Transferencia a las autoridades	Al finalizar el cierre	Entrega del sitio restaurado a entidades gubernamentales o comunidades locales.
	3.5.2 Planificación de usos futuros del terreno	Durante el cierre	Planificación para la reutilización del terreno (agricultura, conservación, etc.).

10.1.4. Definición del marco normativo

El modelo de gestión ambiental debe estar alineado con la normativa chilena, incluyendo:

- Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300).
- Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Decreto 40.
- El Código de Minería Chileno.
- Normas sectoriales específicas (agua, suelo, emisiones, residuos).
- Considerar los compromisos internacionales de Chile en materia ambiental, como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

10.2. Definición del instrumento de gestión ambiental a emplear (DIA y EIA)

Se debe comenzar por la realización de reuniones con la autoridad (a través de la ley de lobby), idealmente el SEA, comunicando el objetivo del proyecto minero a desarrollar, donde el Servicio pueda dar orientación inicial, sobre la admisibilidad de este.

Elaborar, una consulta de pertinencia para que la autoridad delibere y otorgue lineamientos. “La consulta de pertinencia constituye un trámite de carácter voluntario, previo al eventual sometimiento de un proyecto o actividad, o de su modificación, al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”. Se debe presentar una Consulta de Pertinencia cuando los proponentes de proyectos tienen dudas respecto del ingreso obligatorio al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Sobre la elección del instrumento de gestión ambiental idóneo para la evaluación de un proyecto minero mediano, elaboración de DIA (declaración de impacto ambiental) o EIA (estudio de impacto ambiental). En Chile, la decisión de elaborar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se basa en la magnitud de los impactos ambientales que un proyecto podría generar y en los requisitos establecidos por la normativa ambiental vigente, específicamente la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300) y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

¿Cuándo es recomendable emplear una DIA?

Una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) debe ser elaborada cuando un proyecto o actividad genera impactos ambientales de magnitud moderada o menor, es decir, los impactos son conocidos, predecibles y no significativos, cuando las medidas de mitigación son claras, estándar y suficientes para controlar los impactos y cuando no está en la lista de proyectos que requieren obligatoriamente un EIA. La legislación chilena define ciertos tipos de proyectos que deben someterse a un EIA, si un proyecto no está en este listado, podría, eventualmente ser suficiente una DIA. Es aplicable este instrumento cuando no existe afectación significativa a las personas o el medio ambiente, vale decir, los impactos sobre la calidad del aire, agua, suelo, biodiversidad, y salud humana son limitados y manejables.

Algunos ejemplos adecuados que se ajustarían a una DIA, para efectos de un proyecto de mediana minería:

- Extensión de la vida útil de una mina, sin cambios al método de explotación, sin un aumento en la emisión de contaminantes, empleando la infraestructura y áreas existentes, y sin aumentar el consumo de agua, energía, combustible, entre otros, previamente declarados. Caso de caducidad o expiración de RCA, donde existe un aumento de inventario de reservas mineras y recursos geológicos del proyecto por efecto de las campañas de sondajes.
- Modificación del método de explotación por necesidades de estabilidad física del proyecto, considerando que los modelos con los cuales se realizó la habilitación ambiental y sectorial inicial del proyecto, en la actualidad presentan diferencias y es necesario migrar a otro método de explotación, donde lo existe afectación de nuevas áreas, sólo una reconfiguración de la forma de explotación del mineral.
- Ampliación de la vida útil de una planta de procesamiento de minerales, sin incorporar una línea nueva o complementaria del tratamiento de minerales, que en la práctica pueda comprometer mayor consumo de agua, energía, etc.
- Ampliación de la vida útil de un depósito de relaves, asegurando estabilidad física y química previamente comprometida.

¿Cuándo es recomendable emplear un EIA?

Un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es necesario cuando un proyecto o actividad, genera impactos ambientales significativos, se prevén impactos considerables en el medio ambiente que pueden ser complejos, acumulativos o irreversibles, cuando los impactos no son completamente conocidos o son inciertos y requieren un análisis profundo.

La normativa chilena especifica ciertos proyectos que obligatoriamente requieren un EIA, si el proyecto genera o presenta a lo menos uno de los efectos, características o circunstancias establecidos en el art. 11 de la Ley N° 19.300:

- Riesgo para la salud de la población.
- Efectos adversos significativos sobre los recursos naturales renovables.

- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos.
- Alteración significativa del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Algunos ejemplos adecuados que se ajustarían a un EIA, para efectos de un proyecto de mediana minería:

- Construcción de una nueva mina de escala de media en términos productivos en una zona ecológicamente sensible.
- Necesidad de construir un nuevo depósito de relaves, donde la zona recomendada, en términos técnicos y económicos, está emplazada sobre un acuífero identificado.
- Construcción, ampliación o modificación de una planta de procesamiento, donde el consumo de agua aumentará inevitablemente, por aumento de producción o por cambio en la naturaleza de los minerales tratados (de óxidos a mixtos o sulfurados).

Sugerencias para facilitar la decisión del instrumento a emplear (DIA-EIA):

Paso 1: Identificar el tipo de proyecto y revisar si está listado como obligatorio para EIA.

Paso 2: Evaluar la magnitud y naturaleza de los impactos ambientales potenciales.

Paso 3: Consultar con la autoridad ambiental (Servicio de Evaluación Ambiental, SEA) si hay dudas sobre cuál instrumento es adecuado.

Paso 4: En caso de ser necesario, realizar un análisis preliminar de impactos para decidir si los impactos son manejables con una DIA o si requieren un EIA.

10.3. Definición de la línea base del instrumento de gestión ambiental (EIA o DIA)

La línea base de un Estudio de Impacto Ambiental o la Caracterización para el caso de la Declaración de Impacto Ambiental, es un componente fundamental que consiste en la recopilación y análisis detallado de la información ambiental, social, y económica del área donde se desarrollará un proyecto, antes que este comience. La línea base establece el estado actual del entorno y sirve como punto de referencia para identificar y evaluar los impactos potenciales del proyecto.

10.3.1. Propósitos de la Línea Base:

Documentar el estado actual del entorno: proporciona una descripción detallada de las condiciones ambientales existentes, incluyendo aspectos físicos, biológicos, y socioeconómicos. Esto incluye, por ejemplo, la calidad del aire, agua, suelo, flora, fauna, y la situación social y económica de las comunidades afectadas.

Identificar sensibilidades y valores ambientales: ayuda a identificar elementos críticos del medio ambiente que podrían verse afectados negativamente por el proyecto, como hábitats sensibles, especies en peligro, recursos hídricos, y áreas de valor cultural o arqueológico.

Servir de referencia para la evaluación de impactos: proporciona los datos necesarios para comparar el estado actual del medio ambiente con las condiciones proyectadas durante y después del desarrollo del proyecto. Esto permite una evaluación precisa de los posibles impactos.

Facilitar la planificación de medidas de mitigación: basado en la línea base, se pueden diseñar medidas adecuadas de mitigación para minimizar los impactos negativos identificados.

10.3.2. Etapas para definir la Línea Base

10.3.2.1. Delimitación del área de estudio

Área de influencia directa: se define el espacio geográfico donde se espera que los impactos del proyecto sean más significativos, tanto durante la fase de construcción como de operación.

Área de influencia indirecta: incluye zonas donde los impactos podrían ser menos intensos, pero aún relevantes, como áreas cercanas a fuentes de agua que podrían ser afectadas.

10.3.2.2. Recolección de información previa

Revisión de estudios previos: se recopila información existente de estudios, investigaciones, y bases de datos relevantes al área de influencia.

Consulta a autoridades y comunidades: se busca información adicional a través de consultas a autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, y comunidades.

10.3.2.3. Caracterización del medio ambiente

Medio físico:

Geología y geomorfología: se estudian las características geológicas y geomorfológicas del área, incluyendo riesgos como deslizamientos y sismos.

Clima y meteorología: recopilación de datos climáticos históricos y actuales, como temperatura, precipitaciones, y patrones de viento.

Hidrología e hidrogeología: análisis de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, caudales, y calidad del agua.

Calidad del aire y ruido: evaluación de la calidad del aire y los niveles de ruido preexistentes en el área de influencia.

Medio biótico:

Flora: inventario de las especies vegetales presentes, identificación de especies endémicas o en peligro de extinción.

Fauna: descripción de las especies animales en la zona, incluyendo aquellas bajo protección especial.

Ecosistemas y hábitats: caracterización de los ecosistemas y hábitats, incluyendo su estado de conservación.

Medio humano:

Población y comunidad: análisis demográfico y socioeconómico de las comunidades locales.

Salud y calidad de vida: evaluación de las condiciones de salud y factores que podrían verse afectados por el proyecto.

Infraestructura y Servicios: descripción de la infraestructura local, como carreteras, sistemas de agua, electricidad, y servicios sanitarios.

Patrimonio cultural: identificación y caracterización de sitios arqueológicos, históricos, y culturales relevantes.

10.3.2.4. Trabajo de campo

Monitoreo ambiental: realización de mediciones y muestreos in situ para obtener datos actualizados sobre los componentes físicos, bióticos y humanos.

Entrevistas y encuestas: recolección de información cualitativa a través de entrevistas con residentes, líderes comunitarios, y expertos locales.

10.3.2.5. Análisis de datos y elaboración de la Línea Base

Integración de datos: se combinan los datos recolectados en campo con la información secundaria para construir una imagen completa del estado ambiental del área de influencia.

Análisis comparativo: se identifican tendencias, patrones y posibles vulnerabilidades que podrían amplificarse con el proyecto.

Documentación: todos los hallazgos se documentan detalladamente, con mapas, gráficos y tablas que representen el estado del medio ambiente en la línea base.

10.3.2.6. Revisión y validación

Validación técnica: los resultados se revisan internamente por el equipo de especialistas en el EIA para asegurar la precisión y relevancia de los datos.

Consulta pública: se presenta la línea base en procesos de consulta pública para recibir comentarios y observaciones de la comunidad y partes interesadas.

10.4. Identificación del impacto ambiental potencial

10.4.1. Impactos en el aire

Identificación de emisiones atmosféricas provenientes de actividades como la voladura de rocas, operaciones de transporte, y plantas de procesamiento. Los principales contaminantes incluyen partículas en suspensión (PM10, PM2.5), gases como NOx y SO2, y emisiones de CO2.

10.4.1.1. Fuentes de emisión en proyectos mineros

Voladura, extracción y transporte: las operaciones de voladura, extracción y transporte de materiales generan grandes cantidades de PM10 y PM2.5.

Procesamiento: procesos como el chancado, molienda, y el manejo de minerales también contribuyen a las emisiones.

Vías y caminos: el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados dentro de los proyectos mineros es una fuente significativa de PM10 y PM2.5.

10.4.1.2. Modelos de dispersión atmosférica

Modelos Utilizados: en Chile, se suelen utilizar modelos como AERMOD, CALPUFF o HYSPLIT para simular la dispersión de contaminantes atmosféricos.

Parámetros de entrada: estos modelos requieren datos específicos como el caudal de emisión de PM10 y PM2.5, datos meteorológicos (velocidad y dirección del viento, temperatura, etc.), y características del terreno.

Validación: es importante validar los resultados del modelo con mediciones en terreno para asegurarse de que las simulaciones representen fielmente la realidad.

10.4.1.3. Factores críticos en el modelamiento

Condiciones meteorológicas: los patrones de viento y las condiciones atmosféricas locales tienen un impacto significativo en la dispersión de las partículas.

Topografía del terreno: la orografía y las características del terreno influyen en cómo se dispersan los contaminantes.

Fuentes de emisión: la cantidad y el tipo de fuentes de emisión (puntuales, lineales, o difusas) determinan cómo se modelan y distribuyen las partículas.

10.4.1.4. Normativas y estándares

Normativa chilena: en Chile, las normativas de calidad del aire como el DS 144/2020 regulan los niveles permisibles de PM10 y PM2.5, los cuales deben ser considerados en el modelamiento.

Límites de emisión: los proyectos mineros deben cumplir con límites de emisión específicos para PM10 y PM2.5 para minimizar el impacto en la salud pública y el medio ambiente.

10.4.2. Impactos en el agua

Evaluación de posibles alteraciones en la calidad y cantidad de recursos hídricos debido a actividades como la deshidratación de acuíferos, el uso de agua en el procesamiento del mineral, y la contaminación por lixiviados o relaves.

10.4.2.1. Principales impactos en el agua por proyectos mineros

Drenaje ácido de minas (DAM): este es uno de los impactos más críticos, especialmente en minas de sulfuros, donde la exposición de minerales al aire y agua genera ácido que puede contaminar fuentes hídricas.

Contaminación por metales pesados: las operaciones mineras pueden liberar metales pesados como cobre, arsénico, y mercurio en cuerpos de agua, afectando tanto la vida acuática como el agua potable.

Alteración de los flujos hídricos: la extracción de agua subterránea o superficial para uso en procesos mineros puede reducir la disponibilidad de agua para otros usos, incluyendo la agricultura y el consumo humano.

Sedimentación: la erosión y el transporte de sedimentos desde las áreas perturbadas por la minería pueden afectar la calidad del agua en ríos y lagos cercanos.

10.4.2.2. Modelos utilizados en Chile

SWAT (Soil and Water Assessment Tool): utilizado para simular los efectos de los cambios en el uso del suelo y las actividades mineras en la calidad y cantidad de agua en cuencas hidrográficas.

MODFLOW: comúnmente empleado para modelar el flujo de agua subterránea y evaluar cómo las actividades mineras pueden alterar los acuíferos.

WASP (Water Quality Analysis Simulation Program): utilizado para simular la dispersión de contaminantes en cuerpos de agua superficiales y evaluar la calidad del agua en ríos y lagos.

10.4.2.3. Regulación y normativa en Chile

Normativa de calidad del agua: en Chile, el Decreto Supremo 90/2000 establece las normas de calidad para la preservación de cuerpos de agua, y el Decreto Supremo 46/2012 regula las descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua, lo cual es crucial en proyectos mineros.

10.4.3. Impactos en el suelo

Identificación de la pérdida o alteración del suelo debido a la remoción de tierra, la construcción de infraestructura, y la deposición de residuos mineros.

10.4.3.1. Impactos principales en el suelo por actividades mineras

Contaminación por metales pesados: las actividades mineras pueden introducir metales pesados como cobre, plomo, zinc, y arsénico en el suelo, lo que puede afectar la fertilidad del suelo y la salud de los ecosistemas.

Erosión y degradación del suelo: la remoción de la capa vegetal y la alteración de la topografía natural pueden llevar a una mayor susceptibilidad a la erosión, resultando en la pérdida de suelo fértil.

Compactación del suelo: el uso de maquinaria pesada puede compactar el suelo, reduciendo su porosidad, infiltración de agua y capacidad para soportar la vegetación.

Alteración de la composición del suelo: los cambios en la estructura del suelo y la adición de materiales externos, como relaves y otros desechos mineros, pueden alterar la composición del suelo.

10.4.3.2. Modelos utilizados en el estudio del suelo

Modelos de erosión del suelo:

USLE (Universal Soil Loss Equation): este modelo se utiliza para predecir la tasa de erosión del suelo causada por la lluvia y la escorrentía, considerando factores como el tipo de suelo, la pendiente, el uso del suelo y las prácticas de manejo.

WEPP (Water Erosion Prediction Project): un modelo más avanzado que simula la erosión del suelo y el transporte de sedimentos, útil para evaluar los impactos de la minería en áreas montañosas y regiones áridas.

Modelos de contaminación del suelo:

ModFlow y MT3D: utilizados para modelar el transporte de contaminantes en suelos y aguas subterráneas, especialmente en relación con la lixiviación de metales pesados desde depósitos de relaves.

HYDRUS: este modelo es utilizado para simular el movimiento de agua, calor y solutos en suelos, útil para evaluar la dispersión de contaminantes en diferentes tipos de suelos.

10.4.3.3. Factores clave para el modelamiento

Características del suelo: las propiedades físicas y químicas del suelo, como su textura, estructura, pH y capacidad de intercambio catiónico, son fundamentales para determinar cómo se comportará el suelo frente a las actividades mineras.

Condiciones climáticas: las precipitaciones, la temperatura y el viento afectan tanto la erosión como la dispersión de contaminantes en el suelo.

Topografía y geomorfología: la inclinación del terreno y la disposición geológica influyen en la susceptibilidad a la erosión y en la dirección del flujo de contaminantes.

10.4.3.4. Normativa y regulaciones en Chile

Normas de calidad de suelos: aunque Chile cuenta con regulaciones más desarrolladas para el agua y el aire, las normativas específicas para la calidad del suelo aún están en desarrollo. Sin embargo, se aplican criterios de calidad basados en decretos y guías de manejo de residuos peligrosos.

- Decreto Supremo N° 148/2003 (DS 148).
- Guía de manejo de residuos peligrosos del Ministerio del Medio Ambiente.
- Normas chilenas (NCh) relacionadas con residuos peligrosos:
 - NCh 2190/2003: establece los requisitos para el almacenamiento de sustancias peligrosas, incluyendo disposiciones para la construcción de instalaciones y medidas de seguridad.
 - NCh 382/2015: normativa sobre transporte de materiales peligrosos, que establece requisitos específicos para el embalaje, etiquetado y transporte seguro de estos materiales.
 - NCh 2245/2015: norma sobre procedimientos para la caracterización de residuos peligrosos, que ayuda a determinar si un residuo debe ser tratado como peligroso.
- Sistema de declaración y seguimiento de residuos peligrosos (SIDREP).
- Manual de manejo de residuos peligrosos en la minería (SERNAGEOMIN).
- Guía para la elaboración de planes de manejo de residuos peligrosos.

10.4.4. Impactos en la biodiversidad

Evaluación de la pérdida o fragmentación de hábitats, impactos en especies endémicas o amenazadas, y la introducción de especies invasoras.

10.4.4.1. Impactos principales en la biodiversidad por actividad minera

Pérdida de hábitat: la extracción de minerales, la construcción de infraestructura y la disposición de residuos pueden destruir o fragmentar hábitats naturales, afectando la flora y fauna local.

Contaminación: la liberación de contaminantes, como metales pesados y productos químicos utilizados en el procesamiento de minerales, puede afectar la salud de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Alteración de ecosistemas acuáticos: la desviación de ríos, la extracción de agua y la contaminación pueden afectar gravemente los ecosistemas acuáticos y las especies dependientes de estos.

Introducción de especies invasoras: la alteración del paisaje y las nuevas condiciones ambientales pueden favorecer la invasión de especies no nativas que compiten con las especies locales.

10.4.4.2. Modelos utilizados para evaluar los impactos en la biodiversidad

Modelos de distribución de especies:

MaxEnt: utilizado para predecir la distribución potencial de especies en función de variables ambientales y presencia de especies. Es útil para identificar áreas de alta biodiversidad que podrían estar en riesgo.

BIOMOD: un conjunto de herramientas que combina diferentes algoritmos de modelamiento para prever cambios en la distribución de especies bajo diferentes escenarios de cambio ambiental.

Modelos de fragmentación del hábitat:

Fragstats: herramienta utilizada para cuantificar la configuración y fragmentación del paisaje, lo cual es crucial para entender cómo la minería afecta la conectividad entre hábitats.

Modelos de evaluación de impacto acumulativo:

InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs): utilizado para evaluar los impactos acumulativos de múltiples proyectos en servicios ecosistémicos y biodiversidad, permitiendo la planificación de medidas de mitigación a nivel de paisaje.

Modelos de simulación poblacional:

Vortex: herramienta utilizada para modelar dinámicas poblacionales de especies en riesgo, considerando la fragmentación del hábitat, mortalidad inducida por la minería y otros factores.

10.4.4.3. Factores clave para el modelamiento

Datos ecológicos: la disponibilidad de datos precisos sobre la distribución de especies, calidad de hábitat, y condiciones ambientales es crucial para la precisión del modelamiento.

Escenarios de desarrollo: es necesario considerar diferentes escenarios de desarrollo minero para evaluar cómo distintas intensidades y tipos de actividad minera afectan la biodiversidad.

Interacción entre factores: el modelamiento debe considerar la interacción entre diferentes factores de impacto, como la combinación de pérdida de hábitat y contaminación, que puede tener efectos más severos que cada factor por separado.

10.4.4.4. Regulaciones y normativas en Chile

Ley de bases del medio ambiente (Ley 19.300): establece los principios y procedimientos para la protección ambiental en Chile, incluyendo la evaluación de impacto ambiental en la biodiversidad.

Estrategia nacional de biodiversidad: Chile tiene una estrategia para la conservación de la biodiversidad, que incluye directrices para proteger áreas clave y especies en peligro, lo que debe ser considerado en el modelamiento de impactos.

10.4.5. Impactos sociales y culturales

Identificación de impactos en las comunidades locales, como desplazamientos, cambios en el uso del suelo, alteraciones en las actividades económicas tradicionales, y posibles conflictos sociales. Además, se evalúan los efectos sobre el patrimonio cultural y sitios de valor arqueológico.

10.4.5.1. Identificación de impactos sociales y culturales

Impactos sociales: incluyen la alteración de la estructura social, cambios en los modos de vida, desplazamiento de comunidades, incremento de la demanda por servicios básicos, y conflictos sociales debido a la percepción de desigualdad en los beneficios de los proyectos mineros.

Impactos culturales: abarcan la pérdida o alteración de tradiciones, rituales, sitios sagrados, y lenguas indígenas. También incluyen la erosión de las identidades culturales locales debido a la influencia externa de la actividad minera.

10.4.5.2. Evaluación de impacto social (EIS)

Proceso de evaluación: la EIS es un proceso sistemático que identifica y analiza los impactos sociales y culturales potenciales de un proyecto minero antes de su implementación. Incluye consultas con las comunidades afectadas y la participación de partes interesadas clave.

Metodología: se utilizan métodos cualitativos y cuantitativos, como encuestas, entrevistas, grupos focales y análisis de datos demográficos y socioeconómicos, para evaluar los impactos esperados.

Indicadores clave: se consideran indicadores como empleo, ingresos, calidad de vida, acceso a servicios básicos, cohesión social, preservación cultural, y participación en la toma de decisiones.

10.4.5.3. Marco normativo en Chile

Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley 19.300): establece que los proyectos mineros deben someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que incluye un análisis de los impactos sociales y culturales.

Convenio 169 de la OIT: Chile es signatario del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo, que garantiza los derechos de los pueblos indígenas, incluyendo la consulta previa, libre e informada sobre proyectos que afecten sus territorios y culturas.

Consulta indígena: la consulta indígena es un proceso obligatorio en Chile para proyectos que puedan afectar a comunidades indígenas, asegurando que sus preocupaciones y opiniones sean consideradas en la toma de decisiones.

10.4.6. Impactos paisajísticos y visuales

Identificación de cambios en el paisaje y en la estética visual de la zona, especialmente relevante en minas a cielo abierto.

10.4.6.1. Impactos paisajísticos y visuales producidos por proyectos mineros

Alteración del paisaje natural: la minería puede transformar significativamente el paisaje a través de la creación de excavaciones, depósitos de desechos, pilas de lixiviación y otras infraestructuras que modifican la topografía y el entorno visual.

Visibilidad de infraestructuras: las instalaciones mineras, incluyendo caminos, plantas de procesamiento, y edificios, pueden ser visibles a grandes distancias, afectando la percepción visual del paisaje natural.

Cambio en la percepción escénica: la percepción del valor estético y escénico del paisaje puede verse reducida por la presencia de actividades mineras, especialmente en áreas que antes eran vistas como prístinas o de alto valor natural.

10.4.6.2. Evaluación del impacto visual y paisajístico

Análisis de línea de visión (Viewshed Analysis): este método utiliza herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) para identificar las áreas desde las cuales los elementos del proyecto minero serán visibles, ayudando a evaluar la extensión del impacto visual.

Simulaciones visuales: se utilizan imágenes generadas por computadora para simular cómo se verán las instalaciones mineras desde distintos puntos de vista, lo que ayuda a visualizar y planificar la mitigación de los impactos.

Valoración del paisaje: se evalúan las características estéticas y escénicas del paisaje, considerando factores como la naturalidad, la singularidad, y la presencia de elementos culturales o históricos que contribuyen al valor paisajístico.

10.4.6.3. Normativa y regulación

Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley 19.300): establece que los proyectos mineros deben someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), la cual debe incluir un análisis de los impactos visuales y paisajísticos.

Guía metodológica para la evaluación de impactos en el paisaje: desarrollada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), esta guía proporciona un marco para la identificación, evaluación y mitigación de impactos paisajísticos en proyectos sometidos a EIA.

10.5. Medidas de mitigación y compensación

10.5.1. Medidas de mitigación para impactos sobre el aire

Las medidas de mitigación se centran en reducir, controlar o prevenir las emisiones de contaminantes atmosféricos en cada fase de operación del proyecto, desde la extracción de mineral hasta su procesamiento y transporte.

10.5.1.1. Control de emisiones de material particulado (MP)

Las partículas en suspensión, especialmente MP10 y MP2.5, son una de las principales emisiones en las faenas mineras debido a la fragmentación del material, el tránsito de camiones y la manipulación de residuos.

Aspersión de agua o productos supresores de polvo: Aplicación de agua o supresores de polvo en caminos, patios de acopio, áreas de chancado, y zonas de excavación para reducir la dispersión de material particulado.

Pavimentación o tratamiento de caminos: Pavimentación de rutas internas o el uso de revestimientos especiales para evitar la generación de polvo por el tránsito de vehículos pesados.

Sistemas de captación de polvo en plantas de chancado y molienda: Instalación de equipos como filtros de mangas, colectores de polvo y sistemas de extracción en los

procesos de chancado y molienda para capturar el material particulado antes de que sea liberado al aire.

Barreras cortaviento: Uso de barreras físicas (naturales o construidas) en zonas de acopio o plantas de procesamiento para reducir la dispersión del polvo por la acción del viento.

Cobertura de camiones y vehículos: Uso de coberturas o lonas en camiones que transportan mineral o residuos para evitar la dispersión de polvo durante su transporte.

10.5.1.2. Control de emisiones (gases)

Además del material particulado, las minas pueden emitir gases como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), principalmente desde vehículos y maquinaria, así como de plantas de fundición y procesamiento.

Uso de tecnologías limpias y eficientes: Implementación de tecnologías de bajo consumo energético y de baja emisión de contaminantes, como sistemas de combustión limpia y quemadores de baja emisión de NO_x.

Modernización de flotas y equipos: Uso de maquinaria y vehículos con motores de bajas emisiones, preferiblemente que utilicen combustibles menos contaminantes como gas natural o biodiésel.

Sistemas de captación y tratamiento de gases en fundiciones: En procesos de fundición, se instalan tecnologías como filtros de mangas, precipitadores electrostáticos y torres de absorción para reducir la liberación de gases contaminantes.

Eficiencia energética: Optimización de los procesos mineros para reducir el consumo de combustibles fósiles y, por ende, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

10.5.1.3. Monitoreo y control de calidad del aire

Para garantizar que las emisiones de un proyecto minero se mantengan dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental chilena, se implementan sistemas de monitoreo y control.

Estaciones de monitoreo de calidad del aire: Instalación de estaciones de monitoreo permanentes en áreas estratégicas (cercanas a las operaciones mineras y a las comunidades) para medir en tiempo real los niveles de material particulado y gases contaminantes.

Monitoreo de emisiones en fuentes específicas: Control periódico de las emisiones en chimeneas, plantas de procesamiento y otras fuentes puntuales.

Planes de contingencia: Definición de protocolos para reducir o detener temporalmente actividades en caso de que los niveles de contaminación superen los límites establecidos.

10.5.1.4. Manejo de residuos y relaves

Los residuos mineros, como los relaves, también pueden ser una fuente de emisiones de polvo y gases si no se manejan adecuadamente.

Humedecimiento de relaves secos: En caso de disponer de relaves secos o semi-secos, se deben mantener húmedos o cubiertos para evitar la dispersión de material particulado.

Cobertura de depósitos de relaves: Uso de coberturas vegetales o materiales inertes para reducir la dispersión de polvo y emisiones de gases que puedan resultar de la oxidación de materiales.

10.5.2. Medidas de compensación para impactos sobre el aire

Las medidas de compensación se aplican cuando no es posible mitigar completamente los impactos o cuando es necesario compensar a las comunidades afectadas por la contaminación del aire.

10.5.2.1. Proyectos de reforestación y recuperación de ecosistemas reforestación

Implementación de programas de reforestación y revegetación en áreas impactadas por la actividad minera o en zonas cercanas, lo que ayuda a capturar CO₂, mejorar la calidad del aire y controlar la erosión del suelo.

Restauración de ecosistemas degradados: Recuperación de ecosistemas naturales dañados, lo que puede compensar los impactos en la calidad del aire mediante la creación de "sumideros de carbono".

10.5.2.2. Compensación de emisiones de gases de efecto invernadero

Proyectos de captura de carbono: inversión en proyectos que promuevan la captura de CO₂ a través de soluciones naturales, como reforestación o restauración de humedales.

Compra de bonos de carbono: participación en mercados de carbono donde se compensen las emisiones de GEI generadas por las operaciones mineras.

10.5.2.3. Inversiones en infraestructura y transporte limpio

Mejoras en infraestructura de transporte: inversión en la modernización del transporte público o la electrificación de flotas en las comunidades cercanas como forma de compensar las emisiones generadas por el proyecto.

Apoyo a la adopción de energías renovables: implementación de proyectos de energía solar, eólica u otras fuentes renovables en comunidades locales o dentro del proyecto para compensar las emisiones de carbono y otros contaminantes generados por las actividades mineras.

10.5.2.4. Programas de salud y educación ambiental

Programas de salud pública: implementación de programas para monitorear y mejorar la salud respiratoria de las comunidades locales, especialmente en áreas cercanas a las minas donde se puedan presentar problemas de salud asociados a la calidad del aire.

Campañas de educación ambiental: promover programas educativos que fomenten buenas prácticas ambientales en la comunidad, como el uso de transporte no motorizado, reciclaje y la reducción de actividades contaminantes.

10.5.2.5. Establecimiento de áreas verdes y barreras naturales

Creación de áreas verdes urbanas: como forma de compensación, se pueden desarrollar proyectos de parques o áreas verdes en las comunidades cercanas, lo que contribuye a mejorar la calidad del aire y reducir la dispersión de polvo y gases.

Plantación de barreras naturales: implementación de barreras vegetales alrededor de las áreas de operación para reducir la dispersión de material particulado hacia áreas habitadas.

10.5.3. Medidas de mitigación para impactos sobre el agua

En proyectos mineros en Chile, las medidas de mitigación para reducir los impactos ambientales sobre el agua suelen ser específicas y adaptadas a las características del lugar y los riesgos asociados. Algunas de las medidas más utilizadas incluyen:

Recirculación y reutilización del agua: la minería demanda grandes cantidades de agua. Para mitigar su impacto, se implementan sistemas de recirculación que permiten reutilizar el agua en los procesos, disminuyendo la demanda de fuentes naturales.

Tratamiento de efluentes: los efluentes generados por las actividades mineras se tratan para cumplir con las normativas ambientales antes de ser descargados en cuerpos de agua. Se utilizan plantas de tratamiento de aguas residuales que eliminan metales pesados y otros contaminantes, siguiendo normativas como el Decreto Supremo N°90.

Cárcavas y barreras de contención: para evitar que el agua de escorrentía se contamine al entrar en contacto con materiales mineros, se construyen cárcavas y barreras de contención que desvían el flujo del agua. Esto previene la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Control de sedimentación y erosión: la erosión causada por la remoción de suelo puede afectar la calidad del agua cercana. Se aplican técnicas como revegetación, uso de geomallas y sistemas de control de sedimentos para evitar que estos lleguen a los ríos o lagos.

Manejo de relaves: los relaves mineros presentan un gran riesgo de contaminación del agua si no se manejan adecuadamente. Se implementan depósitos de relaves con revestimientos impermeables y sistemas de recolección de aguas de infiltración para evitar la filtración de contaminantes hacia los acuíferos.

Manejo de químicos y materiales peligrosos: los productos químicos, como los utilizados en la lixiviación, se manejan de forma controlada y se almacenan en instalaciones seguras para evitar filtraciones o derrames accidentales que puedan contaminar las aguas.

Plantas de osmosis inversa: algunas minas, especialmente en zonas áridas, recurren a la desalinización del agua de mar mediante plantas de ósmosis inversa para reducir el uso de agua dulce. Esto evita la competencia por recursos hídricos con las comunidades locales y ecosistemas.

Monitoreo hidrogeológico y calidad del agua: se establece un monitoreo constante de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea, para detectar cambios que puedan indicar un impacto negativo. Estos programas permiten tomar acciones correctivas a tiempo.

Manejo integrado de cuencas: para minimizar el impacto en el ciclo hidrológico local, se desarrollan planes integrados que incluyen la protección de cuencas, restauración de vegetación ribereña y coordinación con otras actividades humanas en la zona.

Planes de cierre y restauración: al finalizar las operaciones, se implementan medidas de restauración para devolver las condiciones originales a las cuencas hídricas afectadas, incluyendo el retiro de instalaciones y la recuperación de los cursos de agua.

10.5.4. Medidas de compensación para impactos sobre el agua

En proyectos mineros en Chile, cuando no es posible evitar completamente los impactos ambientales sobre el agua, se implementan medidas de compensación para equilibrar los efectos negativos. Algunas de las principales medidas de compensación incluyen:

Restauración de ecosistemas hídricos degradados: Como compensación, se llevan a cabo proyectos para restaurar zonas ribereñas y ecosistemas acuáticos degradados en otras áreas cercanas, mejorando su funcionalidad y biodiversidad.

Creación o mejora de infraestructura hídrica: Los proyectos mineros pueden financiar o construir infraestructura para el suministro y distribución de agua en comunidades afectadas, asegurando el acceso a recursos hídricos de calidad.

Programas de recarga de acuíferos: Se implementan programas para incrementar la recarga de acuíferos subterráneos en zonas afectadas, mediante la infiltración controlada de agua desde sistemas contruidos, con el fin de compensar la reducción del recurso hídrico.

Implementación de sistemas de tratamiento comunitarios: Se establece el financiamiento o la instalación de plantas de tratamiento de agua potable o aguas residuales para las comunidades cercanas, mejorando la calidad del agua disponible.

Mejora de la capacidad de gestión hídrica local: la compensación también puede implicar el fortalecimiento de la capacidad de gestión de los recursos hídricos de las comunidades, a través de capacitación y tecnología para un uso más eficiente del agua.

Desarrollo de humedales artificiales: se construyen humedales artificiales como sistemas de tratamiento natural del agua y como hábitats para la biodiversidad, ayudando a mejorar la calidad del agua y ofrecer servicios ecosistémicos similares a los naturales.

Contribuciones financieras para proyectos ambientales: los titulares de proyectos pueden financiar programas de conservación de agua y biodiversidad en áreas afectadas por la minería, trabajando con organizaciones no gubernamentales o agencias gubernamentales.

Manejo de cuencas en beneficio de la comunidad: participar en la implementación de planes de manejo integrado de cuencas, contribuyendo a mejorar la disponibilidad y calidad del agua para otros usuarios de la cuenca, incluyendo agricultores y comunidades locales.

Provisión de agua desalinizada: en zonas donde el impacto sobre las fuentes de agua dulce es inevitable, se puede compensar proporcionando agua desalinizada a las comunidades locales para usos domésticos y agrícolas, disminuyendo así la presión sobre los recursos de agua dulce.

Monitoreo participativo de la calidad del agua: se involucra a las comunidades locales en programas de monitoreo del agua, proporcionando información sobre su calidad y cantidad. Esto ayuda a generar confianza y permite una evaluación transparente del cumplimiento de los compromisos ambientales.

10.5.5. Medidas de mitigación para impactos sobre el suelo

En Chile, las medidas de mitigación para reducir los impactos ambientales sobre el suelo se centran en minimizar la alteración de las características físicas y químicas del suelo y evitar la erosión y la degradación. Algunas de las principales medidas incluyen:

Planificación y gestión del territorio: realizar una planificación adecuada del proyecto para evitar intervenciones innecesarias sobre áreas sensibles, como suelos con alto contenido de materia orgánica o con valor para la biodiversidad. Además, se delimita y protege áreas no intervenidas para evitar la expansión de la actividad minera.

Minimización de la remoción de suelo: reducir al máximo la remoción de suelo mediante la optimización del diseño del sitio minero y la implementación de métodos que minimicen el área afectada, limitando las actividades a las zonas estrictamente necesarias.

Manejo de suelos superficiales: durante la fase de construcción, se retira y almacena el horizonte superficial del suelo (capa fértil) para ser utilizado posteriormente en actividades de restauración y revegetación de las áreas intervenidas. Esto ayuda a conservar las propiedades del suelo y facilita su recuperación.

Control de erosión y sedimentación: implementar medidas para evitar la erosión y la sedimentación, como el uso de barreras de sedimentos, muros de contención, terrazas, geomembranas y la revegetación temprana de áreas expuestas. Estas medidas previenen la pérdida de suelo y la contaminación de cuerpos de agua cercanos.

Revegetación y restauración de áreas intervenidas: después de cada etapa de operación, se revegetan las áreas intervenidas utilizando especies nativas y adaptadas a las condiciones locales. La revegetación ayuda a estabilizar el suelo, reducir la erosión y facilitar la recuperación del ecosistema.

Estabilización de taludes: los taludes generados por las actividades mineras se estabilizan utilizando técnicas como el uso de mallas metálicas, enrocado y revegetación con cobertura vegetal adecuada. Esto reduce el riesgo de deslizamientos y protege la estabilidad del suelo.

Control del tráfico vehicular: regular el tránsito de vehículos y maquinaria pesada en el sitio minero para evitar la compactación del suelo y la alteración de sus propiedades físicas. Se establecen rutas designadas y se limitan las áreas de circulación para minimizar el daño.

Gestión de materiales residuos: el almacenamiento y disposición de residuos y estériles se realiza en sitios adecuados y diseñados con sistemas de contención que eviten la

dispersión de material y la contaminación del suelo. Además, se implementan medidas para evitar la formación de drenaje ácido de roca.

Coberturas de suelo: utilizar coberturas temporales, como geomantas y coberturas vegetales, en áreas donde el suelo está expuesto y es susceptible a la erosión. Estas coberturas protegen el suelo de la acción del viento y el agua.

Monitoreo de calidad del suelo: realizar monitoreos periódicos del estado y la calidad del suelo en áreas adyacentes a la operación minera para detectar cualquier cambio en sus propiedades físicas o químicas. Esto permite la identificación temprana de impactos y la implementación de medidas correctivas.

10.5.6. Medidas de compensación para impactos sobre el suelo

Cuando los impactos ambientales sobre el suelo son inevitables, se implementan diversas medidas de compensación con el fin de restaurar o mejorar el estado de los ecosistemas afectados y mitigar los efectos negativos sobre el entorno. Algunas de estas medidas incluyen:

Restauración de suelos degradados: se lleva a cabo la restauración de suelos en áreas degradadas mediante la aplicación de técnicas como la enmienda con materia orgánica, revegetación con especies nativas, y la mejora de la estructura del suelo para restablecer su fertilidad y capacidad de soporte.

Reforestación y plantación de especies nativas: como compensación por la pérdida de suelo y vegetación, se realizan programas de reforestación en áreas afectadas o en zonas cercanas, utilizando especies nativas para recuperar la estructura y función del ecosistema.

Creación de áreas protegidas: se designan y protegen áreas de alto valor ecológico, aportando a la conservación de la biodiversidad y la mitigación del daño causado al suelo por actividades mineras. Estas áreas protegidas sirven como refugio para especies y ayudan a mantener la calidad del suelo en el largo plazo.

Estabilización de taludes y control de erosión: para compensar la degradación del suelo en áreas mineras, se implementan técnicas de estabilización de taludes y control de

erosión, tales como la construcción de terrazas, muros de contención y revegetación con especies adecuadas que protejan la superficie del suelo.

Humedales artificiales: se crean humedales artificiales en áreas impactadas como medida de compensación. Estos humedales no solo ayudan a mejorar la calidad del agua, sino que también contribuyen a la estabilización del suelo y la creación de hábitats para la biodiversidad.

Recuperación de áreas mineras abandonadas: las empresas mineras pueden asumir la recuperación de sitios mineros abandonados por otras operaciones anteriores, restaurando el suelo y la cobertura vegetal para mejorar las condiciones ambientales de esas áreas.

Creación de viveros para producción de plantas nativas: se establecen viveros para producir plantas nativas utilizadas en la restauración y recuperación de suelos. Esto asegura la disponibilidad de especies adaptadas al entorno y facilita la revegetación de áreas degradadas.

Construcción de barreras vegetales: se plantan barreras vegetales en áreas adyacentes a la mina para proteger el suelo de la erosión eólica y evitar la propagación de contaminantes. Estas barreras ayudan a estabilizar el suelo y a mejorar las condiciones ambientales locales.

Contribuciones financieras para proyectos de restauración: las empresas mineras pueden financiar proyectos de restauración de suelo en áreas fuera de su concesión, colaborando con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para la recuperación de suelos en áreas vulnerables.

Desarrollo de planes de cierre y rehabilitación: se diseñan planes de cierre que incluyen la rehabilitación de suelos en áreas perturbadas. Estas actividades incluyen la reconfiguración del terreno para devolver la estabilidad topográfica y la restauración de la vegetación nativa.

10.5.7. Medidas de mitigación para impactos sobre la biodiversidad

Las medidas de mitigación para reducir los impactos ambientales sobre la biodiversidad buscan proteger los ecosistemas y minimizar las alteraciones en la flora y fauna local. Algunas de las medidas más comunes incluyen:

Estudios de línea base y planificación estratégica: realizar estudios detallados de línea base para identificar las especies y ecosistemas presentes antes de iniciar las actividades mineras. Estos estudios permiten diseñar estrategias que eviten afectar áreas críticas de biodiversidad y planificar adecuadamente las operaciones para reducir el impacto.

Delimitación y protección de hábitats sensibles: identificar y proteger áreas de alto valor ecológico, como sitios de reproducción, corredores biológicos y hábitats de especies amenazadas. Esto se logra mediante la delimitación de zonas restringidas y el establecimiento de áreas de exclusión donde no se llevan a cabo actividades mineras.

Creación de corredores biológicos: cuando las actividades mineras fragmentan el hábitat natural, se diseñan corredores biológicos que conectan las áreas naturales, facilitando el desplazamiento de la fauna y el intercambio genético.

Rescate y reubicación de flora y fauna: antes de la intervención de áreas naturales, se lleva a cabo el rescate de especies de flora y fauna. Las plantas se reubican en viveros para ser replantadas posteriormente, y los animales se trasladan a hábitats seguros.

Revegetación con especies nativas: después de la remoción de vegetación, se revegetan las áreas afectadas utilizando especies nativas de la región. Esto ayuda a restaurar los ecosistemas y a proporcionar hábitats a la fauna que dependía de la vegetación original.

Control de especies invasoras: implementar medidas para evitar la introducción y proliferación de especies invasoras, que podrían afectar la biodiversidad local. Estas medidas incluyen el monitoreo, la eliminación de especies exóticas y el control de vectores.

Control de ruido y emisiones: las actividades mineras generan ruido y polvo que pueden afectar a la fauna. Para mitigar estos impactos, se utilizan equipos con tecnología de reducción de ruido, se implementan barreras acústicas y se controlan las emisiones de polvo mediante sistemas de aspersión.

Rehabilitación y restauración de hábitats: durante y después de las operaciones mineras, se implementan programas de rehabilitación para restaurar los hábitats afectados. Esto incluye la remodelación del terreno, la revegetación y la creación de hábitats específicos para ciertas especies.

Monitoreo de la biodiversidad: se establece un monitoreo continuo de las especies y los ecosistemas afectados para evaluar el estado de la biodiversidad y la efectividad de las medidas de mitigación. Este monitoreo permite hacer ajustes oportunos en las estrategias de manejo.

Minimización del tránsito en áreas naturales: reducir el tránsito de vehículos y maquinaria en áreas sensibles para evitar la perturbación de la fauna y la destrucción de hábitats. Se establecen rutas específicas y se prohíbe el acceso a zonas de alto valor ecológico.

Capacitación del personal: capacitar al personal del proyecto sobre la importancia de la biodiversidad local, las medidas de mitigación y los protocolos a seguir para evitar impactos innecesarios sobre la fauna y la flora.

10.5.8. Medidas de compensación para impactos sobre la biodiversidad

Si los impactos sobre la biodiversidad no pueden ser completamente mitigados, se implementan medidas de compensación para equilibrar los efectos negativos sobre los ecosistemas y contribuir a la conservación de especies y hábitats. Algunas de las medidas de compensación para los impactos ambientales sobre la biodiversidad incluyen:

Creación y restauración de hábitats: como medida compensatoria, se restauran áreas degradadas fuera de la concesión minera o se crean nuevos hábitats que sean adecuados para las especies afectadas. Esto puede incluir la restauración de ecosistemas ribereños, humedales, o áreas boscosas.

Establecimiento de áreas protegidas: la creación o el financiamiento de áreas protegidas para conservar especies y ecosistemas vulnerables puede ser una medida de compensación significativa. Estas áreas protegidas se gestionan para asegurar la conservación a largo plazo de la biodiversidad local.

Programas de conservación de especies: implementar programas específicos de conservación para las especies más afectadas, especialmente aquellas que estén amenazadas o en peligro de extinción. Estos programas pueden incluir investigación científica, cría en cautiverio y posterior reintroducción, y monitoreo de poblaciones.

Fortalecimiento de corredores biológicos: se contribuye al establecimiento o mejora de corredores biológicos que conecten áreas naturales fragmentadas, facilitando el movimiento y el intercambio genético de las especies afectadas. Esto es especialmente importante para garantizar la conectividad ecológica en paisajes intervenidos.

Financiamiento de proyectos de conservación comunitaria: apoyar proyectos de conservación liderados por comunidades locales u organizaciones no gubernamentales, aportando recursos financieros, capacitación y asistencia técnica. Esto ayuda a integrar a las comunidades en los esfuerzos de conservación.

Implementación de viveros de especies nativas: para compensar la pérdida de cobertura vegetal, se establecen viveros donde se cultivan especies nativas que serán utilizadas en proyectos de restauración tanto dentro como fuera del área de impacto. Esto asegura la disponibilidad de plantas adaptadas a las condiciones locales y facilita la recuperación del ecosistema.

Medidas de enriquecimiento de hábitats: mejorar la calidad de los hábitats existentes mediante el enriquecimiento con recursos adicionales, como la plantación de especies que proporcionen alimento o refugio a la fauna afectada, creando así mejores condiciones para la biodiversidad.

Programas de educación y sensibilización ambiental: se desarrollan e implementan programas de educación ambiental para las comunidades locales con el objetivo de sensibilizar sobre la importancia de la biodiversidad y promover prácticas de conservación en el área de influencia del proyecto.

Monitoreo y evaluación de la biodiversidad a largo plazo: participar en el monitoreo y evaluación a largo plazo de las poblaciones de especies y la calidad de los hábitats como parte de un compromiso de compensación. Estos programas permiten evaluar el éxito de las acciones de conservación y realizar ajustes según sea necesario.

Contribuciones a fondos de conservación: contribuir económicamente a fondos específicos destinados a la conservación de la biodiversidad, tales como fondos nacionales o regionales para la protección de especies y hábitats críticos.

Cierre y restauración integral de sitios mineros: al cierre de la operación, se implementa un plan de restauración integral del sitio minero para devolver las condiciones naturales al área afectada. Esto incluye la creación de hábitats que favorezcan la recolonización de especies nativas.

10.5.9. Medidas de mitigación para impactos sociales y culturales

En proyectos mineros en Chile, además de los impactos ambientales, los impactos sociales y culturales son importantes y requieren medidas específicas para su mitigación. Estas medidas buscan minimizar los efectos negativos sobre las comunidades locales, sus modos de vida y su patrimonio cultural. Algunas de las principales medidas incluyen:

Consulta y participación ciudadana: involucrar a las comunidades locales y grupos de interés en el proceso de planificación y desarrollo del proyecto minero mediante consultas públicas y mecanismos de participación ciudadana. Esto permite identificar preocupaciones y necesidades de la comunidad, y ajustar el proyecto en consecuencia.

Acuerdos y convenios con comunidades locales: establecer acuerdos o convenios con las comunidades cercanas, especialmente pueblos indígenas, para asegurar que sus derechos y necesidades sean reconocidos y respetados. Estos acuerdos pueden incluir compromisos en áreas como empleo local, servicios, y la preservación de sitios culturales.

Generación de empleo local y capacitación: priorizar la contratación de mano de obra local y proporcionar capacitación técnica para mejorar la empleabilidad de los residentes de la zona. Además, se pueden ofrecer programas de desarrollo de habilidades para fortalecer la capacidad de la comunidad para aprovechar las oportunidades de empleo.

Inversiones en infraestructura y servicios: invertir en la mejora de la infraestructura y servicios comunitarios, como la construcción de carreteras, suministro de agua, electricidad, educación y salud. Estas inversiones buscan generar un beneficio tangible para las comunidades cercanas.

Programas de desarrollo comunitario: implementar programas de desarrollo social y económico para apoyar a las comunidades locales. Esto incluye el fortalecimiento de la economía local mediante el apoyo a pequeños emprendimientos, la mejora de la infraestructura comunitaria y el acceso a servicios básicos.

Preservación del patrimonio cultural: identificar y proteger los sitios de valor cultural y arqueológico que puedan verse afectados por las actividades mineras. Se llevan a cabo estudios de impacto cultural, y en caso de ser necesario, se realiza el rescate y reubicación de elementos arqueológicos y se asegura la protección de áreas sagradas para los pueblos indígenas.

Minimización de desplazamientos y reubicación: evitar el desplazamiento de comunidades siempre que sea posible. En caso de ser inevitable, se diseñan planes de reubicación que aseguren la compensación justa y el reasentamiento adecuado de las familias, respetando sus costumbres y condiciones de vida.

Manejo del ruido y calidad del aire: controlar las emisiones de ruido, polvo y otros contaminantes que puedan afectar la calidad de vida de las comunidades cercanas. Esto incluye la instalación de barreras acústicas, la reducción del tráfico pesado, y la implementación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

Fomento de la salud comunitaria: implementar programas de monitoreo de la salud para identificar posibles efectos negativos de la minería en la población y promover campañas de salud pública. Esto incluye la colaboración con servicios de salud locales y el apoyo a infraestructura y servicios médicos.

Educación y sensibilización cultural del personal: capacitar al personal de la empresa minera en el respeto y comprensión de las costumbres y prácticas culturales de las comunidades locales, promoviendo relaciones respetuosas y armoniosas.

Monitoreo y comunicación transparente: establecer un sistema de monitoreo social que permita evaluar continuamente los impactos del proyecto en la comunidad y comunicar los resultados de manera transparente. Esto fomenta la confianza y el diálogo abierto entre la empresa y las comunidades afectadas.

Plan de contingencia y gestión de conflictos: diseñar planes de contingencia y mecanismos de resolución de conflictos para abordar situaciones que puedan surgir durante la implementación del proyecto. Esto permite gestionar los problemas de manera eficaz y reducir tensiones sociales.

10.5.10. Medidas de compensación para impactos sociales y culturales

En la eventualidad que los impactos sociales y culturales no se puedan evitar o mitigar completamente, se implementan medidas de compensación para asegurar que las comunidades locales y sus modos de vida reciban beneficios que equilibren los efectos negativos del proyecto. Algunas de las medidas de compensación incluyen:

Compensación financiera directa: proporcionar compensación financiera directa a las personas o comunidades afectadas por la pérdida de medios de vida, recursos naturales o tierras debido al proyecto minero. Esto se hace de acuerdo con evaluaciones independientes para garantizar la equidad.

Provisión de viviendas y servicios mejorados: en caso de reubicación de familias, se asegura que reciban viviendas adecuadas con servicios mejorados en comparación con sus condiciones anteriores. Además, se consideran los aspectos culturales y sociales para facilitar la integración a la nueva ubicación.

Programas de desarrollo económico local: implementar programas que promuevan el desarrollo económico de la comunidad, tales como el apoyo a emprendimientos locales, formación para nuevos empleos y acceso a financiamiento. Esto contribuye a compensar la posible pérdida de empleo o ingresos debido al proyecto minero.

Fondo para el desarrollo comunitario: crear un fondo específico para el desarrollo comunitario que financie proyectos en áreas como educación, salud, infraestructura y cultura, generando beneficios a largo plazo para la comunidad afectada.

Acceso prioritario a empleo y oportunidades de negocio: ofrecer acceso prioritario a oportunidades de empleo y contratación de proveedores locales como parte de las actividades del proyecto. Esto incluye capacitación para que los residentes tengan las habilidades necesarias para participar en las actividades mineras.

Proyectos Culturales y Preservación del Patrimonio: financiar iniciativas que ayuden a preservar y promover el patrimonio cultural de las comunidades afectadas, tales como la restauración de sitios arqueológicos, apoyo a festivales culturales y documentación de prácticas culturales locales.

Mejora de infraestructura comunitaria: realizar inversiones en infraestructura comunitaria, como escuelas, centros de salud, redes de agua potable, saneamiento y caminos. Estas mejoras buscan compensar cualquier presión adicional sobre los servicios existentes y mejorar la calidad de vida de los residentes.

Fomento de la educación y capacitación: implementar programas de becas, capacitación técnica y formación en habilidades específicas para los jóvenes y adultos de las comunidades locales. Esto contribuye a aumentar las oportunidades de empleo y desarrollo económico a largo plazo.

Programas de salud comunitaria: financiar programas de salud comunitaria para mejorar el acceso a servicios médicos, incluyendo la construcción de centros de salud, la capacitación de personal médico local y campañas de prevención y promoción de la salud.

Conservación y uso sostenible de recursos naturales: implementar proyectos para compensar la pérdida de acceso a recursos naturales (como el agua, los bosques o las tierras de cultivo), promoviendo prácticas sostenibles y apoyando el manejo comunitario de recursos, otorgando alternativas a las actividades tradicionales afectadas.

Proyectos de integración social y cultural: desarrollar actividades que promuevan la integración entre la comunidad local y los trabajadores de la mina, tales como eventos culturales, talleres de sensibilización y proyectos comunitarios que ayuden a mitigar las tensiones sociales.

Participación en la planificación y gestión de proyectos compensatorios: involucrar a las comunidades en la planificación y ejecución de los proyectos compensatorios, asegurando que sus necesidades y prioridades sean consideradas y que se logre un mayor nivel de aceptación y apropiación de las acciones compensatorias.

Establecimiento de comités comunitarios: crear comités de diálogo o mesas de trabajo con representantes de las comunidades locales para evaluar la implementación de las medidas compensatorias, hacer un seguimiento de los compromisos y resolver de manera conjunta cualquier problema que pueda surgir.

10.5.11. Medidas de mitigación para impactos paisajísticos y visuales

En los proyectos mineros en Chile, los impactos paisajísticos y visuales pueden afectar la calidad del entorno y el valor estético de los paisajes locales, especialmente en zonas con alto valor escénico o turístico. Para reducir estos impactos, se aplican diversas medidas de mitigación, entre las que se incluyen:

Planificación del diseño del sitio: diseñar la disposición de las instalaciones y operaciones mineras considerando el impacto visual. Se priorizan ubicaciones que minimicen la visibilidad desde áreas pobladas, vías de tránsito o puntos de interés turístico.

Revegetación de áreas alteradas: implementar programas de revegetación temprana para áreas que han sido intervenidas, como taludes y depósitos de estériles, utilizando especies nativas que se integren de manera natural con el paisaje. Esto ayuda a restaurar la apariencia del entorno.

Contorno de formas naturales: realizar la configuración de los depósitos de estériles, pilas de material y otros elementos siguiendo formas que imiten el relieve natural del área, en lugar de estructuras con geometría artificial y ángulos abruptos. Esto contribuye a que el proyecto se integre mejor en el paisaje.

Pantallas visuales y barreras vegetales: utilizar pantallas visuales y barreras vegetales, como árboles y arbustos, alrededor de las instalaciones para reducir la visibilidad de la infraestructura desde el exterior. Estas barreras también actúan como elementos de control de polvo.

Colores y materiales que se integren con el entorno: pintar las instalaciones con colores que se asemejen a los tonos naturales del paisaje, como marrones, verdes y ocre, para reducir el contraste visual. También se pueden usar materiales que imiten texturas naturales para las estructuras visibles.

Minimización del tamaño de las áreas intervenidas: Reducir al mínimo el tamaño de las áreas intervenidas en cada etapa del proyecto. Esto implica limitar las áreas de extracción y almacenamiento de materiales al tamaño necesario en cada momento, disminuyendo así el impacto visual.

Cierre progresivo y restauración del sitio: a medida que se complete la explotación de determinadas áreas, se inicia un proceso de cierre progresivo y restauración del terreno, incluyendo la recuperación de los relieves originales y la replantación de vegetación para integrar la zona de nuevo al paisaje.

Ubicación estratégica de infraestructura: situar la infraestructura, como los depósitos de relaves y áreas de procesamiento, en lugares que reduzcan la visibilidad desde puntos de observación sensibles. Se prioriza el uso de depresiones naturales o se aprovechan áreas que ya presentan algún tipo de alteración.

Reducción del impacto de la iluminación: utilizar iluminación dirigida y con control de intensidad para evitar la dispersión de luz hacia áreas fuera del sitio minero. Además, se instalan pantallas de sombreado en luminarias para reducir el impacto visual nocturno en el paisaje.

Uso de tecnologías subterráneas: cuando sea factible, optar por tecnologías de extracción subterránea en lugar de a cielo abierto, ya que esto tiene un impacto mucho menor sobre el paisaje y la visibilidad en el entorno.

Manejo de pilas de materiales y residuos: configurar las pilas de estériles y otros residuos de manera que su altura y perfil no generen un impacto visual significativo. También se puede optar por cubiertas vegetales para estas áreas.

Sensibilización de los trabajadores: capacitar a los trabajadores para que entiendan la importancia de reducir los impactos paisajísticos y para que sigan buenas prácticas en la disposición de materiales y residuos.

10.5.12. Medidas de compensación para impactos paisajísticos y visuales

Las medidas de compensación para equilibrar los efectos negativos sobre el paisaje y la calidad visual del entorno. Algunas de estas medidas de compensación incluyen:

Creación de áreas verdes y espacios recreativos: establecer áreas verdes, parques o espacios recreativos en zonas cercanas al proyecto, mejorando la calidad del entorno para las comunidades locales y compensando la pérdida de valor paisajístico en otras áreas.

Restauración y reforestación de áreas degradadas: compensar los impactos paisajísticos mediante la restauración y reforestación de áreas degradadas, tanto dentro como fuera del área de concesión minera. La plantación de especies nativas puede ayudar a mejorar el paisaje y contribuir a la biodiversidad.

Fondos para la conservación del paisaje: contribuir económicamente a fondos destinados a la conservación del paisaje en áreas naturales cercanas o de interés turístico, apoyando proyectos que busquen preservar y mejorar el entorno visual y estético.

Proyectos de infraestructura comunitaria con impacto estético positivo: financiar proyectos de infraestructura que mejoren el entorno visual para las comunidades locales, instalación de mobiliario urbano, fachadas, y paisajismo en espacios públicos.

Creación de miradores y rutas escénicas: desarrollar miradores o rutas escénicas que permitan a las comunidades y visitantes apreciar el paisaje circundante, compensando la pérdida de vistas naturales. Estos miradores pueden estar acompañados de información educativa sobre el entorno y los esfuerzos de restauración.

Establecimiento de reservas escénicas: compensar la alteración del paisaje mediante la creación de reservas escénicas, donde el objetivo es proteger y realzar la calidad visual y estética del entorno. Estas áreas se gestionan para evitar desarrollos que puedan afectar su valor paisajístico.

Proyectos artísticos y culturales relacionados con el paisaje: financiar proyectos artísticos y culturales que pongan en valor el paisaje y la identidad visual de la región, como murales, esculturas, y programas educativos que promuevan el aprecio y conservación del entorno natural.

Reconfiguración del terreno al cierre del proyecto: al finalizar las actividades mineras, se lleva a cabo la reconfiguración del terreno afectado para devolverlo a una forma que se integre naturalmente en el paisaje original. Esto incluye la eliminación de estructuras y la creación de relieves suaves que imiten la topografía natural.

Desarrollo de programas de educación ambiental: implementar programas educativos a la comunidad sobre la importancia del paisaje y cómo pueden contribuir a su conservación.

Incorporación de arte y diseño en estructuras mineras: incorporar elementos de arte y diseño en las infraestructuras mineras para reducir el impacto visual. Esto puede incluir el uso de murales o diseños que reflejen aspectos culturales locales, transformando una infraestructura potencialmente invasiva en un elemento más integrado al contexto visual.

Restauración de áreas mineras abandonadas: como parte de la compensación, se puede restaurar y mejorar el paisaje de áreas afectadas por actividades mineras previas, mejorando el entorno visual y contribuyendo a la recuperación de zonas que ya estaban degradadas.

10.6. Plan de monitoreo ambiental

Un plan de monitoreo ambiental para un proyecto minero en Chile es un elemento esencial para evaluar y mitigar los impactos ambientales de la minería en cada etapa del proyecto: construcción, operación, cierre y poscierre. Este plan debe adaptarse a las características específicas del proyecto y del entorno donde se desarrollará, asegurando así el cumplimiento de las normativas ambientales chilenas (como la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y la Ley 20.417) y el compromiso de la empresa con la sostenibilidad.

A continuación, se describe detalladamente un plan de monitoreo ambiental para un proyecto minero:

10.6.1. Objetivos del plan de monitoreo ambiental

- **Cumplir con las normativas:** Garantizar el cumplimiento de las regulaciones ambientales chilenas, así como los compromisos específicos adquiridos en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- **Evaluar el desempeño ambiental:** Determinar la efectividad de las medidas de mitigación y corrección implementadas en el proyecto.
- **Identificar impactos imprevistos:** Detectar cambios no anticipados en el entorno que pudieran surgir durante la operación de la mina.
- **Proveer información continua:** Facilitar datos confiables y consistentes para la toma de decisiones y la comunicación con las autoridades y las comunidades.

10.6.2. Áreas y componentes susceptibles de monitorear

a) Calidad del aire

- **Parámetros:** monitoreo de partículas suspendidas (PM10 y PM2.5), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), y otros contaminantes específicos, como el material particulado (MP) generado por la minería.
- **Frecuencia:** monitoreo continuo o semanal, dependiendo de los parámetros específicos y la proximidad de zonas habitadas.
- **Método:** estaciones de monitoreo de calidad del aire ubicadas en puntos estratégicos (por ejemplo, cerca de la mina, áreas residenciales, y en zonas donde el viento podría dispersar partículas).
- **Objetivo:** asegurar que las emisiones de polvo y otros contaminantes se mantengan dentro de los límites establecidos por la normativa chilena.

b) Calidad del agua

- **Parámetros:** niveles de pH, conductividad, turbidez, metales pesados (como arsénico, mercurio, plomo y cianuro en caso de uso), sólidos suspendidos y contaminantes específicos utilizados en los procesos mineros.
- **Frecuencia:** monitoreo mensual o trimestral de aguas superficiales y subterráneas.
- **Método:** muestreo de agua en diferentes puntos, como ríos, lagos y acuíferos cercanos al proyecto, así como en sitios de descarga y relaves.
- **Objetivo:** evitar la contaminación de fuentes de agua dulce y garantizar que cualquier descarga cumpla con los estándares nacionales y con los límites de descarga establecidos.

c) Suelos y gestión de residuos

- **Parámetros:** concentraciones de metales pesados, hidrocarburos y otros contaminantes en el suelo; estabilidad y seguridad de los depósitos de relaves y otros residuos sólidos.

- **Frecuencia:** monitoreo semestral o anual, según la estabilidad del suelo y el riesgo de contaminación.
- **Método:** análisis de muestras de suelo y revisión estructural de las instalaciones de almacenamiento de residuos.
- **Objetivo:** minimizar el riesgo de contaminación del suelo y prevenir el derrumbe o fuga de residuos peligrosos.

d) Biodiversidad y vida silvestre

- **Parámetros:** presencia y estado de conservación de especies nativas, con especial énfasis en especies protegidas o en peligro de extinción.
- **Frecuencia:** monitoreo semestral o anual, con mayor frecuencia en épocas sensibles (como temporadas de reproducción).
- **Método:** estudios de campo y censos de especies en áreas impactadas por la actividad minera.
- **Objetivo:** proteger la biodiversidad local y evaluar el impacto de la actividad minera en los ecosistemas circundantes.

e) Ruido y vibraciones

- **Parámetros:** niveles de ruido (en decibelios) y vibraciones (particularmente en áreas cercanas a la maquinaria y zonas habitadas).
- **Frecuencia:** monitoreo continuo o en momentos específicos de actividad elevada.
- **Método:** instalación de equipos de monitoreo de ruido en áreas cercanas a la mina y en puntos sensibles para las comunidades.
- **Objetivo:** asegurar que los niveles de ruido y vibraciones se mantengan dentro de los límites establecidos y no afecten la salud y el bienestar de los trabajadores y las comunidades cercanas.

f) Monitoreo del uso del agua y energía

- **Parámetros:** volumen de agua utilizada y consumida, eficiencia de uso del agua, consumo energético total y fuentes de energía empleadas.
- **Frecuencia:** registro mensual.
- **Método:** medición de flujos y consumos mediante contadores de agua y energía instalados en puntos clave del proceso minero.
- **Objetivo:** optimizar el uso de recursos naturales, promover la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.

10.6.3. Responsabilidades y asignación de recursos

- **Equipo de monitoreo:** designar personal capacitado para realizar el monitoreo de acuerdo con los estándares, gestionando equipos, recolección de datos, análisis y reportes.
- **Asignación de recursos:** garantizar la disponibilidad de presupuesto, equipos y tecnologías de monitoreo, así como la capacitación continua del personal.

10.6.4. Registro y análisis de datos

- **Base de datos de monitoreo:** crear una base de datos accesible y organizada donde se almacenen todos los registros de monitoreo para facilitar el análisis y la evaluación del desempeño ambiental.
- **Análisis de tendencias:** evaluar periódicamente los datos de monitoreo para identificar tendencias, posibles desviaciones y la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.

10.6.5. Informes y comunicación

- **Informes periódicos:** presentar reportes de resultados de monitoreo a las autoridades ambientales chilenas (como el Servicio de Evaluación Ambiental) y otras partes interesadas, cumpliendo con la normativa.

- **Transparencia con la comunidad:** comunicar los resultados a las comunidades cercanas y mantener una relación abierta, respondiendo a inquietudes y preocupaciones en relación con el impacto ambiental de la mina.

10.6.6. Auditorías y revisión continua

- **Auditorías ambientales:** realizar auditorías internas y externas periódicas para verificar el cumplimiento del plan de monitoreo y de las medidas ambientales establecidas.
- **Revisión y actualización del plan:** ajustar el plan de monitoreo según los resultados obtenidos y los cambios en las operaciones mineras o en la normativa ambiental.

10.7. Participación ciudadana

La participación ciudadana en los procesos de evaluación ambiental de proyectos mineros en Chile es un derecho y una herramienta crucial para que las comunidades afectadas por dichos proyectos puedan expresar sus opiniones y preocupaciones. Este proceso permite a los ciudadanos influir en la toma de decisiones, promoviendo una mayor transparencia y responsabilidad por parte de los titulares de los proyectos y las autoridades ambientales. La participación ciudadana es regulada por la Ley 19.300 (Ley de Bases Generales del Medio Ambiente) y sus modificaciones, así como por normativas adicionales implementadas por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

10.7.1. Objetivos de la Participación Ciudadana en proyectos mineros

Involucrar a la comunidad: proveer un canal formal para que los ciudadanos puedan participar activamente en el proceso de evaluación ambiental, contribuyendo con sus conocimientos y perspectivas sobre los posibles efectos del proyecto en su entorno.

Promover la transparencia: garantizar que la información sobre el proyecto esté disponible para el público y que los ciudadanos comprendan los potenciales impactos.

Fortalecer la toma de decisiones: integrar las observaciones de la comunidad en el análisis ambiental para tomar decisiones más equilibradas y basadas en información local.

Reducir conflictos sociales: mediante una participación inclusiva y abierta, disminuir tensiones y generar acuerdos que puedan facilitar la implementación del proyecto.

10.7.2. Activación de la Participación Ciudadana

La participación ciudadana se activa automáticamente cuando un proyecto minero ingresa al **Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)** bajo la modalidad de **Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**. Este es el caso de proyectos que podrían tener efectos significativos en el medio ambiente, tales como grandes operaciones mineras.

También se activa si la comunidad lo solicita, siempre que el proyecto esté en modalidad de EIA y no en una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), que es un proceso más simplificado y con menor potencial de impacto.

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) notifica la apertura del proceso de participación a la comunidad, publicando la información en medios oficiales y en su sitio web.

10.7.3. Etapas del proceso de Participación Ciudadana

Notificación y acceso a la información: una vez que el proyecto se admite en el SEIA, se publica un aviso y se pone a disposición de la ciudadanía toda la documentación relevante, incluyendo el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), informes técnicos y medidas de mitigación propuestas.

Período de observaciones: durante un plazo de 60 días (a contar desde la notificación del SEA), los ciudadanos y organizaciones interesadas pueden presentar observaciones por escrito, en las que expresen sus preocupaciones sobre los impactos ambientales y sociales del proyecto. Estas observaciones se presentan en el sitio web del SEA o en oficinas locales.

Audiencias públicas: en casos donde la magnitud del proyecto lo amerita o cuando hay un especial interés o afectación de la comunidad, el SEA puede organizar audiencias públicas. Estas audiencias permiten un intercambio directo de información entre los ciudadanos y los titulares del proyecto, además de brindar un espacio para que los ciudadanos formulen preguntas y expongan sus preocupaciones.

10.7.4. Presentación de observaciones ciudadanas

Las observaciones pueden abordar cualquier aspecto ambiental o social que la comunidad considere relevante, como el uso de recursos hídricos, emisiones atmosféricas, impacto en la biodiversidad, efectos sobre la salud pública, cambio en el uso del suelo, entre otros.

Las observaciones son revisadas por el SEA, quien las integra en el expediente del proyecto, y son consideradas al evaluar los impactos del proyecto.

10.7.5. Respuesta a las observaciones ciudadanas

El titular del proyecto tiene la obligación de responder cada una de las observaciones ciudadanas, detallando cómo se atenderán las preocupaciones planteadas. Esto se realiza a través de un documento formal, donde se responden o justifican las medidas propuestas para mitigar los impactos mencionados.

El SEA revisa tanto las respuestas del titular como las observaciones ciudadanas y, en caso necesario, puede solicitar ajustes o la implementación de medidas adicionales de mitigación, de acuerdo con la información proporcionada por los ciudadanos.

10.7.6. Decisión final del SEA y comunicación a la comunidad

El SEA emite una Resolución de Calificación Ambiental (RCA), que puede aprobar el proyecto, rechazarlo o aprobarlo con condiciones específicas. Esta decisión toma en cuenta las observaciones ciudadanas, las respuestas del titular y los informes técnicos de los expertos.

La RCA y todos los documentos relacionados son de acceso público, permitiendo a los ciudadanos verificar que se ha considerado la participación comunitaria y que se han incorporado las medidas necesarias para reducir el impacto ambiental y social.

10.7.7. Seguimiento y fiscalización

En proyectos mineros de larga duración, la participación ciudadana no termina con la aprobación del proyecto. El SEA, junto con otras entidades fiscalizadoras, monitorea el cumplimiento de las condiciones establecidas en la RCA, y los ciudadanos pueden presentar denuncias o solicitar revisiones si consideran que el proyecto no cumple con sus compromisos.

10.8. Incorporación de modelos internacionales que fortalecen el modelo de gestión ambiental

10.8.1. Modelo Global Reporting Initiative (GRI)

Integrar los modelos de Global Reporting Initiative (GRI) en un modelo de gestión ambiental para un proyecto minero en Chile permite a la empresa minera medir y reportar sus impactos de manera coherente, transparente y comparable. Los modelos GRI relacionados con la minería abarcan aspectos críticos como el uso de recursos hídricos, emisiones, biodiversidad, gestión de residuos y derechos humanos, los cuales son fundamentales en la industria extractiva. Esta integración no solo asegura el cumplimiento de las regulaciones locales y la rendición de cuentas a las autoridades chilenas, sino que también responde a las expectativas de transparencia y sostenibilidad de la comunidad, inversionistas y otros grupos de interés.

A continuación, se explica cómo implementar estos modelos GRI en un proyecto minero en Chile, abordando los aspectos más relevantes.

1. Identificación de modelos GRI relevantes para la minería

Los modelos del GRI que tienen una relación directa con las actividades mineras abarcan varias áreas clave de impacto ambiental y social. Los modelos más relevantes son los siguientes:

- **GRI 303: Agua y efluentes:** es para gestionar el consumo de agua y sus impactos.
- **GRI 305: Emisiones:** para medir y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.
- **GRI 306: Residuos:** sirve para gestionar los desechos, incluyendo relaves mineros y residuos peligrosos.
- **GRI 304: Biodiversidad:** ayuda a proteger y restaurar la flora y fauna en las áreas de influencia del proyecto.
- **GRI 403: Salud y seguridad ocupacional:** para asegurar la salud y seguridad de los trabajadores en un entorno de alto riesgo como la minería.

- **GRI 409: Trabajo forzoso y trabajo infantil:** sirve para proteger los derechos humanos en el contexto laboral, especialmente en áreas cercanas a comunidades vulnerables.

Estos modelos guían el proceso de recolección, monitoreo y reporte de datos ambientales y sociales y permiten a la empresa minera alinear su gestión con las mejores prácticas internacionales de sostenibilidad.

2. Establecimiento de indicadores y metas alineados con GRI

Para cada uno de los modelos seleccionados, la empresa define indicadores específicos y establece metas claras y medibles para evaluar su desempeño en sostenibilidad. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo estos modelos pueden aplicarse en el contexto minero:

- **GRI 303: Agua y efluentes**
 - a) **Indicador 303-3 (Extracción de agua):** se mide el volumen de agua extraída de cada fuente (superficial, subterránea, reciclada).
 - b) **Meta:** reducir la extracción de agua fresca en un 25% en cinco años mediante el uso de sistemas de recirculación y fuentes alternativas como agua de mar desalinizada.
- **GRI 305: Emisiones**
 - a) **Indicador 305-1 (Emisiones directas de GEI) y 305-2 (Emisiones indirectas de GEI):** cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente CO₂, SO₂ y NO_x.
 - b) **Meta:** reducir las emisiones de CO₂ en un 30% para 2030, mediante la implementación de energías renovables y la optimización del consumo de combustibles.

- **GRI 306: Residuos**

- a) **Indicador 306-3 (desechos generados):** medir el volumen de residuos generados, incluyendo relaves y residuos peligrosos, y su método de disposición.
- b) **Meta:** incrementar la reutilización y reciclaje de residuos en un 20%, con especial atención a la gestión segura de los relaves.

- **GRI 304: Biodiversidad**

- a) **Indicador 304-2 (impactos significativos de las actividades en la biodiversidad):** evaluar el impacto de la minería en hábitats críticos y especies amenazadas.
- b) **Meta:** desarrollar un plan de conservación y restauración de hábitats en un radio de 5 km alrededor de la mina, con monitoreo semestral de especies clave.

- **GRI 403: Salud y seguridad ocupacional**

- a) **Indicador 403-9 (lesiones relacionadas con el trabajo):** registrar y monitorear las tasas de accidentes y enfermedades laborales.
- b) **Meta:** reducir la tasa de incidentes laborales en un 50% en cinco años mediante mejoras en los protocolos de seguridad y capacitaciones constantes.

- **GRI 409: Trabajo forzoso y trabajo infantil**

- a) **Indicador 409-1 (Operaciones y proveedores en riesgo de incidentes de trabajo infantil y trabajo forzoso):** auditar proveedores y operaciones para identificar posibles riesgos de violaciones a los derechos humanos.
- b) **Meta:** auditar al 100% de los proveedores críticos y establecer un sistema de reporte y seguimiento de incidentes.

3. Desarrollo de sistemas de monitoreo y recolección de datos

Para implementar los indicadores de GRI, se requiere un sistema robusto de recolección y monitoreo de datos:

- **Instalación de tecnología de monitoreo:** implementar sistemas automáticos de recolección de datos para monitorear el consumo de agua, emisiones, generación de residuos y otros indicadores relevantes. Por ejemplo, sensores de flujo de agua para registrar el volumen de extracción y recirculación en tiempo real.
- **Frecuencia de monitoreo:** definir frecuencias de monitoreo y recolección de datos (diario, mensual, anual) según los requisitos de GRI y las necesidades del proyecto.
- **Registro de datos y almacenamiento:** crear una base de datos centralizada que registre los datos recopilados, facilitando el análisis y asegurando la disponibilidad para la elaboración de informes de sostenibilidad.

4. Implementación de prácticas de gestión ambiental y social alineadas con GRI

Para cumplir con las metas definidas, la empresa debe integrar prácticas y tecnologías avanzadas de gestión ambiental en sus operaciones mineras:

- **Recirculación y tratamiento de agua:** implementar sistemas de recirculación de agua que permitan reutilizar hasta un 80% del agua en el proceso de extracción de minerales, reduciendo así la presión sobre los recursos hídricos locales (GRI 303).
- **Energía renovable para reducción de emisiones:** adoptar fuentes de energía renovable, como energía solar o eólica, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cumplir con los objetivos de reducción de CO₂ (GRI 305).
- **Gestión de relaves y residuos:** diseñar e implementar sistemas de almacenamiento seguro de relaves, minimizando la filtración de contaminantes hacia el suelo y los cuerpos de agua cercanos (GRI 306).
- **Planes de restauración de biodiversidad:** desarrollar y ejecutar un plan de restauración de áreas afectadas, reforestación y monitoreo de especies amenazadas, en colaboración con autoridades y ONGs locales (GRI 304).

- **Capacitación en seguridad:** capacitar al personal en protocolos de seguridad y mejores prácticas laborales para reducir accidentes e incidentes de salud ocupacional (GRI 403).

5. Elaboración de informes de sostenibilidad basados en GRI

Una vez implementados los sistemas de monitoreo y recopilación de datos, la empresa puede elaborar informes de sostenibilidad que cumplan con los modelos del GRI:

- **Compilación de datos:** reunir y analizar los datos obtenidos de los sistemas de monitoreo para cada indicador GRI, asegurando su exactitud y relevancia.
- **Estructura del informe:** preparar el informe de acuerdo con los lineamientos de GRI, incluyendo un análisis de desempeño ambiental, metas alcanzadas y medidas de mitigación adoptadas.
- **Verificación y revisión externa:** someter el informe a una revisión externa para validar la exactitud de los datos y asegurar que cumpla con los requisitos de GRI, incrementando la transparencia y confianza en el reporte.

6. Comunicación y transparencia con las partes interesadas

Publicar y difundir el informe GRI con las partes interesadas es clave para mantener la confianza y transparencia en el proyecto minero:

- **Publicación del informe:** distribuir el informe de sostenibilidad en la página web de la empresa y en medios locales, garantizando que la comunidad y otras partes interesadas tengan acceso al desempeño ambiental del proyecto.
- **Reuniones y diálogo:** realizar reuniones con comunidades locales, autoridades y ONG para explicar los resultados del informe, responder dudas y recibir retroalimentación para futuras mejoras.

7. Revisión y mejora continua basada en los modelos GRI

El ciclo de mejora continua asegura que el modelo de gestión ambiental evolucione en respuesta a los resultados de monitoreo y las expectativas de sostenibilidad:

- **Revisión periódica de los indicadores:** evaluar el desempeño en relación con los indicadores GRI y ajustar las metas y estrategias según sea necesario.
- **Auditorías de cumplimiento:** realizar auditorías regulares para garantizar que los procedimientos cumplan con los modelos del GRI.
- **Ajustes en prácticas y tecnología:** incorporar nuevos desarrollos tecnológicos o prácticas de gestión que permitan mejorar el desempeño ambiental.

10.8.2. Modelo ISO 26000

La ISO 26000 aborda siete temas centrales que pueden aplicarse en un proyecto minero: gobernanza organizacional, derechos humanos, prácticas laborales, medio ambiente, prácticas justas de operación, asuntos de consumidores y participación activa en la comunidad y desarrollo. En el contexto minero, los temas más relevantes son gobernanza, derechos humanos, medio ambiente y desarrollo comunitario. A continuación, se detalla cómo integrar ISO 26000 en cada uno de estos aspectos:

1. Gobernanza organizacional y toma de decisiones responsables

- **Política de sostenibilidad:** la empresa establece una política clara de sostenibilidad que incorpora los principios de responsabilidad social de ISO 26000, orientando las operaciones mineras hacia la sostenibilidad y el respeto a las comunidades y al medio ambiente.
- **Incorporación en la toma de decisiones:** la gobernanza del proyecto minero integra criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones, asegurando que todos los niveles de la organización consideren los impactos sociales y ambientales.
- **Transparencia y responsabilidad:** se implementan procesos de comunicación interna y externa que garantizan la transparencia en todas las actividades del proyecto minero, con un enfoque en rendir cuentas sobre los impactos sociales y ambientales.

2. Derechos humanos y participación de las comunidades locales

- **Debida diligencia en derechos humanos:** la empresa minera realiza una evaluación de debida diligencia para identificar y mitigar riesgos en derechos humanos,

considerando los impactos sobre las comunidades locales, especialmente en áreas sensibles como el uso de tierras y recursos hídricos.

- **Consulta y participación:** se establece un proceso de consulta y participación temprana con las comunidades, en línea con el principio de participación activa de ISO 26000, asegurando que sus preocupaciones e intereses sean considerados en la planificación y ejecución del proyecto.
- **Protección de derechos laborales y de la comunidad:** la empresa se compromete a proteger los derechos laborales y a asegurar condiciones de trabajo justas y seguras, tanto para los empleados como para los contratistas, en concordancia con los principios de derechos humanos de la norma.

3. Integración de principios de gestión ambiental sostenible

La ISO 26000 hace un especial énfasis en el cuidado ambiental, lo cual es clave en la minería. La empresa debe aplicar prácticas de gestión ambiental que minimicen los impactos de la minería en el ecosistema.

- **Gestión del agua y de efluentes:** en áreas mineras, el agua es un recurso crítico. El proyecto minero puede adoptar medidas de gestión de agua, como la recirculación de agua en procesos de extracción y la protección de acuíferos, alineándose con el principio de prevención y reducción de impactos ambientales.
- **Manejo de emisiones y residuos:** en línea con la ISO 26000, la empresa monitorea sus emisiones de gases y polvo y gestiona adecuadamente los residuos, especialmente los peligrosos como los relaves. Esto incluye el establecimiento de un sistema de almacenamiento seguro para evitar la contaminación de suelos y aguas.
- **Protección de la biodiversidad:** la ISO 26000 promueve la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. En este sentido, la empresa realiza evaluaciones de impacto en la flora y fauna local, implementando programas de restauración y rehabilitación en áreas afectadas, como reforestación y monitoreo de especies en peligro.

4. Ética y sostenibilidad en las operaciones mineras

- **Cadena de suministro sostenible:** la ISO 26000 alienta a las organizaciones a evaluar el desempeño de sus proveedores. En el contexto de la minería, la empresa audita y selecciona proveedores comprometidos con prácticas responsables, como el respeto a los derechos laborales y el manejo ambiental adecuado.
- **Compromiso con la anticorrupción:** la empresa implementa políticas anticorrupción en sus operaciones y con sus socios de negocio, en concordancia con el principio de integridad de la norma ISO 26000, fomentando una relación ética con las autoridades y las comunidades.

5. Participación en la comunidad y desarrollo sostenible

- **Programas de desarrollo comunitario:** la ISO 26000 resalta la importancia de contribuir al desarrollo social y económico de las comunidades. La empresa minera establece programas que mejoren la infraestructura local, educación, salud y acceso a servicios básicos, respondiendo a las necesidades de la comunidad.
- **Fortalecimiento de la economía local:** la empresa implementa políticas de contratación local y apoya a pequeños emprendedores en la zona, generando oportunidades económicas y fomentando una relación positiva con la comunidad.
- **Inversión en educación ambiental:** la empresa financia programas de educación ambiental en las comunidades para promover la conciencia sobre el uso de recursos y la protección del medio ambiente, contribuyendo a una cultura de sostenibilidad.

La ISO 26000 aborda siete temas centrales que pueden aplicarse en un proyecto minero: gobernanza organizacional, derechos humanos, prácticas laborales, medio ambiente, prácticas justas de operación, asuntos de consumidores y participación activa en la comunidad y desarrollo. En el contexto minero, los temas más relevantes son gobernanza.

11. Anexo 2: Aplicación del modelo de gestión ambiental (DIA) al caso estudio

11.1. Descripción del proyecto

Este proyecto ingresó al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) durante abril del año 2021 y la Resolución de Calificación Ambiental se obtuvo en abril de 2023 (Resolución exenta N° 202305000167). Es relevante mencionar que, la incorporación de los modelos internacionales no fue parte del proceso real de evaluación ambiental del proyecto, sin embargo, para efectos del cumplimiento de los objetivos del trabajo de tesis, se realizan los análisis y recomendaciones de cada uno de los modelos (GRI e ISO 26000), al proyecto de Continuidad Operacional Planta Pullalli.

11.1.1. Objetivos y justificación

Extender la vida útil de la planta Pullalli mediante la modificación del proceso actual, pasando de la lixiviación agitada a la lixiviación en pilas. Esta transformación permitirá continuar con la explotación de los recursos minerales (baja ley de oro, < 2.5 g/t) en el área y contribuirá a la estabilidad económica local. Específicamente, el cambio en el proceso permitirá extender la operatividad del proyecto por cinco años adicionales, con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de los minerales auríferos y fortalecer el impacto económico en la comunidad aledaña.

El proyecto posee una capacidad de procesamiento de 15,000 toneladas por mes, en sus pilas de lixiviación. En cuanto a la duración del proyecto, se estima que la vida útil se extiende por cinco años.

11.1.2. Localización

La Planta Pullalli se encuentra en la comuna de La Ligua, Región de Valparaíso, Chile, específicamente en la ladera occidental del Cerro Talcalán, aproximadamente a 4.5 km de la localidad de Pullalli.

Para visualizar la ubicación exacta de la planta en diferentes sistemas de coordenadas y formatos, se proporcionan los siguientes recursos:

1. Coordenadas en WGS84:

a) Latitud: -32.4000° ; Longitud: -71.5000°

2. Coordenadas en PSAD56:

a) Latitud: -32.4005° ; Longitud: -71.4995°

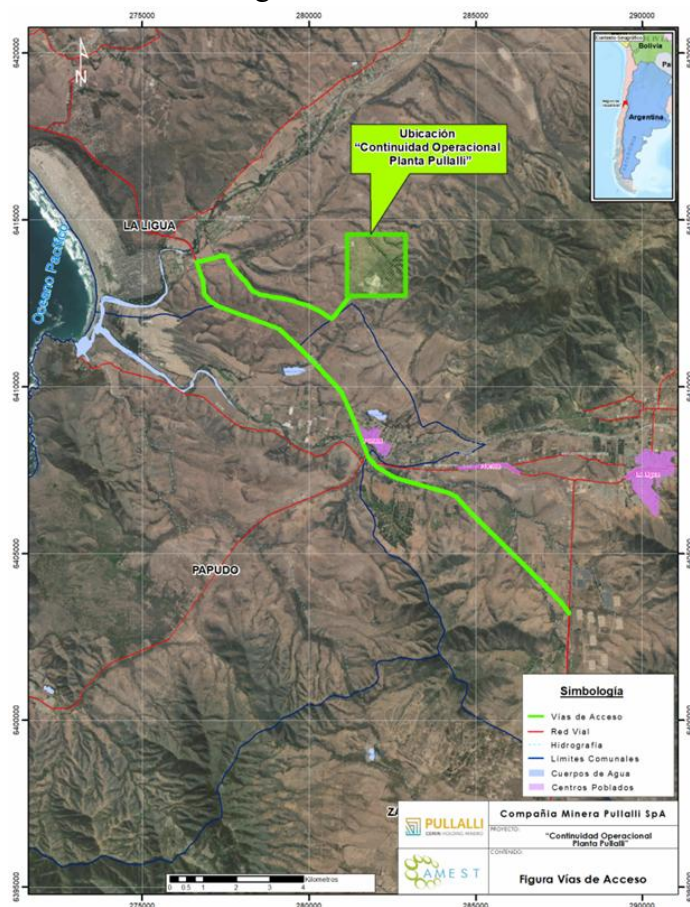


Figura 5: Ubicación Planta Pullalli. Fuente: Imagen Google earth, diciembre 2024.

11.1.3. Características técnicas

11.1.3.1. Fase de construcción

La fase de construcción contempla un período de 25 semanas y las actividades asociadas son las que se describen en párrafo inferior.

Principales actividades:

1. Mejoramiento de caminos existentes: Incluye nivelación y compactación del terreno.
2. Silo de cemento:

- Fabricación de base de hormigón armado.
 - Montaje de estructura.
3. Silo de cal:
- Fabricación de base de hormigón armado.
 - Montaje de estructura.
4. Tambor aglomerador (Estanque Solución Aglomerador):
- Preparación y nivelación del terreno.
 - Construcción de fundaciones y estructuras soportantes.
 - Instalación de sistema de descarga y correas transportadoras.
5. Instalación de equipos y red de suministros:
- Montaje de equipos y sistemas de red para el suministro de servicios.
6. Pila de Lixiviación secundaria en botadero de ripios:
- Corte, relleno y nivelación del terreno.
 - Instalación de carpeta de HDPE y sistema de detección de fugas.
 - Construcción de canaleta recolectora.
7. Construcción de piscinas de proceso (Barren e ILS):
- Excavación y retiro de material, instalación de geotextiles y geomembranas.
 - Implementación de sistema de detección de fugas y prueba hidráulica.
8. Piscinas de emergencia:
- Excavación, instalación de geotextil y geomembrana.
 - Montaje y prueba hidráulica para seguridad.
9. Planta CIC:
- Fabricación de nuevas columnas y preparación del terreno.
 - Construcción de fundaciones y radieres.
10. Elución y electrobtención:
- Fabricación de estanques, nivelación y fundación de columnas.
 - Instalación de sistemas de cañerías y canales de contorno.

11.1.3.2. Fase de operación

La fase de operación contempla un período de 5 años y las actividades asociadas son las que se describen en párrafo inferior.

Principales actividades:

1. Tambor aglomerador:

- Dosificación de cemento y cal.
- Aglomeración y curado.

2. Pilas de lixiviación dinámica:

- Apilamiento (descarga de mineral).
- Riego.
- Lixiviación primaria.
- Retiro de líneas de riego y del mineral lixiviado (ripios).

3. Pila de lixiviación secundaria en botadero de ripios:

- Apilamiento de mineral ya lixiviado.
- Riego.

4. Piscinas de proceso y emergencia:

- Percolación y almacenamiento.

5. Planta CIC:

- Adsorción de oro y plata en carbón activado.
- Elución de carbón activado cargado.
- Lavado ácido del carbón y neutralización.
- Elución y electroobtención. Filtrado y fundición del precipitado.

6. Canal de contorno:

- Recolección y conducción de agua lluvia.

7. Caminos:

- Funcionamiento operacional para el traslado y desplazamiento de personal y equipos.

11.1.3.3. Fase de cierre

Actividades para asegurar la estabilidad de las instalaciones:

1. **Desenergización de instalaciones:** se desenergizan todas las áreas y equipos antes del desmantelamiento.
2. **Retiro de maquinaria y equipos:** se retira toda la maquinaria y equipos de la faena.
3. **Desmantelamiento de instalaciones metálicas:** se desmontan las estructuras metálicas y otros materiales, siguiendo los protocolos de seguridad.
4. **Desmantelamiento de instalaciones, equipos y maquinarias:** se realiza la demolición de instalaciones, previa limpieza.
5. **Retiro y disposición final de residuos y escombros:** los materiales de demolición, como madera y metal, se disponen en rellenos sanitarios autorizados.
6. **Reperfilamiento del área para mejorar drenaje y minimizar erosión:** se nivela el terreno para evitar acumulación de agua y erosión.
7. **Limpieza general del área:** se retiran residuos y suelos contaminados para disponerlos en botaderos de estéril.
8. **Secado de piscinas de aguas recuperadas y de emergencia:** se secan gradualmente las piscinas.
9. **Cierre de accesos:** se construyen barreras en accesos principales para impedir el ingreso.
10. **Instalación de señalética de advertencia:** colocación de letreros en áreas de desmantelamiento.

Medidas para asegurar la estabilidad química

1. **Limpieza de suelos con signos de contaminación:** se remueven y manejan los suelos contaminados como residuos peligrosos.
2. **Manejo de residuos no peligrosos:** los residuos no reciclables se transportan a un relleno autorizado.

3. **Manejo de residuos peligrosos:** los residuos peligrosos se retiran y llevan a sitios de disposición final.
4. **Diques interceptores y canales evacuadores de agua:** se instalan canales para evitar acumulación de aguas de contacto.

Obras y Acciones para prevenir futuras emisiones

1. **Paralización de fuentes emisoras:** las fuentes de partículas y gases dejarán de operar, por lo que no habrá futuras emisiones de contaminantes.

Mantenimiento, conservación y supervisión

1. **Revisión de canales de contorno:** se verifica la operatividad de los canales de drenaje.
2. **Revisión de pozos de monitoreo:** si se detecta agua en los pozos, se analiza su calidad.

11.1.4. Definición del marco normativo

El modelo de gestión ambiental debe estar alineado con la normativa chilena, incluyendo:

- Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300).
- Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Decreto 40.
- El Código de Minería Chileno.
- Normas sectoriales específicas (agua, suelo, emisiones, residuos).
- Considerar los compromisos internacionales de Chile en materia ambiental, como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

11.2. Definición del instrumento de gestión ambiental a emplear (DIA y EIA) análisis para el Proyecto

Dado el contexto de la planta de procesamiento mineral de Pullalli y las actividades descritas:

- Si el proyecto implica una ampliación de operaciones ya existentes sin introducir nuevas áreas de impacto, con el uso de infraestructura previamente establecida y

control de emisiones ya implementado, es posible que una DIA sea suficiente. La DIA permite una evaluación de impactos moderados, como la gestión de residuos y el cierre de instalaciones.

- Si el proyecto se expande hacia nuevas áreas o introduce procesos con mayor uso de recursos (agua, energía, emisiones, etc.) o en áreas sensibles (por ejemplo, cercanía a cuerpos de agua protegidos, áreas de interés cultural), un EIA sería más adecuado. Esto garantiza un análisis exhaustivo y asegura medidas robustas para cualquier impacto significativo.

Recomendación:

Para este proyecto, considerando que se trata de una continuidad operacional y que no se introducen cambios significativos en el proceso ni en el área de impacto, una DIA parece ser la opción más adecuada. Sin embargo, para una decisión definitiva, se recomienda una consulta de pertinencia ante la autoridad ambiental (SEA), para confirmar que los impactos pueden manejarse bajo una DIA y si se requieren condiciones específicas o adicionales para el cierre y operación. Para la ratificación de este instrumento (DIA), se empleará la matriz de decisión propuesta en el capítulo de Metodología de este proyecto de Tesis.

11.3. Definición de la línea base del instrumento de gestión ambiental (EIA o DIA)

Para el proyecto de continuidad operacional de la planta Pullalli, el estudio de línea base deberá centrarse en aspectos específicos que permitan entender y mitigar los posibles impactos derivados de la ampliación de operaciones en las pilas de lixiviación. A continuación, se describe cómo se aplicaría el estudio de línea base en función de las características del proyecto:

1. Medio Físico

- **Geología y geomorfología:** los antecedentes del proyecto indican la presencia de pilas de lixiviación y estructuras específicas para el procesamiento de minerales, lo que implica la necesidad de evaluar la estabilidad geológica. Esto es fundamental para garantizar que no haya movimientos de tierra que pongan en riesgo la infraestructura

de lixiviación, evitando posibles filtraciones y riesgos de derrumbe. Además, el reprocesamiento de material en pilas de lixiviación exige conocer el sustrato geológico y las características geomorfológicas para planificar medidas de control de estabilidad durante la operación y en la fase de cierre.

- **Clima y meteorología:** dado que el proyecto incluye el uso de soluciones líquidas en las pilas de lixiviación, es fundamental comprender las condiciones meteorológicas, especialmente el viento y las precipitaciones, para prever la dispersión de partículas y gestionar la escorrentía. Los antecedentes señalan la disposición de piscinas de emergencia, lo cual requiere prever las posibles lluvias para evitar el desbordamiento y el impacto en la calidad del agua de las áreas circundantes. Esta información climática permitirá planificar las actividades en función de los patrones de precipitación y viento, minimizando los impactos sobre el entorno y la comunidad.
- **Hidrología e hidrogeología:** el uso de agua en el proceso de lixiviación y en el tratamiento de residuos hace necesario un análisis detallado de la hidrología y la hidrogeología local. La fase de operación incluye la gestión de piscinas y canales para evitar filtraciones y proteger el acuífero, además de sistemas de detección de fugas en las pilas de lixiviación. Esto implica que los antecedentes sobre el uso del agua y la gestión de efluentes deben complementarse con estudios hidrogeológicos para evitar impactos negativos en los cuerpos de agua locales y asegurar la sostenibilidad hídrica. El recurso se extrae de acuerdo con los términos autorizados en la RCA N° 548/2009 y cuenta con derechos de agua subterránea por un caudal autorizado de 10 l/s.

2. Medio biótico

- **Flora y vegetación:** De los antecedentes analizados se desprende que, una reforestación voluntaria con Casuarina para mitigar los impactos es una medida adecuada. Esto resalta la importancia de un inventario de la flora nativa para identificar y preservar especies vulnerables que podrían verse afectadas por la expansión de infraestructura. Esta reforestación, además de actuar como cortina vegetal, requiere evaluarse en su efectividad y compatibilidad con las especies

autóctonas de la zona, para asegurar su integración al ecosistema local y contribuir a la biodiversidad.

- **Fauna:** el proyecto, al involucrar maquinaria pesada y movimientos de tierra, puede afectar la fauna local. Los antecedentes indican la necesidad de minimizar los impactos en la biodiversidad, lo que implica estudiar la fauna residente para evitar su desplazamiento o afectación. Se debe identificar la fauna específica del área para implementar medidas de mitigación, como corredores de paso y monitoreo de ruido, que aseguren la conservación de la fauna circundante y prevengan alteraciones innecesarias en sus patrones de movimiento.
- **Ecosistemas y hábitats:** las pilas de lixiviación, las piscinas y los sistemas de drenaje mencionados en los antecedentes impactan los ecosistemas locales, especialmente los cuerpos de agua que sustentan a varias especies. Los antecedentes reflejan la importancia de asegurar que las áreas de vegetación y los hábitats acuáticos cercanos no se vean afectados de forma irreversible. Un análisis de los hábitats permitirá identificar zonas sensibles y definir áreas de amortiguamiento, así como acciones de restauración durante el cierre.

3. Medio humano

- **Población y comunidad:** la operación de la Planta Pullalli genera implicancias sociales y económicas en la comunidad local, desde la ocupación del suelo hasta el uso de recursos hídricos. Los antecedentes del proyecto indican que este recurso se extrae conforme a los términos autorizados en la RCA N° 548/2009 y cuenta con derechos de uso de aguas subterráneas con un caudal autorizado de 10 l/s. El proyecto no evidencia efectos adversos directos en el suministro de agua potable para las comunidades locales, ya que utiliza aguas subterráneas de acuerdo con derechos legales establecidos.
- **Infraestructura y servicios:** se especifica un tránsito constante de maquinaria para el transporte de materiales y residuos. Esto impacta la infraestructura local y podría afectar el acceso a servicios básicos. Se requiere una evaluación de la capacidad de las vías y de los servicios para prever la presión sobre estas infraestructuras y asegurar

que no se vea comprometido el acceso de la comunidad a caminos, transporte o servicios esenciales, desarrollando alternativas para mitigar estos impactos.

- **Patrimonio cultural y sitios de interés:** la ubicación del proyecto en un área que podría albergar patrimonio cultural o sitios arqueológicos debe abordarse en la línea base para evitar la afectación de estos bienes. Aunque los antecedentes no detallan sitios específicos, un estudio de línea base del patrimonio asegurará que, de ser encontrados, se implementen medidas de conservación que respeten el valor cultural del área y se mantenga la armonía entre el desarrollo industrial y el patrimonio.

4. Metodología de recolección de datos

- **Monitoreo ambiental in situ:** es de gran importancia monitorear la calidad del aire, el agua y el suelo debido a los posibles impactos de la planta. Con estaciones de monitoreo en el área de influencia, se puede asegurar que las emisiones y descargas se mantengan dentro de límites aceptables, protegiendo así la salud pública y el entorno. Dado que el proyecto incluye actividades como el uso de lixiviantes y el tránsito de maquinaria, el monitoreo es crucial para detectar cambios y actuar preventivamente.
- **Trabajo de campo en biodiversidad:** están contempladas actividades como la reforestación y el manejo de áreas naturales, lo cual subraya la necesidad de realizar estudios de campo para evaluar la biodiversidad. Esto permitirá ajustar las medidas de protección de fauna y flora, asegurando que la actividad minera tenga el menor impacto posible sobre los ecosistemas circundantes, respetando el equilibrio ambiental y favoreciendo la coexistencia entre el proyecto y la naturaleza.

5. Análisis de datos y evaluación de impactos

- **Comparación con normativa chilena:** los antecedentes destacan la importancia de cumplir con la normativa ambiental chilena. El análisis de línea base permitirá comparar los datos ambientales con los límites legales, como en la calidad del aire y el uso del agua. Esto asegura que cualquier actividad del proyecto que pueda desbordar los límites normativos sea ajustada de inmediato para prevenir sanciones y daños al medio ambiente y la comunidad.

- **Identificación de puntos críticos:** los puntos críticos incluyen las pilas de lixiviación y las áreas de almacenamiento de residuos, así como los cuerpos de agua cercanos. Identificar estos elementos permitirá enfocar los recursos en medidas de protección y restauración donde más se necesiten, estableciendo protocolos para actuar en caso de detectar impactos imprevistos en las áreas más vulnerables.

6. Documentación y consulta pública

- **Informe de línea base:** un informe exhaustivo de la línea base, en el contexto de la Planta Pullalli, ofrecerá una referencia clara para las autoridades y la comunidad, permitiendo evaluar el impacto real de las operaciones y hacer ajustes. Al documentar cada aspecto de la línea base, se establece un marco de transparencia y rendición de cuentas, brindando un respaldo tanto para la gestión ambiental como para el diálogo con las partes interesadas.
- **Consulta a la comunidad y validación con autoridades:** los antecedentes no denotan la necesidad de una consulta pública específica, pero dado que el proyecto involucra el uso de recursos locales y podría impactar a las comunidades circundantes, la consulta es una herramienta importante para promover la aceptación social. El involucramiento de la comunidad y la transparencia en la validación de los estudios de línea base contribuyen a establecer confianza, minimizar los conflictos y mejorar las prácticas de responsabilidad ambiental del proyecto.

11.4. Identificación del impacto ambiental potencial

11.4.1. Impactos en el aire

El proyecto genera emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5} en diferentes etapas de la operación, principalmente a través de:

1. **Transferencia de material:** 0.01956 toneladas/año de PM_{2.5} y 0.12914 toneladas/año de PM₁₀.
2. **Tránsito en caminos no pavimentados (pesados):** 1.55019 toneladas/año de PM_{2.5} y 15.50187 toneladas/año de PM₁₀.

3. **Tránsito en camino pavimentado exterior:** 0.42696 toneladas/año de PM2.5 y 1.76475 toneladas/año de PM10.
4. **Emisiones de vehículos y maquinaria:** suman una cantidad importante de partículas en movimiento en caminos pavimentados y no pavimentados, y se complementan con el motor de maquinaria en operación.

Respecto a la normativa chilena, en el proyecto no se explicita si estas emisiones superan los límites permitidos. Sin embargo, establece medidas de mitigación, como el mantenimiento regular de la maquinaria y el control del tránsito en caminos pavimentados y no pavimentados, para minimizar las emisiones y asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales

11.4.2. Impactos en el agua

Los impactos sobre el agua en el proyecto incluyen el uso de agua potable y agua industrial, ambos gestionados de manera que minimicen su impacto ambiental:

1. **Agua potable:** el agua para consumo humano es captada de un pozo profundo de 30 metros y transportada mediante una tubería de 7 km hasta un reservorio en la planta. Allí es clorada y almacenada en un estanque de 20,000 litros. El titular del proyecto posee los derechos de aprovechamiento de este pozo, lo que asegura el abastecimiento sin afectar los recursos locales.
2. **Agua industrial:** utilizada para tareas como la humectación de frentes de trabajo, el agua industrial tiene un consumo anual estimado en 49,262 m³ y es extraída de aguas subterráneas con un derecho de uso consuntivo, permanente y continuo, autorizado por un caudal de 10 l/s.
3. **Manejo de aguas servidas:** las aguas servidas se tratan en una planta que cuenta con la Resolución Sanitaria N° 473 de 2016, autorizada para el manejo de residuos líquidos. Los efluentes de esta planta son utilizados en el riego de un área de reforestación de 1.35 hectáreas, y los lodos generados se gestionan adecuadamente mediante empresas autorizadas.

11.4.3. Impactos en el suelo

Los impactos del proyecto sobre el suelo se gestionan mediante varias medidas para evitar la contaminación y asegurar el cumplimiento de la normativa vigente en Chile. A continuación, se detallan los principales aspectos e impactos sobre el suelo:

1. **Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos:** los residuos peligrosos, como aceites, lubricantes y materiales contaminados, son almacenados temporalmente en contenedores en el área de faena y retirados periódicamente para su disposición final en sitios autorizados mediante empresas certificadas. Esto previene la contaminación del suelo por infiltración de sustancias peligrosas.
2. **Diques interceptores y canales evacuadores de agua:** estas estructuras evitan que se generen escurrimientos de agua contaminada al suelo y se controla su calidad mediante monitoreos regulares aguas abajo. Esta infraestructura ayuda a evitar la acumulación de agua de contacto en el suelo, manteniendo la calidad del suelo en el área del proyecto.
3. **Limpieza y retiro de suelos contaminados:** si se detectan áreas con signos de contaminación, estos suelos se remueven y gestionan como residuos peligrosos. El proyecto contempla medidas de limpieza periódica para asegurar que no queden materiales contaminantes en la zona.
4. **Impermeabilización de piscinas de emergencia y proceso:** las piscinas de contención de soluciones y aguas de lluvia se construyen con doble geomembrana de alta densidad y sistemas de detección de fugas, lo que protege el suelo de posibles infiltraciones accidentales de sustancias químicas.

11.4.4. Impactos en la biodiversidad

1. **Impactos sobre la fauna:** las operaciones mineras pueden afectar indirectamente a la fauna debido a ruidos y presencia humana. Para mitigar estos impactos, se implementan medidas de monitoreo y control de ruido, asegurando que los niveles permanezcan dentro de los límites permitidos para minimizar molestias a la fauna cercana.

2. **Impactos sobre la vegetación:** durante la fase de operación, se ha previsto la reforestación de áreas con vegetación nativa en zonas que no serán impactadas directamente por las actividades mineras, compensando la posible pérdida de cobertura vegetal y ayudando a mantener la biodiversidad vegetal.
3. **Medidas de protección y monitoreo:** el proyecto incluye un plan de monitoreo continuo para evaluar cualquier cambio en la biodiversidad y adoptar medidas de ajuste según sea necesario. Además, las acciones de mitigación cumplen con la normativa establecida en la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA).

11.4.5. Impactos sociales y culturales

1. **Interacción con comunidades locales:** la empresa mantiene acuerdos formales, como el contrato de servidumbre con la cooperativa “Mariano Alfonso Limitada” desde 2007, para el uso del terreno donde se emplaza el proyecto. Esto garantiza una relación formalizada y legal con los propietarios de las tierras, minimizando conflictos de uso.
2. **Empleo y desarrollo económico:** durante las fases de construcción y operación, el proyecto generará empleo, promoviendo un impacto positivo en la economía local. Se estima que el proyecto requerirá mano de obra en distintas etapas, lo cual beneficia a la población circundante al proveer oportunidades laborales.
3. **Gestión de residuos y áreas de trabajo:** los frentes de trabajo, que incluyen baños químicos y zonas de apoyo, están organizados de acuerdo con la normativa chilena (D.S. N° 594/99 del Ministerio de Salud) para asegurar la adecuada disposición de desechos y la higiene de los trabajadores.

11.4.6. Impactos paisajísticos y visuales

Los impactos paisajísticos y visuales del proyecto están relacionados principalmente con la construcción y operación de infraestructura minera que puede alterar la percepción visual del entorno. Para mitigar estos impactos, el proyecto incluye ciertas medidas de integración visual, como el uso de materiales y colores que se mimetizan con el entorno,

y la ubicación de algunas instalaciones en áreas menos visibles para reducir su impacto paisajístico.

11.5. Medidas de mitigación y compensación

11.5.1. Medidas de mitigación para impactos sobre el aire

Las medidas de mitigación para los impactos sobre el aire en el proyecto incluyen varias acciones orientadas a controlar y reducir las emisiones de partículas, específicamente PM10 y PM2.5, durante las operaciones. Las principales medidas son:

- 1. Mantenimiento de equipos y vehículos:** se realiza un mantenimiento mensual de la maquinaria y vehículos para garantizar que operen en condiciones óptimas, minimizando las emisiones de partículas y gases
- 2. Control del tránsito en caminos no pavimentados:** para reducir las emisiones de polvo generadas por el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados, se implementan medidas de humectación y mantenimiento regular de las vías de acceso.
- 3. Uso de canales y diques:** la infraestructura incluye canales de contorno y diques que limitan la dispersión de partículas y materiales fuera de las áreas de operación, contribuyendo a mantener la calidad del aire y a evitar la dispersión de partículas al entorno.

11.5.2. Medidas de compensación para impactos sobre el aire

Las medidas de compensación para los impactos sobre el aire en el proyecto incluyen principalmente el diseño de un plan de prevención de contingencias y emergencias que asegura que, al concluir las actividades, no se generen emisiones futuras. Esto implica la implementación de controles estrictos y la planificación de actividades de cierre que garanticen que las fuentes emisoras dejarán de funcionar y no generarán emisiones que afecten al ecosistema, incluyendo aire, suelo y agua.

11.5.3. Medidas de mitigación para impactos sobre el agua

Las medidas de mitigación para los impactos sobre el agua en el proyecto incluyen una serie de acciones para controlar el uso y la calidad del agua y prevenir su contaminación:

1. **Sistema de piscinas de emergencia:** el proyecto ha construido piscinas de contención impermeabilizadas con geomembrana HDPE, diseñadas para retener las aguas de lluvia en caso de eventos climáticos extremos. Estas piscinas están dimensionadas para contener grandes volúmenes y evitar el desbordamiento que podría contaminar el suelo y cuerpos de agua cercanos.
2. **Canales y diques interceptores:** para evitar la generación de aguas de contacto contaminadas, el proyecto ha implementado canales de contorno y diques que redirigen las aguas superficiales. Estos canales y diques están monitoreados para asegurar que las aguas escurran de manera controlada y no afecten el medio ambiente.
3. **Manejo de residuos líquidos:** las aguas servidas domésticas generadas en el proyecto se tratan en una planta de aguas servidas que cuenta con la Resolución Sanitaria N° 473/2016. Los efluentes tratados son reutilizados para el riego de un área de reforestación de 1.35 hectáreas en el predio Mariano Alfonso.

11.5.4. Medidas de compensación para impactos sobre el agua

1. **Piscinas de contención y captación de aguas lluvias:** se incluyen piscinas de contención diseñadas para manejar grandes volúmenes de agua de lluvia, evitando la escorrentía y la potencial contaminación de aguas superficiales cercanas. Las piscinas están impermeabilizadas para prevenir infiltraciones y cuentan con sistemas de monitoreo continuo.
2. **Uso de infraestructura de manejo y control de aguas de contacto:** se implementan canales y diques alrededor de las áreas operativas para contener y redirigir las aguas de contacto, garantizando que el agua que se dirige a las piscinas sea manejada y no se filtre al entorno.
3. **Sistema de tratamiento de aguas servidas:** las aguas residuales generadas en el proyecto se tratan en una planta de aguas servidas autorizada. Esta infraestructura asegura que el agua tratada pueda ser utilizada en actividades de reforestación en el área, sin generar impactos negativos en el entorno.

11.5.5. Medidas de mitigación para impactos sobre el suelo

1. **Manejo de residuos peligrosos:** los residuos peligrosos se retiran de las áreas de disposición temporal y se transportan a sitios de disposición final autorizados por

empresas especializadas. Esto evita la contaminación del suelo y cualquier infiltración de sustancias peligrosas.

2. **Diques interceptores y canales evacuadores de agua:** el proyecto cuenta con canales de contorno que evitan la generación de aguas de contacto que podrían provocar escurrimientos y afectación del suelo. Estos canales están monitoreados para controlar y redirigir el flujo de aguas en las áreas de operación.
3. **Limpieza de suelos contaminados:** en caso de detectar suelos con signos de contaminación, estos son removidos y gestionados como residuos peligrosos para evitar infiltraciones. Los suelos afectados se retiran con retroexcavadoras y se disponen en lugares seguros.
4. **Reperfilamiento del área:** al finalizar las operaciones, las áreas afectadas son niveladas para mejorar el drenaje y reducir la erosión. Esta acción asegura un drenaje positivo y evita la acumulación de agua que pueda erosionar el suelo.

11.5.6. Medidas de compensación para impactos sobre el suelo

1. **Limpieza general del área:** se realizará una limpieza exhaustiva de las instalaciones y áreas de operación. Si se detectan derrames o suelos con signos de contaminación, estos serán removidos y manejados como residuos peligrosos. Los escombros y residuos generados en esta limpieza serán dispuestos en sitios autorizados.
2. **Secado progresivo de las piscinas:** se implementará un proceso gradual de secado de las piscinas de emergencia y recuperación para evitar infiltraciones y asegurar que no queden residuos líquidos en el área de la planta.
3. **Cierre de accesos y señalización:** para garantizar la seguridad, se construirán pretilles en los accesos a las áreas donde se desarrollen actividades de desmantelamiento y se colocarán señales de advertencia en los puntos clave del proyecto.

11.5.7. Medidas de mitigación para impactos sobre la biodiversidad

1. **Protección de la fauna:** se minimiza la perturbación de la fauna mediante el control de ruidos y la limitación de actividades en áreas sensibles, así como monitoreos para asegurar que los niveles de ruido cumplan con los estándares permitidos.

2. **Reforestación:** Se implementará una reforestación en áreas seleccionadas para compensar la pérdida de vegetación nativa, ayudando a mantener el equilibrio ecológico y promover la recuperación del hábitat.
3. **Control y monitoreo de calidad ambiental:** Se realiza un monitoreo constante de las áreas de operación para identificar cambios en la biodiversidad y actuar con ajustes según los resultados. Estas medidas están alineadas con la normativa chilena y buscan minimizar los impactos sobre la biodiversidad en el entorno del proyecto.

11.5.8. Medidas de compensación para impactos sobre la biodiversidad

1. **Plan de cierre y restauración del área:** se contempla un plan que asegura que, al término de las operaciones, el área sea restaurada y libre de estructuras que puedan afectar el hábitat de la fauna local. Esta medida garantiza que la fauna pueda regresar a su entorno natural sin interferencias de las instalaciones del proyecto.
2. **Reforestación en zonas afectadas:** la reforestación en áreas impactadas por las actividades del proyecto ayudará a restaurar la cobertura vegetal y proporcionará un hábitat adecuado para las especies nativas, contribuyendo a la recuperación de la biodiversidad en la región.

11.5.9. Medidas de mitigación para impactos sociales y culturales

1. **Acuerdo con comunidades locales:** la empresa ha establecido acuerdos formales, como el contrato de servidumbre con la cooperativa "Mariano Alfonso Limitada" desde 2007, que permite el uso de las tierras sin conflictos de propiedad o uso, asegurando una relación formal y positiva con los dueños del terreno.
2. **Generación de empleo y desarrollo económico:** se espera que el proyecto genere empleos durante la fase de operación, lo que contribuirá a la economía local y beneficiará a la población cercana al ofrecer oportunidades laborales. Esto ayuda a mitigar posibles impactos sociales negativos al generar beneficios económicos directos.
3. **Condiciones sanitarias en áreas de trabajo:** se implementan instalaciones sanitarias móviles (baños químicos) y servicios higiénicos en frentes de trabajo, siguiendo la normativa chilena (D.S. N° 594/99 del MINSAL). La limpieza y mantenimiento de

estos baños es gestionada por empresas autorizadas, asegurando un ambiente laboral saludable y evitando problemas sanitarios.

11.5.10. Medidas de compensación para impactos sociales y culturales

- 1. Limpieza general del área:** se realizará una limpieza completa de las áreas ocupadas por el proyecto, removiendo todos los residuos, estructuras y suelos contaminados. Los residuos serán dispuestos en lugares autorizados para evitar impactos posteriores.
- 2. Secado y cierre de piscinas:** las piscinas de agua serán secadas progresivamente, eliminando cualquier riesgo de infiltración que pudiera afectar a la comunidad local o el medio ambiente.
- 3. Cierre de accesos y señalización:** para evitar accidentes o acceso no autorizado, se construirán pretilas en los accesos y se instalarán señales de advertencia en las áreas de desmantelamiento, asegurando la seguridad de la población y minimizando los riesgos culturales y sociales.

11.5.11. Medidas de mitigación para impactos paisajísticos y visuales

- 1. Retiro de estructuras:** al finalizar las operaciones, se retirarán todas las estructuras, edificaciones y equipos del área de faena, lo que asegura que no queden elementos visualmente disruptivos en el paisaje.
- 2. Limpieza y recuperación de áreas:** se realizará una limpieza completa de las áreas ocupadas por el proyecto, removiendo cualquier residuo o material de construcción. Esto incluye el secado progresivo de las piscinas y el cierre de accesos para restaurar el área a su estado natural.
- 3. Reforestación y nivelación del terreno:** se planea una reforestación y nivelación del área afectada para mejorar el drenaje y reducir la erosión, ayudando a que el paisaje recupere una apariencia más natural.

11.5.12. Medidas de compensación para impactos paisajísticos y visuales

- 1. Desmantelamiento de instalaciones:** todas las estructuras y equipos serán desmantelados y retirados del área de faena, asegurando que no queden elementos visibles que alteren el paisaje.

2. **Reperfilamiento del terreno:** el área afectada será nivelada para mejorar el drenaje natural y reducir la erosión, contribuyendo a una apariencia más integrada al paisaje original.
3. **Limpieza y secado de piscinas:** se llevará a cabo una limpieza completa de las zonas ocupadas por las instalaciones y un secado progresivo de las piscinas para eliminar cualquier residuo líquido y asegurar la estabilidad visual del terreno restaurado.

11.6. Plan de monitoreo ambiental

El plan de monitoreo ambiental del proyecto incluye la supervisión de varios elementos clave para asegurar el cumplimiento de los compromisos ambientales y la estabilidad de las instalaciones. A continuación, se detallan los elementos y la frecuencia de monitoreo:

- **Calidad del agua:** se monitorean pozos específicos para verificar la calidad del agua subterránea en el área del proyecto. Si se detecta agua en estos pozos, se realiza un análisis para verificar su calidad, asegurando que no se presenten contaminantes que puedan afectar el entorno.
- **Estado de los canales de contorno:** estos canales están diseñados para desviar las aguas de lluvia hacia piscinas de emergencia, evitando que el agua impacte las áreas de operación. La operatividad de estos canales se revisa periódicamente para asegurar su funcionamiento adecuado y minimizar el riesgo de contaminación.
- **Registro de contingencias:** desde el inicio de la fase de cierre, el proyecto implementa un sistema de registro continuo de contingencias. Un encargado de planta revisa regularmente las instalaciones, manteniendo un registro de cualquier evento inesperado y asegurando que todas las medidas preventivas se encuentren en funcionamiento. Esto permite responder rápidamente a posibles emergencias y mantener el control ambiental.

11.7. Participación ciudadana

De acuerdo con los antecedentes del proyecto no se requeriría de participación ciudadana. Esto se debe a que su evaluación ambiental se realiza mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), puesto que el proyecto no genera ningún efecto, característica, o circunstancia significativa que active los requisitos de participación ciudadana

obligatorios establecidos en el artículo 11 de la Ley General de Bases del Medio Ambiente (LBGMA), ni en los artículos 5 al 11 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA). Estos artículos se refieren a los casos en que se prevén impactos considerables sobre el medio ambiente, la salud de la población o el patrimonio cultural, entre otros, los cuales no aplican a este proyecto según el análisis realizado en la DIA.

11.8. Incorporación al caso estudio de modelos internacionales que fortalecen el modelo de gestión ambiental

11.8.1. Modelo Global Reporting Initiative (GRI)

Integrar los modelos del GRI en el proyecto Continuidad Operacional Planta Pullalli permite a Compañía Minera Pullalli medir y reportar de manera transparente su impacto ambiental y social, alineándose con las mejores prácticas internacionales. Esta implementación asegura el cumplimiento de regulaciones locales y responde a las expectativas de transparencia de comunidades, inversionistas y otros interesados.

1. Identificación de modelos GRI relevantes para la minería

Dado el contexto de minería y las características del proyecto, los siguientes modelos GRI son clave:

- **GRI 303:** agua y efluentes – para el proyecto, se gestionará el consumo de agua y el tratamiento de efluentes, considerando la limitación de recursos hídricos en la zona de La Ligua.
- **GRI 305:** emisiones – controlar y reducir emisiones de GEI (CO₂, SO₂, NO_x), especialmente en actividades de chancado y transporte de materiales en la planta.

- **GRI 306:** residuos – para gestionar adecuadamente los residuos, incluidos relaves y residuos peligrosos, necesarios para cumplir con la normativa ambiental.
- **GRI 304:** biodiversidad – con el objetivo de proteger la flora y fauna circundante, especialmente dentro del radio de impacto del proyecto.
- **GRI 403:** salud y seguridad ocupacional – asegurar condiciones seguras para los trabajadores, dado el riesgo inherente en operaciones mineras.
- **GRI 409:** trabajo forzoso y trabajo infantil – proteger los derechos humanos de los trabajadores, particularmente mediante auditorías de proveedores locales.

2. Establecimiento de indicadores y metas alineados con GRI

Definir indicadores y metas específicas para cada modelo:

- **GRI 303: agua y efluentes**
 - a) **Indicador 303-3** (extracción de agua): monitoreo del volumen de agua extraída de fuentes subterráneas y recicladas.
 - b) **Meta:** reducir la extracción de agua fresca en un 25% en cinco años a través de recirculación y el uso de fuentes alternativas.
- **GRI 305: emisiones**
 - a) **Indicador 305-1 y 305-2** (emisiones directas e indirectas de GEI): cuantificar emisiones en actividades de operación.
 - b) **Meta:** reducción del 30% de CO₂ al año 2030 mediante eficiencia en combustible y fuentes de energía renovable.
- **GRI 306: residuos**
 - a) **Indicador 306-3** (desechos generados): monitoreo del volumen de residuos sólidos generados y su disposición.

- b) **Meta:** incrementar en un 20% la reutilización y reciclaje de residuos, con un enfoque en la gestión segura de relaves.
- **GRI 304: biodiversidad**
 - a) **Indicador 304-2** (impacto en biodiversidad): evaluar el impacto en hábitats y especies en riesgo dentro de un radio de 5 km.
 - b) **Meta:** desarrollar y monitorear un plan de restauración de hábitats y especies clave, con evaluaciones semestrales.
- **GRI 403: salud y seguridad ocupacional**
 - a) **Indicador 403-9** (lesiones relacionadas con el trabajo): registrar incidentes y enfermedades laborales.
 - b) **Meta:** reducir un 50% la tasa de incidentes laborales en cinco años a través de capacitaciones y mejoras en protocolos de seguridad.
- **GRI 409: trabajo forzoso y trabajo infantil**
 - a) **Indicador 409-1** (riesgos de trabajo infantil y forzoso): auditoría a proveedores para asegurar conformidad con normas de derechos humanos.
 - b) **Meta:** auditar al 100% de proveedores críticos y establecer un sistema de seguimiento de riesgos.

3. Desarrollo de sistemas de monitoreo y recolección de datos

Para cumplir con los indicadores GRI, se establece un sistema robusto de monitoreo:

- **Tecnología de monitoreo:** instalar sensores de flujo para registrar consumo de agua y emisiones en tiempo real, y medidores para el manejo de residuos.
- **Frecuencia de monitoreo:** definir frecuencia de monitoreo para cada indicador según modelos GRI (diario, mensual, anual).
- **Registro y almacenamiento:** crear una base de datos centralizada para gestionar los datos recopilados y facilitar la elaboración de informes de sostenibilidad.

4. Implementación de prácticas de gestión ambiental y social alineadas con GRI

Para cumplir con las metas, se deben implementar prácticas y tecnologías específicas:

- **Recirculación de agua (GRI 303):** optimizar sistemas de recirculación para reutilizar hasta un 80% del agua en el procesamiento minero.
- **Energía renovable (GRI 305):** incorporar energía solar o eólica en el sitio para reducir las emisiones de CO₂.
- **Gestión de relaves (GRI 306):** diseñar y construir sistemas de almacenamiento seguros para relaves, minimizando filtración y asegurando la integridad estructural.
- **Restauración de biodiversidad (GRI 304):** crear un plan de conservación para áreas afectadas, con monitoreo y reforestación colaborativa con ONGs y autoridades.
- **Capacitación en seguridad (GRI 403):** realizar capacitaciones continuas en seguridad ocupacional para el personal en la planta.

5. Elaboración de informes de sostenibilidad basados en GRI

Una vez implementados los sistemas de monitoreo, se puede elaborar el informe GRI:

- **Compilación de datos:** reunir y analizar datos de cada indicador GRI, verificando su exactitud.
- **Estructura del informe:** elaborar el informe con análisis de desempeño, logros y planes de mitigación.
- **Verificación externa:** someter el informe a una auditoría externa para validar la conformidad con GRI, asegurando transparencia.

6. Comunicación y transparencia con las partes interesadas

La difusión de resultados es clave para la transparencia:

- **Publicación del informe:** subir el informe a la web de la compañía y compartirlo en medios locales.
- **Reuniones y diálogo:** organizar reuniones informativas con comunidades locales y autoridades para discutir resultados y planes de mejora.

7. Revisión y mejora continua basada en los modelos GRI

El ciclo de mejora continua asegura la adaptación a las necesidades de sostenibilidad:

- **Revisión periódica de indicadores:** evaluar el desempeño y ajustar las metas de acuerdo con los resultados y nuevos desafíos.
- **Auditorías de cumplimiento:** realizar auditorías regulares para confirmar que se siguen los procedimientos según GRI.
- **Actualización de prácticas:** incorporar nuevas tecnologías y estrategias de gestión que mejoren el desempeño ambiental y social del proyecto.

11.8.2. Modelo ISO 26000

La norma ISO 26000 establece directrices para integrar la responsabilidad social en la operación de la Planta Pullalli, abordando áreas clave como gobernanza, derechos humanos, gestión ambiental, prácticas éticas y desarrollo comunitario. Esta implementación fomenta una operación minera ética y sostenible, alineada con el respeto a las comunidades y al medio ambiente.

1. Gobernanza organizacional y toma de decisiones responsables

- **Política de sostenibilidad:** la Compañía Minera Pullalli debe establecer una política de sostenibilidad que oriente a todas sus operaciones hacia el respeto por el medio ambiente y las comunidades locales. Esta política, basada en los principios de responsabilidad social de la ISO 26000, se refleja en prácticas de gestión de recursos, reducción de emisiones y optimización del uso de agua.
- **Integración en la toma de decisiones:** las decisiones estratégicas y operativas del proyecto requieren incorporar criterios de sostenibilidad en todos los niveles de la organización, asegurando que el impacto social y ambiental se considere antes de realizar cualquier cambio operativo o expansión.

- **Transparencia y rendición de cuentas:** es necesario establecer canales de comunicación abiertos tanto internos como externos, con reportes públicos sobre el impacto ambiental y reuniones informativas periódicas con la comunidad, promoviendo así la transparencia en todas sus operaciones.

2. Derechos humanos y participación de las comunidades locales

- **Debida diligencia en derechos humanos:** se deben realizar evaluaciones de riesgo en derechos humanos, especialmente en aspectos críticos como el uso de tierras y recursos hídricos, para identificar y mitigar posibles impactos en las comunidades locales. La captación de agua del proyecto se monitorea estrictamente para evitar afectar el suministro local.
- **Consulta y participación:** se establecen procesos de consulta con las comunidades en La Ligua, permitiendo que sus inquietudes se consideren en la planificación y ejecución del proyecto. Este enfoque de participación activa, alineado con la ISO 26000, fortalece la relación de la empresa con los residentes y fomenta el respeto por sus intereses.
- **Protección de derechos laborales y comunitarios:** se deben garantizar condiciones de trabajo seguras y respetuosas para todos los empleados y contratistas, cumpliendo con los principios de derechos humanos y asegurando agua potable y servicios sanitarios adecuados en el lugar de trabajo.

3. Integración de principios de gestión ambiental sostenible

La gestión ambiental es esencial para minimizar el impacto de las operaciones mineras en el ecosistema.

- **Gestión de agua y efluentes:** Compañía Minera Pullalli necesita implementar sistemas de recirculación de agua que permiten reutilizar el recurso en los procesos de extracción, reduciendo el consumo de agua fresca y protegiendo los acuíferos locales. El abastecimiento de agua industrial se ajusta a derechos de aprovechamiento autorizados, minimizando el impacto ambiental.

- **Manejo de emisiones y residuos:** se controlan las emisiones atmosféricas y los niveles de ruido, asegurando el cumplimiento de las normativas para proteger la salud de las personas y la fauna local. La gestión de residuos incluye un sistema de almacenamiento seguro para evitar la contaminación de suelos y cuerpos de agua.
- **Protección de la biodiversidad:** en cumplimiento con la ISO 26000, la empresa implementa programas de protección de la flora y fauna locales mediante evaluaciones de impacto ambiental, reforestación y monitoreo de especies clave en el área de influencia del proyecto.

4. Ética y sostenibilidad en las operaciones mineras

- **Cadena de suministro sostenible:** la empresa audita y selecciona proveedores que demuestren un compromiso con prácticas responsables, como el respeto a los derechos laborales y una gestión ambiental adecuada, asegurando una cadena de suministro alineada con los principios de sostenibilidad.
- **Compromiso con la anticorrupción:** se establecen políticas anticorrupción para garantizar una relación ética con autoridades, proveedores y comunidades, fomentando la transparencia e integridad en todas las interacciones comerciales y comunitarias.

5. Participación en la comunidad y desarrollo sostenible

- **Programas de desarrollo comunitario:** la Compañía debe invertir en mejorar la infraestructura local y en apoyar programas de educación y salud en colaboración con la comunidad de La Ligua, respondiendo a sus necesidades y contribuyendo al desarrollo sostenible del área.
- **Fortalecimiento de la economía local:** la política de contratación prioriza la mano de obra local y apoya a emprendedores en la región de Petorca, generando oportunidades económicas que benefician a la comunidad y fortalecen las relaciones a largo plazo.

- **Inversión en educación ambiental:** la empresa financia programas de educación ambiental en las comunidades cercanas, fomentando una cultura de sostenibilidad y sensibilizando sobre el uso responsable de los recursos naturales.

6. Participación en la comunidad y desarrollo sostenible

- **Programas de desarrollo comunitario:** se planifica invertir en infraestructura local, como educación y servicios de salud. Se trabaja en conjunto con la comunidad de La Ligua para identificar áreas de necesidad y contribuir al desarrollo sostenible del área.
- **Fortalecimiento de la economía local:** deben adoptarse políticas de contratación local, apoyando la economía de la provincia de Petorca, con emprendedores locales, generando oportunidades económicas sostenibles.
- **Inversión en educación ambiental:** se sugiere financiar programas de educación ambiental en la comunidad, promoviendo una cultura de sostenibilidad y ambiental en torno a la minería. Esto incluye formación sobre el uso de recursos y la importancia de proteger el entorno.