

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Influencia de las Herramientas de Gestión Ambiental en
la Etapa de Planeamiento sobre los Indicadores de
Desempeño Ambiental en Proyectos Mineros

Tesis para obtener el grado académico de Maestra en Ingeniería
Industrial con mención en Gestión de Operaciones
que presenta:

Giovanna Durand Caballero

Asesor:

Isabel Quispe Trinidad

Lima, 2024

Informe de Similitud

Yo, Isabel Quispe Trinidad, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado Influencia de las Herramientas de Gestión Ambiental en la Etapa de Planeamiento sobre los Indicadores de Desempeño Ambiental en Proyectos Mineros, de la autora Giovanna Durand Caballero, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 19%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 12/02/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

San Miguel, 12 de febrero de 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Quispe Trinidad, María Isabel	
DNI: 09558246	Firma 
ORCID: 0000-0003-1856-769X	



A mi hermosa hija Dharma, por ser mi inspiración y la fuerza que me impulsa todos los días a ser una mejor persona y profesional, a mi madre por enseñarme con el ejemplo la dedicación y la responsabilidad y a mi padre quién siempre me inculcó el esfuerzo y la disciplina para lograr mis metas y nunca rendirme.

RESUMEN

Los impactos ambientales provenientes de la actividad minera en el Perú se han convertido en una preocupación creciente. La afectación a los ecosistemas y a la salud de las personas causados en el pasado por una deficiente planificación ha conllevado a alterar los beneficios de los servicios ecosistémicos. Los recursos hídricos se encuentran entre los que podrían ser más afectados por la actividad minera.

Un proyecto minero involucra una etapa exploratoria, una etapa de planificación que implica el diseño, estudio de factibilidad y estudio de impacto ambiental; una etapa de construcción; una etapa de operación en la que se produce la extracción, beneficio, transporte y comercialización de los minerales; una etapa de cierre, en la que se procede a la estabilización física, química, hidrológica y biológica de los componentes mineros; y una etapa de postcierre, para asegurar que las medidas de cierre implementadas funcionan eficientemente.

Una deficiente planificación de la gestión ambiental de un proyecto minero puede conllevar a tener un desempeño ambiental deficiente, lo cual a su vez obliga a implementar medidas correctivas durante la operación, incurriendo en sobrecostos para el titular minero. La presente tesis ha sido desarrollada con la finalidad de estudiar la influencia entre las Herramientas de Gestión Ambiental (HGA) implementadas en la etapa de Planeamiento de Proyectos Mineros, sobre los Indicadores de Desempeño Ambiental (IDA) en la etapa de operación de los mismos. De esta manera mostrar las diferentes HGA que, si se implementan en una etapa temprana del proyecto minero, podrían ayudar a prevenir/evitar/reducir impactos ambientales lo cual ayuda en la reducción de costos por medidas correctivas que se deben implementar en la etapa operativa.

Para determinar el nivel de influencia, se tomó una muestra de proyectos mineros pertenecientes a la Gran Minería, a los cuales se les aplicó un cuestionario. A través del cuestionario, se identificaron las HGA que utilizaron más en la etapa de planeamiento y se clasificaron los proyectos de acuerdo al nivel de aplicación de dichas herramientas. Asimismo, se analizaron los IDA en la etapa de operación.

Las HGA en la etapa de planeamiento de proyectos mineros analizadas fueron: *Análisis de alternativas para la ubicación de componentes mineros, Gestión de Riesgos, Nivel de esfuerzo/Calidad de información del Estudio de Impacto Ambiental, Medidas de Manejo Ambiental incluidas en el Estudio de Factibilidad.*

Al utilizar el cálculo de puntajes del uso de las HGA en la etapa de planeamiento, mediante la normalización de suma de resultados, se determinó que, el *Nivel de*

Esfuerzo/Calidad de Información del Estudio de Impacto Ambiental es una de las herramientas más utilizadas en la etapa de planeamiento de un proyecto minero, esto se debe a las exigencias legales respecto a los instrumentos de gestión ambiental, y las revisiones de las diferentes autoridades para poder tener la certificación o permiso correspondiente para iniciar operaciones.

El *Análisis de Alternativas para la Ubicación de los Componentes Mineros* es la herramienta menos utilizada en el planeamiento de proyectos mineros. Sin embargo, esta herramienta es la que más puede prevenir y evitar impactos ambientales y sociales desde la selección del sitio de emplazamiento de componentes mineros, considerando criterios ambientales, sociales y técnicos. Esto indica que, aunque existan muchas exigencias por parte de las autoridades peruanas, aún los proyectos mineros deben trabajar en utilizar herramientas preventivas en etapas tempranas de planificación.

De las unidades mineras entrevistadas, el 56,3 % son de explotación a tajo abierto y el 43,7 % son de explotación subterránea; el 43,7 % son unimetálicas y el 56,3 % son polimetálicas; el 50 % son de producción alta y el 50,0 % son de producción media; el 31,3 % son minas de operación antigua, el 31,3% son minas establecidas y el 37,5 % son operaciones mineras recientes. No se encontró una diferencia significativa entre la implementación de herramientas de gestión ambiental por tipo de mina, tipo de mineral o tamaño de producción. Sin embargo, al analizar las minas por tiempo de operación, se observa que existe una tendencia al uso de herramientas de gestión ambiental a medida que las operaciones mineras son recientes (menor a 10 años de operación) o minas ya establecidas (10 a 30 años de operación). Esto se debe a diversos factores como una mayor exigencia legal, y a una tendencia creciente hacia la mejora continua en cuanto a imagen reputacional, incorporación de los criterios sociales, ambientales y de gobernanza en la gestión, las relaciones comunitarias, entre otros.

Se realizó un agrupamiento de los proyectos mineros en base a las HGA aplicadas en la etapa de planeamiento de un proyecto minero, el clúster 1 que es el 31,25% se caracteriza por un menor uso de herramientas, mientras que el clúster 2 que es el 68,75% se caracteriza por una mayor implementación de herramientas. Es decir, el clúster 2 utiliza más herramientas preventivas que conllevan a un mejor desempeño.

Los proyectos mineros incluidos en el clúster 2, poseen un menor tiempo de operación, corroborando que las minas nuevas (menor a 10 años de operación) tienen una tendencia a implementar una mayor cantidad de HGA en la etapa de planeamiento.

Se analizaron los Indicadores de Desempeño Ambiental (IDA) durante la Operación, teniéndose que el clúster 2 tuvo una menor cantidad de incidentes o emergencias graves suscitadas y sanciones por incumplimiento de LMP durante la operación que el clúster 1. Asimismo, el clúster 2 cuenta con una mayor cantidad de componentes ambientales

en buena condición y con una base de datos continua que el clúster 1. Al ser el clúster 2 que implementa mayor cantidad de HGA durante el planeamiento de proyectos mineros, existe una relación/influencia de las HGA sobre los IDA seleccionados, lo que demuestra que la implementación temprana de las HGA permite prevenir los impactos ambientales de una operación minera, teniendo de esta manera mejores resultados en los IDA. Esto evita que se implementen medidas correctivas para remediar/controlar los efectos de los impactos durante la operación, lo cual implica la no generación de sobrecostos en esta etapa.

Se aprecia avances y tendencias a mejora en la implementación de las HGA durante el planeamiento, pero aún existen aspectos de mejora a considerar para lograr un buen nivel de implementación.

Asimismo, pueden existir otros factores que pueden desencadenar un mal resultado en los IDA, como factores culturales y políticos en el caso de conflictos o reclamos sociales, impactos acumulativos por la presencia de otras mineras o industrias en la zona, mineralización de la zona que hace que ciertos componentes ambientales tengan una contaminación natural, entre otros, los cuales no han sido analizados.

Si bien se usaron algunos Indicadores de Gestión Ambiental como la cantidad de incidentes o emergencias y las sanciones por incumplimiento de LMP, y los Indicadores de Condición Ambiental (componentes ambientales en buena condición y componentes con una base de datos continua), la gestión y desempeño ambiental debe tener un enfoque preventivo y de mejora continua, es decir no solo abarcar el cumplimiento legal, sino involucrar otros indicadores ambientales y sociales, los cuales se podrían analizar en una próxima investigación.

ÍNDICE GENERAL

Introducción.....	11
1 Capítulo I: Marco Teórico.....	13
1.1	La importancia del sector minero en el Perú..... 13
1.2	Principales componentes mineros..... 13
1.3	Etapas de un proyecto minero..... 14
1.3.1	Etapa de exploración..... 15
1.3.2	Etapa de planeamiento..... 17
1.3.2.1	Estudios de alcance..... 18
1.3.2.2	Estudio prefactibilidad..... 18
1.3.2.3	Estudio de factibilidad..... 18
1.3.2.4	Ingeniería de detalle..... 19
1.3.3	Etapa de construcción..... 19
1.3.4	Etapa de explotación (Operación)..... 21
1.3.5	Etapa de cierre..... 23
1.3.6	Etapa de postcierre..... 23
1.4	Herramientas de gestión ambiental (HGA)..... 23
1.4.1	Análisis de alternativas para ubicación de componentes mineros..... 24
1.4.2	Gestión de riesgos ambientales..... 26
1.4.3	Medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad..... 27
1.4.3.1	Consideraciones ambientales en el diseño de componentes mineros..... 27
1.4.3.2	Diseño para el cierre..... 28
1.4.4	Nivel de esfuerzo /calidad de información en el estudio de impacto ambiental..... 28
1.4.4.1	Estudio de Línea de Base Ambiental..... 28
1.4.4.2	Inventario de pasivos ambientales..... 29
1.4.4.3	Modelamiento de emisión de contaminantes..... 29
1.4.4.4	Planificación del monitoreo ambiental..... 30
1.4.4.5	Monitoreo durante la construcción y operación del Proyecto..... 30
1.5	Indicadores de desempeño ambiental (IDA)..... 31
2 Capítulo II Metodología.....	33
2.1	Tipo de investigación..... 33
2.2	Unidad de análisis..... 33
2.3	Objetivo general..... 33
2.4	Objetivos específicos..... 33
2.5	Grupo de estudio..... 34
2.6	Preguntas y proposiciones de la investigación..... 34
2.7	Criterios a ser analizados en las HGA e IDA..... 34
2.8	Instrumento de recolección de datos..... 38
3 Capítulo III Resultados.....	39
3.1	Caracterización de los proyectos mineros..... 39
3.2	Resultados de la implementación de las HGA según la caracterización de proyectos mineros..... 40
3.2.1	Resultados de la implementación de las HGA para el uso de la herramienta: análisis de alternativas..... 40
3.2.2	Resultados de la implementación de las HGA para el uso de la herramienta: Gestión de riesgos ambientales..... 41
3.2.3	Resultados de la implementación de las HGA para el uso de la herramienta: Medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad..... 41
3.3	Clasificación de los proyectos mineros por mayor implementación de HGA..... 42
3.4	HGA más implementada en la etapa de planeamiento..... 45
3.5	Análisis de la implementación de las HGA..... 46
3.5.1	Resultados del uso de la HGA: análisis de alternativas para la ubicación de los principales componentes mineros por clúster..... 46

3.5.1.1	Análisis de los criterios ambientales, técnicos y sociales utilizados en el análisis de alternativas.....	47
3.5.2	Resultados del uso de la HGA: gestión de riesgos ambientales por clúster.....	51
3.5.2.1	Resultados de la participación de la alta gerencia y profesionales en el análisis de riesgos según clúster.....	52
3.5.3	Resultados del uso de la HGA: Medidas de manejo ambiental incluidas el Estudio de Factibilidad según clúster.....	53
3.5.3.1	Análisis de las consideraciones ambientales en el diseño de componentes mineros según clúster.....	55
3.5.3.2	Resultados de las opciones para el manejo ambiental en el estudio de factibilidad según clúster.....	56
3.5.3.3	Estudios que fueron considerados en su estudio de factibilidad según clúster.....	58
3.5.3.4	Medidas de cierre ambiental en el estudio de factibilidad según clúster.....	60
3.5.4	Nivel de esfuerzo / calidad de información en el estudio de impacto ambiental según clúster.....	60
3.5.4.1	Caracterización de pasivos ambientales en el EIA según clúster.....	61
3.5.4.2	Calidad de información de la línea de base ambiental en el EIA según clúster....	62
3.5.4.3	Porcentaje de minas que realizaron modelamiento en el EIA según clúster.....	65
3.5.4.4	Porcentaje de minas que hicieron la planificación del monitoreo ambiental desde la etapa de planeamiento según clúster.....	66
3.6	Desempeño ambiental durante la etapa de operación.....	69
3.6.1	Indicadores de Gestión Ambiental según clúster.....	70
3.6.2	Indicadores de Condición Ambiental.....	70
4	Capítulo IV Conclusiones y Recomendaciones.....	72
4.1	Conclusiones.....	72
4.2	Recomendaciones.....	75
	Referencias.....	77



Tablas

Tabla 1.1 Clasificación de las actividades mineras.....	15
Tabla 1.2 Actividades en la etapa de exploración.....	16
Tabla 1.3 Actividades en la etapa de construcción.....	20
Tabla 1.4 Actividades en la etapa de operación.....	22
Tabla 1.5 Escala de importancia relativa de criterios.....	25
Tabla 2.1 Criterios analizados para las HGA en la planificación de proyectos mineros	35
Tabla 2.2 Criterios analizados para los IDA de los proyectos durante la operación minera.....	38



Figuras

Figura 3.1 Clasificación de proyectos mineros según las HGA implementadas.....	43
Figura 3.2 Clúster 1 y 2 según Inversión, Producción, vida útil, tiempo de operación y tipo de extracción por clúster.....	44
Figura 3.3 Puntaje de implementación de HGA en el planeamiento.....	46
Figura 3.4 Uso de la HGA: análisis de alternativas, según clúster.....	47
Figura 3.5 Análisis de los criterios físicos y biológicos en el análisis de alternativas	48
Figura 3.6 Análisis de los criterios técnicos y sociales en el análisis de alternativas	50
Figura 3.7 Análisis del uso de la HGA: gestión de riesgos ambientales según clúster	51
Figura 3.8 Realizó talleres de identificación y gestión de riesgos según clúster.....	51
Figura 3.9 Participación de la alta gerencia y profesionales.....	53
Figura 3.10 Medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad según clúster	54
Figura 3.11 Consideró medidas ambientales en la elaboración del estudio de factibilidad según clúster.....	54
Figura 3.12 Análisis de las consideraciones ambientales en el diseño de componentes según clúster.....	55
Figura 3.13 Resultados de las opciones operativas de manejo, insumos, gestión de residuos en el estudio de factibilidad según clúster.....	58
Figura 3.14 Estudios y costos ambientales considerados en el estudio de factibilidad según clúster.....	59
Figura 3.15 Medidas de cierre incluidas en el estudio de factibilidad según clúster	60
Figura 3.16 Nivel de esfuerzo del estudio de impacto según clúster.....	61
Figura 3.17 Caracterización de pasivos en el EIA según clúster.....	62
Figura 3.18 Calidad de Información de la línea de base ambiental en el EIA según clúster.....	64
Figura 3.19 Modelamientos en el EIA según clúster.....	66
Figura 3.20 Planificación del monitoreo en el planeamiento del proyecto según clúster.....	69
Figura 3.21 Puntaje de desempeño ambiental durante la operación.....	70
Figura 3.22 Indicador de desempeño ambiental según clúster (cantidad de emergencias ambientales graves y cantidad de sanciones por incumplimiento de LMP).....	70
Figura 3.23 Cantidad de componentes ambientales en buena condición y con una base de datos continua según clúster.....	71

Introducción

El propósito de esta investigación es identificar y analizar como la incorporación de herramientas de gestión ambiental (HGA) desde la etapa de planeamiento de un proyecto minero, a través de considerar la variable ambiental desde el diseño de los componentes mineros; realizar estudios de línea de base ambiental que impliquen el recojo de información suficiente del área de influencia; la evaluación de riesgos; entre otras; puede influenciar en un mejor desempeño ambiental durante la operación. El estudio tiene la siguiente hipótesis: Las HGA implementadas en la etapa de planeamiento de proyectos mineros, tienen influencia sobre los indicadores de desempeño ambiental (IDA).

Los impactos ambientales provenientes de la actividad minera en el Perú se han convertido en una preocupación creciente. La afectación a los ecosistemas y a la salud de las personas, causados en el pasado por una deficiente planificación, por condiciones inadecuadas de las operaciones y tratamiento de los residuos, así como por el mal manejo de los pasivos ambientales, ha conllevado a alterar los beneficios que los servicios ecosistémicos ofrecen y las actividades económicas que dependen de ellos.

Según Ghersi, 2004, indica que los recursos hídricos se encuentran entre los más afectados por la actividad minera, debido a que los desechos metálicos se acumulan en aguas superficiales y sedimentos, exponiendo a la flora y fauna acuática.

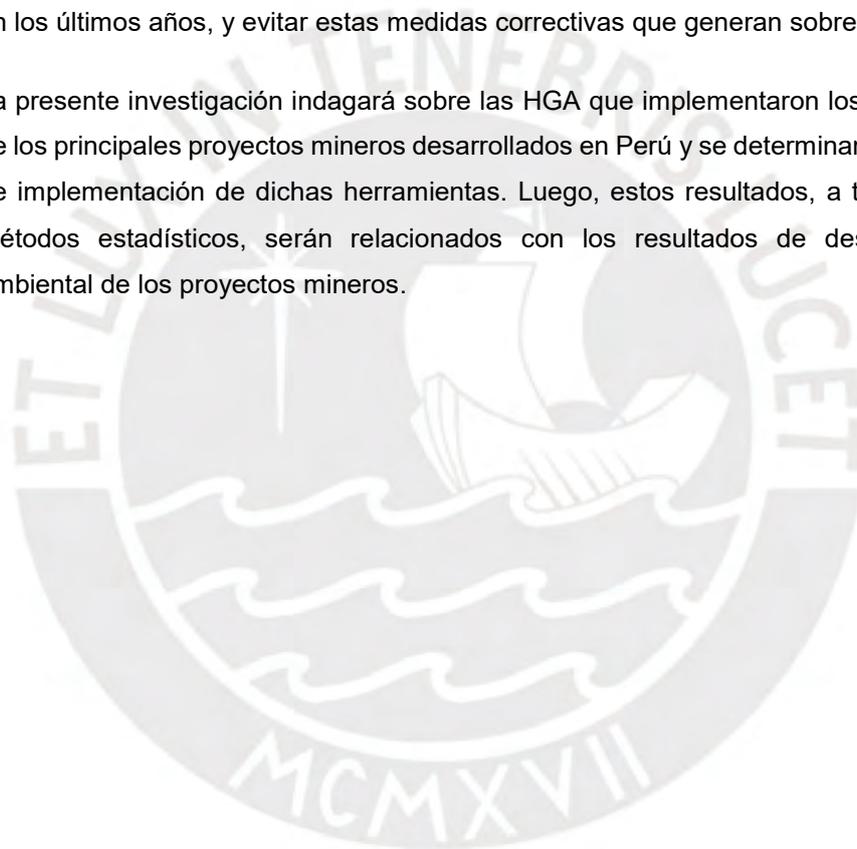
Por otro lado, un proyecto minero involucra una etapa exploratoria, en la que se define la existencia de recursos minerales suficientes que puedan ser comercializados; una etapa de planeamiento que implica el diseño, estudio de factibilidad y estudio de impacto ambiental; una etapa de construcción en la que se realizan obras de infraestructura indispensables para el funcionamiento de las labores de apoyo y de administración; una etapa de operación en la que se produce la extracción, beneficio, transporte y comercialización de los minerales; una etapa de cierre, en la que al acabarse los recursos minerales se procede a la estabilización física, química, hidrológica y biológica de los componentes mineros; y una etapa de postcierre, en la cual se establecen controles ambientales para asegurar que las medidas de cierre implementadas funcionan eficientemente.

La etapa de planeamiento es aquella en la cual se examina la factibilidad económica, tecnológica, social y ambiental del proyecto. (Schwarz M., 2011). Esta etapa es fundamental, ya que es la oportunidad de poder implementar herramientas de gestión ambiental (HGA) que contribuyen a prevenir y minimizar los impactos ambientales en las sucesivas etapas sobre todo durante la etapa de operación de los proyectos mineros.

Las HGA como el análisis de alternativas para la ubicación los componentes mineros, la gestión de riesgos, y las medidas ambientales incluidas en los estudios de factibilidad, entre otras, permiten actuar en una etapa temprana del proyecto que permita la prevención de impactos ambientales en una etapa posterior. Asimismo, analizar si esta implementación ha sido eficaz a través de los resultados de los indicadores de desempeño ambiental durante la operación.

Adicionalmente, una deficiente planificación de la gestión ambiental de un proyecto minero puede conllevar a tener un desempeño ambiental deficiente, lo cual a su vez obliga a implementar medidas correctivas durante la operación, incurriendo en sobrecostos para el titular minero. Por lo tanto, es importante identificar aquellas HGA que han venido implementando los proyectos mineros durante la planificación en los últimos años, y evitar estas medidas correctivas que generan sobrecostos.

La presente investigación indagará sobre las HGA que implementaron los titulares de los principales proyectos mineros desarrollados en Perú y se determinará el nivel de implementación de dichas herramientas. Luego, estos resultados, a través de métodos estadísticos, serán relacionados con los resultados de desempeño ambiental de los proyectos mineros.



1 **Capítulo I: Marco Teórico**

El presente capítulo abordará la importancia de la minería en el Perú, y conceptos importantes como la descripción de los componentes mineros y su función, las etapas de un proyecto minero, en qué consisten las herramientas de gestión ambiental utilizadas en el planeamiento, así como indicadores de desempeño ambiental.

1.1 **La importancia del sector minero en el Perú**

Según el Ministerio de Energía y Minas, entre el 2017 y el 2021, la minería contribuyó al 16% del PBI nacional. Al 2022 existen 370 unidades en exploración y 666 unidades en explotación y una importante cartera de proyectos a desarrollarse en 2023 y 2024.

La minería genera empleo. En septiembre de 2022, hubo 246.036 empleados directos en el sector minero. Las regiones más beneficiadas en empleo fueron Arequipa, Áncash y Moquegua. (BEM, 2023)

Un proyecto minero contribuye en el mejoramiento de servicios como electricidad, agua y alcantarillado, caminos, salud y educación que beneficia a las poblaciones del área de influencia. Sin embargo, la actividad minera puede tener impactos ambientales significativos, cuando no se toman las medidas preventivas y correctivas necesarias. Estos impactos se producen en la cantidad y calidad del agua, ya sea superficial o subterránea, y en otros componentes ambientales como suelo y aire. Esto desencadena la afectación a la flora y fauna, y a las poblaciones que hacen uso de los servicios que ofrece el ecosistema. A lo largo de los años, las minas antiguas han generado pasivos ambientales, muchos de los cuales no han sido remediados hasta el día de hoy, causando desconfianza en las poblaciones ubicadas en el área de influencia.

1.2 **Principales componentes mineros**

Los proyectos mineros pueden tener varios componentes de acuerdo a la etapa del proceso en que se encuentra: extracción de mineral, beneficio del mineral, cierre de mina, que a su vez producen la generación de desechos.

La extracción del mineral puede ser, de manera general, a través de “tajo abierto” (minería superficial) y de “bocaminas” (minería subterránea). Cuando se realiza a tajo abierto, el mineral metálico se encuentra a cierta profundidad del suelo, y la remoción de capas de material se da por medio de voladura con explosivos, y posteriormente a través de maquinaria pesada (excavadoras y camiones) para poder encontrar el mineral. En muchos casos un tajo abierto alcanza el acuífero, y el agua subterránea debe ser bombeada. Para el cierre del tajo, normalmente se

llena con agua hasta formar un lago. En el caso de las bocaminas, el acceso al mineral se consigue mediante socavones que conducen a una red de túneles. Este tipo de minería conlleva un mayor riesgo para la seguridad de los trabajadores.

El beneficio del mineral incluye técnicas de separación física/química: a través de la lixiviación, flotación, precipitación y amalgamación concentración por gravedad, separación magnética o electrostática, entre otros. La lixiviación se da a través de un componente llamado “pila de lixiviación”, que es un depósito de grandes dimensiones que cuenta con una geomembrana impermeable. El mineral extraído del tajo y molido en la chancadora, se deposita o apila en este depósito, al cual se le irriga una solución con contenido de cianuro, la cual disuelve los metales valiosos, esto es llamado lixiviado con cianuro, y sirve para la recuperación del oro, plata y cobre. La solución con contenido de metal (solución preñada o pregnant en inglés) se colecta mediante un sistema de tuberías en la base de la pila de lixiviación.

Otro método de beneficio de mineral es a través de una “planta concentradora” o de flotación, donde ocurre la separación sólido líquido, elevando el porcentaje de concentración del mineral.

La proporción material estéril/ mineral metálico es por lo general mayor que uno. Los desechos mineros incluyen material estéril o desmonte y relaves. El “material estéril o desmonte” se genera al momento de extraer el mineral, que normalmente se encuentra debajo una capa de suelo o roca. El desmonte se deposita apilado sobre la superficie, en un “depósito de desmonte”, normalmente cerca de la mina. En algunos casos se usa como material de relleno de tajos abiertos o en túneles de minas subterráneas. Estos desechos de roca pueden contener sustancias tóxicas.

El beneficio de mineral genera también desechos llamados “relaves”, que es el residuo de mineral que permanece después que ha sido extraído el metal valioso. Los relaves son una suspensión fina de sólidos en líquido conformando una pulpa. Normalmente se genera una cantidad similar de relaves a la extracción de mineral. Las opciones para la disposición de relaves incluyen el almacenamiento en un “depósito” o “tranque”, o la deshidratación o uso como material de relleno. También existe la disposición submarina de relaves o la disposición en lagos.

1.3 Etapas de un proyecto minero

La minería en el Perú puede ser clasificada en gran, mediana, pequeña y artesanal, según la siguiente Tabla:

Tabla 1.1

Clasificación de las actividades mineras

Estrato	Extensión¹	Capacidad Productiva
Gran Minería	No aplica ²	Más de 5.000 TMD
Mediana Minería	No aplica ³	Hasta 5.000 TMD
Pequeña Minería	Hasta 2.000 Ha	Hasta 350 TMD ⁴
Minería Artesanal	Hasta 1.000 Ha	Hasta 25 TMD ⁵

Elaboración: GPAE-Osinergmin

La presente investigación se centrará en los proyectos de la gran minería. Los proyectos mineros comprenden fases que empiezan con la exploración del mineral y termina con el cierre y postcierre de la mina. A continuación, se hará una breve descripción de las etapas de un proyecto minero.

1.3.1 Etapa de exploración

Es la etapa preliminar en la que se identifica potencial zonas de ocurrencia de menas de mineral, y se realiza a través de fotos aéreas, imágenes satelitales, mapas geológicos y la toma de muestras, para determinar si el contenido y calidad del mineral encontrado es económicamente explotable.

Existen diferentes métodos de exploración conocidos en conjunto como prospección, entre ellos: geofísicos, geoquímicos, excavaciones y perforaciones, o mediante trabajos superficiales, canales, trincheras, etc. También se realizan operaciones de perforación diamantina en el subsuelo, así como labores subterráneas (galerías, cruceros y chimeneas de exploración).

Las actividades típicas de la etapa de exploración de un proyecto minero con modalidad de perforaciones se presentan en la siguiente Tabla:

¹ Suma de las áreas correspondientes a denuncias, petitorios y concesiones mineras

² Solo se distingue en función al tamaño de producción mínima

³ Solo se distingue en función al tamaño de producción mínima

⁴ Concesiones no metálicas hasta 3000 M³D. 4 Concesiones no metálicas hasta 200 M³D

⁵ Fuente: GSM

Tabla 1.2

Actividades en la etapa de exploración

Componentes	Actividades
Construcción	Habilitación de accesos: nivelación, corte del terreno y cunetas
	Plataformas de perforación: corte del terreno y nivelación del suelo
	Pozas de lodos: excavación 3 x 2 x 1,5 m de profundidad
	Trincheras de muestreo geológico: excavación 50 x 1,5 y 2 m de profundidad
	Trincheras de residuos sólidos: excavación 3 x 2 x 1,5 m de profundidad
Operación	Perforación del sustrato y generación de lodos de perforación
	Sedimentación de lodos para su recirculación
	Traslado y compactación de los residuos sólidos orgánicos en las trincheras
	Traslado y manipulación de insumos, aditivos, combustibles y agua
Cierre	Cesión a terceros de los accesos o reconfiguración del terreno para cierre
	Retiro de equipos y herramientas del área, cierre del sondaje, nivelación y refino de la plataforma y rehabilitación
	Evaporación del líquido de los lodos y rellenado de las pozas para el cierre
	Rellenado de trincheras de muestreo geológico
	Compactación de los residuos y aplicación de una capa de tierra en las trincheras
	Retiro de personal, equipos y otros materiales

Fuente: Cap. V EIA semidetallado Proyecto Coroccouayco, 2012

Durante la etapa de exploración, se producen impactos ambientales dependiendo del tipo de ecosistema y del método de prospección que se utilizará:

- La construcción de plataformas, caminos de acceso, pozas de lodos de perforación, así como el transporte de equipos, maquinaria y personal incrementará el ruido, y afectará la calidad de aire debido a la generación de material particulado y gases de combustión.
- La operación de equipos y maquinarias que se utilizarán en la exploración generarán ruidos de 80 a 90 decibeles (a 1,5 m de las maquinarias).
 - Las perforaciones producen gases de combustión debido al uso de combustible para el funcionamiento de los equipos.
 - Impacto en la calidad del suelo debido a un posible derrame de combustibles e insumos. La generación de lodos de perforación podría ocasionar impacto en el suelo, si es que no cuentan con un tratamiento adecuado.

- Impacto en la calidad del agua debido a un posible derrame de combustibles e insumos, por lo que las actividades deben desarrollarse a no menos de 50 m de cuerpos de agua.
- La alteración de la escorrentía superficial ocurriría por el cambio del relieve natural, producto de las actividades de construcción de accesos.
- La alteración de las condiciones fisicoquímicas del agua y cambios en la composición de la comunidad de organismos acuáticos, por el incremento de la carga de sedimentos
- La probabilidad de contaminación por aceites y grasas que pueden ser arrastradas por las lluvias desde las zonas de perforación, lo que puede afectar a la biota acuática.
- La eliminación de la cobertura vegetal y pérdida de especies florísticas producirá la disminución en la riqueza y abundancia en dichas zonas.
- La pérdida, remoción o afectación de la cobertura vegetal y aumento de ruido y vibraciones podría causar un impacto negativo en el hábitat de la fauna causando la fragmentación de ecosistemas naturales y/o disminución de hábitat disponible.
- Durante el cierre de las plataformas de exploración, se genera la restauración y revegetación del terreno.

1.3.2 Etapa de planeamiento

Esta es la etapa en que los impactos ambientales podrían evitarse y se dan las siguientes fases:

- Estudios de Alcance
- Estudio de Prefactibilidad
- Estudio de Factibilidad
- Ingeniería de Detalle

Entre las HGA que se pueden utilizar en la etapa de planeamiento se encuentran:

- Análisis de Alternativas para la Ubicación de Componentes Mineros
- Gestión de Riesgos Ambientales

- Consideraciones Ambientales en el Estudio de Factibilidad
- Consideraciones Ambientales en el Diseño de Componentes Mineros
- Diseño para el Cierre

1.3.2.1 Estudios de alcance

Se inicia cuando la etapa de exploración del yacimiento está avanzada (es decir se confirmó la presencia de mineral en la zona) y se puede hacer una estimación de los recursos de mineral. Se identifican aspectos críticos, riesgos y oportunidades, y los estudios a ser realizados. Tiene una duración de 4 a 9 meses, y brinda un 30 a 50% de exactitud en la estimación de costos de operación.

1.3.2.2 Estudio prefactibilidad

El objetivo de esta etapa es confirmar que el proyecto es económicamente viable e identifica los elementos críticos, se realizan los diseños conceptuales incluyendo plan de cierre conceptual, estudios geotécnicos y línea base ambiental. La duración puede ser entre 9 y 18 meses, y brinda un 20 a 30% de mayor exactitud que los estudios de alcance en la estimación de costos de operación.

La herramienta de gestión ambiental que se puede utilizar en la etapa de prefactibilidad es el “análisis de alternativas para la ubicación de componentes mineros”.

1.3.2.3 Estudio de factibilidad

En esta etapa se realiza si los datos de las leyes de los minerales son positivos. El estudio contiene: tonelaje, leyes, método de minado, transporte, mano de obra, materiales e insumos, regalías, seguros, etc. Asimismo, incluye: el desarrollo de Ingeniería Básica, Estudio de Impacto Ambiental, Consulta Pública, Viabilidad económica. La duración puede ser de 12 a 24 meses, y brinda la estimación de costos con un 10 a 15% de mayor exactitud que la etapa de prefactibilidad.

Las HGA que se pueden utilizar en la etapa de factibilidad son:

- Gestión de Riesgos Ambientales
- Consideraciones Ambientales en el Estudio de Factibilidad
- Consideraciones Ambientales en el Diseño de Componentes Mineros
- Diseño para el Cierre

La descripción de actividades del proyecto minero en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), se realiza a nivel de factibilidad, es decir el Estudio de Factibilidad

del proyecto debe estar terminado, para poder incluir la descripción en el capítulo correspondiente en el EIA.

1.3.2.4 Ingeniería de detalle

Comprende la preparación de documentos de construcción con especificaciones técnicas, siendo el nivel de exactitud de 10%. Este proceso se realiza bajo la modalidad de Ingeniería, Procura y Gerencia de Construcción (EPCM por sus siglas en inglés). En esta fase se deben completar la obtención de permisos de construcción y operación.

1.3.3 Etapa de construcción

En la siguiente Tabla, se muestran las actividades típicas de la etapa de construcción de un proyecto minero con modalidad de explotación a tajo abierto.



Tabla 1.3

Actividades en la etapa de construcción

Componentes	Actividades
Todos los componentes del proyecto (Tajo abierto, PAD de lixiviación, instalaciones de proceso, depósitos de residuos de mina, campamento, vía de acceso, y línea de impulsión de agua).	Retiro de suelo superficial y cobertura vegetal
	Movimiento de tierras y excavación, explotación de canteras
	Disposición de material excedente
	Transporte del equipo electromecánico, materiales de obra y personal
	Construcción de vías de acceso e instalaciones de suministro de agua
	Empleo de combustibles
	Generación de residuos sólidos y efluentes líquidos
Tajo Abierto	Preparación del tajo
Pila de Lixiviación	Construcción de la pila de lixiviación, pozas de solución, pozas de captación de agua
Instalaciones del Proceso	Instalación de chancadora y fajas transportadoras
	Preparación y construcción de planta ADR
Instalaciones Auxiliares (Polvorín, Almacén de Reactivos y otros, Grifo, etc.)	Preparación y construcción de instalaciones auxiliares
Depósitos de material estéril	Preparación y construcción del depósito de material estéril
Depósitos de suelo orgánico	Preparación y construcción de los depósitos de suelo orgánico
Vías de acceso	Nivelación del terreno y corte de taludes
Línea de Impulsión de Agua	Instalación de tubería de agua
Campamento	Instalación de campamento

Fuente: Cap. V Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Shahuindo, 2013

Durante la etapa de construcción, se producen impactos ambientales dependiendo las características físicas y biológicas del medio. Los principales impactos ambientales de la etapa de construcción son:

- El retiro de vegetación para la construcción de todos los componentes del proyecto (tajo, depósito de material estéril, pad de lixiviación, pozas, etc.).
- El movimiento de tierras (suelos y rocas) necesario para la preparación del terreno, lo cual considera el retiro y depósito de suelo y roca (exposición y sobreposición de capas inferiores) y cambios topográficos (alteración de perfiles naturales).

- Generación de ruido, polvo y gases por el transporte de materiales producto del movimiento de tierras.
- Riesgo de derrames de combustibles y aceites por el uso de maquinarias, equipos, vehículos.
- Generación de residuos sólidos domésticos, reusables o reciclables, peligrosos y biomédicos.
- Generación de efluentes líquidos domésticos (riesgo de derrames).
- Fragmentación de ecosistemas naturales y alteración de perfiles naturales por la construcción de las vías de acceso hacia el proyecto.

1.3.4 Etapa de explotación (Operación)

En la siguiente Tabla, se muestran las actividades típicas de la etapa de operación de un proyecto minero con modalidad de explotación a tajo abierto.

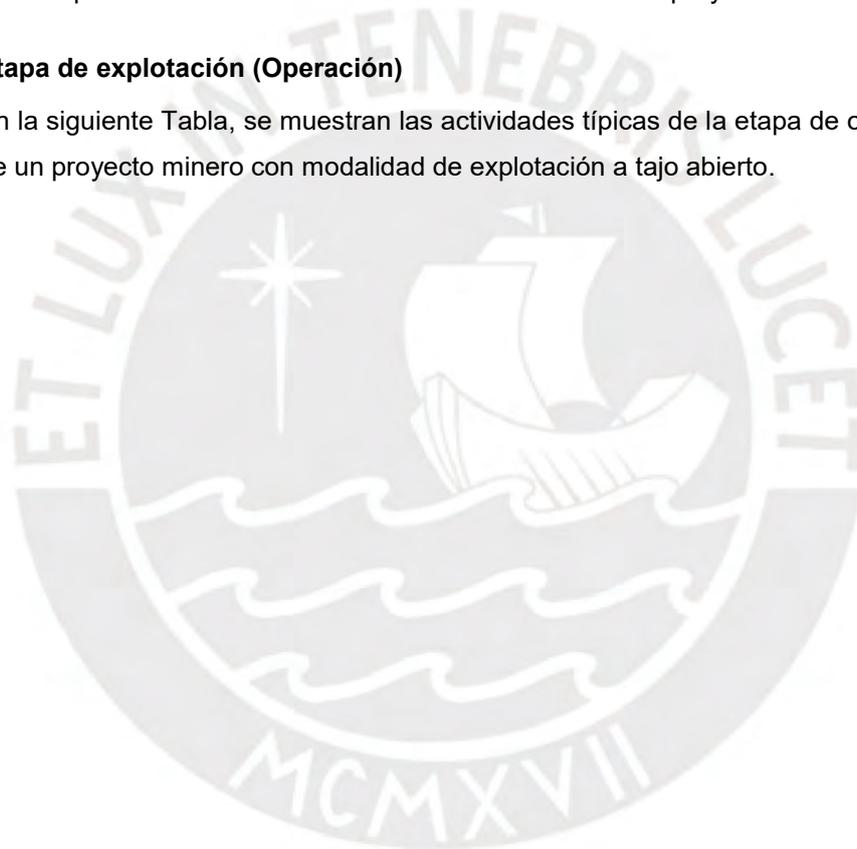


Tabla 1.4**Actividades en la etapa de operación**

Componentes	Actividades
Todos los componentes del proyecto	Transporte del mineral. maquinaria y personal e insumos
	Manejo de combustibles y materiales peligrosos
	Mantenimiento de las instalaciones de suministro de agua
	Generación de efluentes líquidos y residuos sólidos
Mina	Extracción del mineral (Voladura)
Pila de Lixiviación	Aplicación de solución en la pila y lixiviación y operación de pozas de solución
Instalaciones del Proceso	Funcionamiento de las pozas de captación de agua
	Chancado
	Procesamiento del mineral (planta ADR)
Instalaciones Auxiliares (Polvorín, Almacén, Grifo, etc.)	Funcionamiento de instalaciones auxiliares
Depósitos de Material Estéril	Disposición de desmonte de mina
Campamento	Funcionamiento del campamento y oficinas administrativas

Fuente: Cap. V EIA Proyecto Shahuindo, 2013

Los principales impactos en la etapa de explotación son:

- Efectos del aumento en polvo, ruido y vibraciones por el uso de explosivos para la voladura en el tajo abierto.
- Efectos hidrogeológicos y paisaje visual por el desarrollo físico del tajo.
- Aumento en polvo y ruido por la actividad del chancado del mineral y el apilamiento del mineral en el stockpile.
- Riesgo de una brecha en cualquier parte del sistema cerrado y la exposición al medio ambiente de los contaminantes de la solución, por el manejo de la solución de cianuro de sodio durante el funcionamiento de la pila de lixiviación, la poza de solución rica, el tanque de solución "barren", la poza de solución excedente y la planta de destrucción de cianuro, etc.
- Riesgo de derrame en el transporte de insumos (reactivos necesarios para el proceso), materiales peligrosos (Cianuro, Mercurio, etc.) y productos finales (barras de doré).

- Alteración la cantidad y calidad del agua superficial en los cauces y la escorrentía superficial.
- El impacto al ambiente también se da en el uso del agua, los volúmenes de agua utilizados pueden disminuir el flujo de agua de la población local, y la capacidad de recarga de las fuentes de abastecimiento.
- Residuos sólidos domésticos, reciclables, peligrosos y biomédicos.
- Efluentes líquidos domésticos.

1.3.5 Etapa de cierre

La etapa de cierre de un proyecto minero involucra, los trabajos de estabilidad física, geoquímica e hidrológica de los componentes del proyecto. Comprende el desmantelamiento y demolición de infraestructuras (edificios, planta de proceso, campamento, entre otros) y los trabajos de estabilidad física, geoquímica e hidrológica de los componentes que permanecerán en el sitio (tajo, depósitos de desmonte, pila de lixiviación, etc.).

Se debe elaborar un plan de cierre detallado para cada uno de los componentes del proyecto, en el plazo máximo de un año, a partir de la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental, el cual describirá las medidas de rehabilitación, costo y los métodos de control para las etapas de cierre y postcierre.

La etapa de cierre puede durar 2 años debido a los trabajos de estabilidad física (estabilidad de taludes de los componentes), geoquímica (control del drenaje ácido de roca - DAR con plantas de tratamiento) e hidrológica (canales de coronación, plantas de tratamiento de agua de mina, drenaje completo de la pila de lixiviación), que se deben realizar para el cierre de los componentes.

1.3.6 Etapa de postcierre

El postcierre consiste principalmente en el mantenimiento y monitoreo de los componentes cerrados. El mantenimiento activo (que incluye toma de muestras de agua, de DAR, suelos y monitoreo de la revegetación) tendrá una duración de 3 años aproximadamente para asegurar la estabilidad física, química y biológica del sitio del proyecto minero. Al terminar el periodo de mantenimiento activo, se entra en una etapa de mantenimiento pasivo en que el equipo realizará una inspección y trabajos periódicos sin toma de muestras, con una duración de 2 años.

1.4 Herramientas de gestión ambiental (HGA)

Los sistemas de gestión de ambiental deben contar con herramientas que miden el progreso hacia un adecuado manejo ambiental. Algunas de las herramientas

usadas son: Análisis de Riesgo, Estudio de Impacto Ambiental - EIA, Auditoría Ambiental, Análisis de Materia y Energía, Manejo Integrado de Sustancias, Análisis de Línea de Producto, etc.

Para el caso de proyectos mineros, de acuerdo a la experiencia del autor, las siguientes HGA son las que principalmente se usan en la etapa de planeamiento de un proyecto minero:

- Análisis de Alternativas para la ubicación de componentes mineros
- Gestión de Riesgos Ambientales
- Consideraciones Ambientales en el Estudio de Factibilidad, en el Diseño de Componentes Mineros y el Diseño para el Cierre
- Estudio de Impacto Ambiental: Línea Base Ambiental, Inventario de Pasivos Ambientales y Planificación del Monitoreo Ambiental

A continuación, se procede a explicar cada una de ellas:

1.4.1 Análisis de alternativas para ubicación de componentes mineros

Durante el planeamiento de un proyecto minero, una HGA utilizada es el análisis de alternativas de ubicación de los componentes mineros (depósito de desmonte, depósito de relaves, pila de lixiviación, pozas de almacenamiento de agua, de abastecimiento de agua, o rutas de acceso). Para este análisis se toman en consideración criterios ambientales, sociales, técnicos y de costo, con la finalidad de encontrar la alternativa más viable, resultando beneficioso tanto para la empresa minera, la población y el entorno. Algunos de los criterios ambientales y sociales son:

- Simplicidad en permisos ambientales
- Afectación de flora y fauna
- Impacto visual
- Uso de agua para consumo humano, para irrigación u otra actividad económica
- Potencial impacto en los cuerpos de agua y vida acuática
- Potencial impacto por generación de polvo
- Mínima afectación a la comunidad
- Necesidad de reasignación de tierra
- Potenciales consecuencias antes alguna falla de la estructura.

- Requisitos para el proceso de cierre.

Algunos de los criterios técnicos usados son:

- Capacidad del sitio
- Mínima cantidad de movimiento de tierras
- Mínima complejidad en la construcción
- Análisis geotécnico, sismicidad
- Simplicidad en el transporte de materiales
- Facilidad de acceso

Existen diversas técnicas para el análisis de alternativas, una de las más conocidas es el análisis multicriterio, a través de la Metodología de Análisis de Proceso Jerárquico propuesto por Thomas Saaty, basada en comparación de pares de los criterios a ponderar. En la siguiente Tabla se presenta la escala de importancia relativa de criterios, la cual establece la clasificación relativa entre dos elementos.

Tabla 1.5
Escala de importancia relativa de criterios

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	hay indiferencia al comparar un elemento con otro
3	Ligeramente más importante o preferido que...	el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo al comparar un elemento con otro
5	Más importante o preferido que...	el primero se considera más importante o preferido que el segundo, al comparar un elemento con otro
7	Mucho más importante o preferido que...	se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo, al comparar un elemento con otro el primero
9	Absolutamente o muchísimo más importante que...	el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo, al comparar un elemento con otro
2,4,6,8	Valores intermedios	cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.

Fuente: (Saaty, 1980).

Nivel 1	Costos	Aspectos legales	Aspectos técnicos	Entorno ambiental	Beneficio Socioeconómico	Sostenibilidad	Imagen Corporativa	Valor Relativo	Índice de Ponderación	Valoración (%)
Costos	1	5	5	1	3	5	1	21.00	0.241	24.10
Aspectos legales	0.200	1	3	0.333	3	5	5	17.53	0.201	20.12
Aspectos técnicos	0.200	0.333	1	0.143	0.333	0.250	0.333	2.59	0.030	2.98
Entorno ambiental	1	3	7	1	3	4	2	21.00	0.241	24.10
Beneficio Socioeconómico	0.333	0.333	3.000	0.333	1	1	3	9.00	0.103	10.33
Sostenibilidad	0.200	0.200	4.000	0.250	1	1	3	9.65	0.111	11.07
Imagen corporativa	1	0.200	3.000	0.500	0.333	0.333	1	6.37	0.073	7.31
								87.14	1.0	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.1

Ejemplo de matriz de enfrentamiento

Criterio de Evaluación		Peso ponderado (Wi) Nivel 1	Peso ponderado (Wi) Nivel 2	Peso combinado (Wi)	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Nivel 1	Nivel 2						
Costos	Menor Costo de implementación	0.241	N/A	0.241	1.750	0.778	0.522
Aspectos Legales	Menor cantidad de permisos requeridos	0.201		0.750	0.151	0.839	0.416
	Menor involucramiento de instituciones privadas y/o públicas			0.250	0.050	0.263	0.125
Aspectos técnicos	Menor complejidad de los requerimientos técnicos	0.030	N/A	0.030	0.179	0.091	0.074
Entorno ambiental	Mayor compatibilidad con la capacidad de uso de suelo	0.241		0.176	0.042	0.213	0.134
	Minimización del riesgo de contaminación del suelo y agua			0.577	0.139	0.720	0.264
	Mejoramiento de la calidad de aire			0.092	0.022	0.053	0.021
	Mejoramiento de paisaje			0.155	0.037	0.178	0.022
Beneficio Socioeconómico	Incremento de personas que acceden a servicios	0.103		0.081	0.008	0.052	0.024
	Mejoramiento de calidad de vida			0.385	0.040	0.134	0.196
	Mantenimiento de generación de ingresos			0.534	0.055	0.130	0.328
Sostenibilidad	Mayor capacidad de gestión de la institución /organización	0.111		0.125	0.014	0.092	0.054
	Menor costo de mantenimiento			0.875	0.097	0.641	0.226
Imagen corporativa	Potencial de mejoramiento de la imagen corporativa	0.073	N/A	0.073	0.610	0.024	0.024
Resultado					5.9	2.8	2.2

Fuente: Elaboración propia

Figura 1.2

Ejemplo de resultados de puntuación de alternativas

1.4.2 Gestión de riesgos ambientales

Es importante la identificación, evaluación y caracterización de los riesgos ambientales de un proyecto, para proponer medidas de prevención y mitigación.

La metodología de evaluación de riesgos ambientales se desarrolla con la identificación de las actividades mineras con potencial riesgo ambiental, caracterización del riesgo según el nivel de significancia: bajo, moderado o alto, y por último establecimiento de medidas de control para prevenir y mitigar los niveles de riesgo ambiental.

1.4.3 Medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad

La planificación de un proyecto minero evitará el uso ineficiente de recursos, el incumplimiento a la normativa ambiental y observaciones de los entes fiscalizadores. El diseño de nuevos proyectos mineros involucra:

- Considera variables ambientales (circuito cerrado, optimización de flujos, recirculación, reciclaje, reutilización, etc.).
- Utilización de ecomateriales (degradables, biodegradables, ecológicos).
- Uso eficiente de los recursos (materias primas, recursos naturales, aire, agua, suelo y fuentes de energía).
- Disposición de residuos (sólidos, líquidos, gaseosos, calor, ruido y vibraciones).
- Diseño de control operacional de las actividades, procesos y productos.

Durante el planeamiento minero, los costos corresponden al Capex (gastos de capital), y son los costos de planeamiento, inversiones en proyectos ambientales y de seguridad, asociados a la gestión de proyectos y de cierre de mina, reserva de riesgo para emergencias.

Los costos de planeamiento involucran la incorporación de variables ambientales y de seguridad para que sean diseñados con bajo riesgo, por ejemplo: costo de estudios ambientales, riesgos de seguridad, planes de cierre de mina, de otros estudios (hidrogeológicos, geotécnicos, etc.).

1.4.3.1 Consideraciones ambientales en el diseño de componentes mineros

Para el diseño de componentes mineros aplica el concepto del circuito cerrado y el principio de la máxima reutilización. Ello involucra:

- Aislamiento del suelo con geomembrana de las pozas de solución como para las instalaciones minero-metalúrgicas, pilas y plantas de servicios, así como drenajes, alcantarillas y líneas de transporte de soluciones.
- Diseño de flujos líquidos y gaseosos, garantizando la no salida hacia el medioambiente.
- Reutilización de flujos de las soluciones.
- Sistemas de instrumentación y control, en caso de emergencias.
- Encapsulamiento final de materiales y residuos peligrosos: depósitos de desmonte o material estéril eficientes.

1.4.3.2 Diseño para el cierre

El diseño de los componentes mineros debe considerar estudios orientados a un adecuado cierre. Algunos de los estudios a considerar son:

- Estudios geoquímicos y estudios de drenaje ácido de roca, para el diseño de los sistemas de coberturas con la finalidad estabilización geoquímica de los componentes;
- Caracterización de las condiciones hidrológicas que regirán el dimensionamiento de las estructuras y del sistema de drenaje de escorrentía superficial,
- Diseño de los canales de coronación, que controlan el agua de escorrentía superficial y minimizar el ingreso de las mismas hacia los componentes;
- El diseño de los canales de coronación debe considerar: período de retorno para tormenta de diseño, revestimiento de canales, pendiente mínima y pendiente máxima;
- Ejecución de un programa de investigación geotécnica de campo que incluye la realización de calicatas, perforación diamantina, mapeo geológico-geotécnico, ensayos de campo in-situ; y ensayos de laboratorio para la caracterización física y mecánica de los suelos y las rocas y caracterizar las diferentes unidades geotécnicas;
- Parámetros geotécnicos, análisis de deformación, análisis de estabilidad de taludes en condiciones estáticas y pseudo-estáticas;
- Análisis de infiltración por el método de elementos finitos con la finalidad de minimizar las posibles filtraciones;
- Estudio de peligro sísmico;
- Evaluación de los materiales de préstamo;
- Diseño de sistema de tratamiento de aguas para las aguas de contacto;
- Determinar y diseñar las áreas de almacenamiento de “topsoil” o capa de suelo superficial para ser usado en el cierre, realizar proyectos piloto de revegetación;
- Programas de mantenimiento y monitoreo.

1.4.4 Nivel de esfuerzo /calidad de información en el estudio de impacto ambiental

1.4.4.1 Estudio de Línea de Base Ambiental

Comprende los estudios físicos, biológicos y sociales de una determinada área de estudio, con la finalidad de obtener información antes de que se realice el proyecto,

para poder hacer una comparación posterior durante la operación y cierre, con la finalidad de determinar los impactos ambientales generados por el proyecto minero.

Primero se debe determinar un área de estudio en torno a la ubicación del proyecto minero, la cual se irá afinando a medida que se determine el área de influencia directa e indirecta de la mina. Es importante en la etapa de planeamiento de un proyecto minero, recoger información primaria, relevante y suficiente del área de estudio, por ejemplo, conocer la calidad del agua, suelo, aire, así como las condiciones biológicas (flora y fauna) y condiciones sociales, con la finalidad de obtener datos primarios recogidos en campo, los cuales ayudarán a contar con una data histórica para poder ver los cambios que se han producido en el entorno. Asimismo, la data histórica permite una mejor toma de decisiones por parte de los encargados de la gestión ambiental de la mina, y poder brindar soluciones de manera más eficaz. Por ejemplo, realizar un inventario de manantiales antes del inicio de la construcción del proyecto, es decir en la etapa de desarrollo de línea base, evaluando también la calidad de agua, servirá al titular minero poder cuantificar impactos ambientales en cantidad y calidad de agua, y estimar la mitigación o compensación de dicho impacto.

El estudio de línea de base ambiental es una parte importante del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), indispensable en la etapa de planeamiento de un proyecto minero.

1.4.4.2 Inventario de pasivos ambientales

En la mayoría de las áreas donde se instalarán futuras minas, existen pasivos mineros ambientales o minería informal, por lo que es importante que el titular minero realice un inventario de pasivos ambientales, como parte de la línea base ambiental, para que se pueda determinar qué calidad ambiental tenía el área antes de la construcción y operación del proyecto. Asimismo, teniendo la información del inventario de pasivos ambientales, el titular minero puede tomar decisiones acerca de remediar dichos pasivos o tomar algún tipo de acción respecto a ellos.

1.4.4.3 Modelamiento de emisión de contaminantes

Realizar un modelamiento de emisiones, ya sea de material particulado, ruido, efluentes, permite definir el área de influencia ambiental de un proyecto minero, y también permite definir de manera más exacta los puntos de monitoreo a implementar durante la construcción y operación, para lograr un mejor control de la calidad ambiental.

Para lograr que el modelo sea lo más cercano a la realidad, se debe contar con la información de las actividades del proyecto, las condiciones ambientales, la

identificación de los receptores, para realizar el cálculo de los factores de emisión, lo cual determinará la dispersión del contaminante en el ambiente.

1.4.4.4 Planificación del monitoreo ambiental

Una vez realizada la línea de base ambiental antes de la construcción del proyecto, se debe planificar el monitoreo ambiental durante la construcción y operación del proyecto, lo cual también deberá estar especificado y descrito en el estudio de impacto ambiental, no obstante, la empresa minera puede tener un programa de monitoreo ambiental con un mayor alcance y manejarlo de manera interna, sin que los resultados tengan que ser reportados a la autoridad. Realizar una buena planificación del monitoreo ambiental es muy importante durante el desarrollo de un proyecto minero, puesto que permite definir que los puntos a ser evaluados sean suficientes y apropiados, y evitar que existan vacíos de información a lo largo del tiempo.

El programa de monitoreo ambiental debe ser ajustado sobre la marcha del proyecto. Las necesidades y objetivos del monitoreo deberán modificarse con el tiempo. El programa de monitoreo se puede dividir en las siguientes fases:

- Estudios de línea de base.
- Durante la construcción.
- Durante las operaciones.
- Durante la fase activa del cierre.
- Posterior al cierre o postcierre.

1.4.4.5 Monitoreo durante la construcción y operación del Proyecto

Durante la etapa de construcción y operación de un proyecto, se debe planificar llevar las siguientes actividades de control o monitoreo ambiental:

- Calidad de Aire;
- Condiciones Atmosféricas;
- Ruido;
- Suelos;
- Calidad de Agua Superficial y Subterránea;
- Sedimentos;
- Efluentes Líquidos;

- Monitoreo Biológico;
- Éxito de siembra y trasplante de flora sensible;
- Ecosistemas Acuáticos; y
- Arqueológico (durante construcción).

El monitoreo de condiciones atmosféricas a través de la instalación de una estación meteorológica y estaciones pluviométricas en un proyecto minero es importante, pues tiene la finalidad de contar con datos meteorológicos que sirvan para futuros análisis en el contexto hidrológico de las cuencas en las que se encuentra un proyecto.

También es importante realizar mediciones del nivel de agua subterránea en cada uno de los pozos y piezómetros de monitoreo hidrogeológico y geotécnico, durante el tiempo de vida de la mina y por un periodo de cinco años tras el cierre de ésta. Los niveles de agua en los piezómetros deben ser monitoreados a diario mediante la instalación de una sonda de registro automático. Los datos del nivel de agua se recogerán en gráficos que muestren el cambio del nivel del agua a través del tiempo y ayudarán en la determinación de los impactos hídricos de las operaciones mineras.

El monitoreo de agua superficial se debe realizar en todas las áreas de drenaje importantes que contienen las instalaciones de la mina o puedan ser potencialmente impactadas por estas. El monitoreo de agua en las plantas de tratamiento se debe efectuar en tanques de entrada y salida de la planta de tratamiento de agua del tajo; de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas; y la descarga de la planta.

Asimismo, dependiendo de la empresa minera, se podrá instalar estaciones de aforo continuo en las quebradas, con el fin de definir el nivel vs. caudal, para determinar las fluctuaciones estacionales en el flujo. Los gráficos tiempo vs caudal ayudarán en la determinación de impactos hidrológicos del proyecto.

1.5 Indicadores de desempeño ambiental (IDA)

Los indicadores permiten dentro del Sistema de Gestión Ambiental detectar potenciales de optimización y reducción, y oportunidades de mejora. Los indicadores ambientales son necesarios para mostrar los puntos problemáticos del proceso y caracterizarlos.

La norma ISO 14031 describe dos categorías generales de indicadores, los *indicadores de desempeño ambiental (IDA)*, y los *indicadores de condición ambiental (ICA)*.

- Los IDA pueden ser: indicadores de desempeño de gestión (IDG) e indicadores de desempeño operacional (IDO). Los IDG proporcionan seguimiento e información sobre la capacidad y los esfuerzos de la compañía minera que puedan influenciar en la gestión ambiental de la organización. Además, ayudan a predecir cambios en el desempeño de la organización y a identificar oportunidades de mejora. Algunos IDG pueden ser: estadísticas incidentes o emergencias ambientales suscitadas, incumplimientos detectados en las supervisiones realizadas por la autoridad competente, conflictos sociales, sanciones por fiscalización, indican una inadecuada gestión ambiental, etc. Los IDO se relacionan con las entradas (materiales, energía y servicios), y con las salidas (productos, servicios, residuos y emisiones) resultantes de las operaciones de la organización, por ejemplo, los indicadores de eficiencia energética.
- Los ICA son herramientas que proporcionan información sobre la condición ambiental local, regional, nacional o global, y su relación con las actividades de la organización. Los ICA permiten además la determinación del cambio ambiental en el tiempo. Por ejemplo, el cumplimiento de límites máximos permisibles (LMP) dados por la normativa ambiental es un indicador de condición ambiental, que permite verificar el cumplimiento de en cuanto a calidad de efluentes, emisiones y ruido de un proyecto minero, a través del monitoreo ambiental. Un LMP es una medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que, al ser superados, causan daño a la salud y el ambiente.

2 Capítulo II Metodología

El presente capítulo explica el tipo de investigación, la unidad de análisis, los objetivos, el grupo de estudio y los criterios analizados para las HGA e IDA.

2.1 Tipo de investigación

El tipo de la investigación es descriptiva – explicativa con un enfoque cualitativo. Según la manipulación de variables, el trabajo es no experimental. Según la temporalidad, la investigación es retrospectiva.

2.2 Unidad de análisis

La presente investigación indagará sobre las HGA implementadas desde la etapa de planeamiento de proyectos mineros. Luego, estos resultados, a través de métodos estadísticos, serán relacionados con los resultados de desempeño ambiental de la operación de los proyectos mineros

Las unidades de análisis de investigación son:

- Herramientas de gestión ambiental (HGA) durante la planeación de los proyectos mineros
- Indicadores de desempeño ambiental (IDA) de la operación de los Proyectos mineros.

2.3 Objetivo general

Identificar y analizar la implementación de herramientas de gestión ambiental en la etapa de planeamiento de proyectos mineros y cómo influyen en los indicadores de desempeño ambiental durante la operación.

El estudio tiene la siguiente hipótesis: Las herramientas de gestión ambiental implementadas en la etapa de planeamiento de proyectos mineros, tienen influencia sobre los indicadores de desempeño ambiental.

2.4 Objetivos específicos

- Identificar y analizar las herramientas de gestión ambiental aplicadas a la etapa de planeamiento de proyectos mineros
- Clasificar a los proyectos mineros de acuerdo al nivel de implementación de las herramientas de gestión ambiental
- Determinar el grado de influencia de la implementación de herramientas de gestión ambiental sobre los indicadores de desempeño ambiental.

- Visibilizar las ventajas de la implementación de herramientas de gestión ambiental desde el planeamiento de un proyecto minero.

2.5 Grupo de estudio

El grupo de estudio estuvo conformado por:

- Empresas pertenecientes a la gran y mediana minería.
- Que se encuentren en etapa de explotación y cuenten con un mínimo de 8 años de operación.
- Dedicadas a la extracción de metales y/o minerales (cobre, oro, plata, plomo, mineral de hierro, níquel, etc.) en el Perú.

2.6 Preguntas y proposiciones de la investigación

El presente trabajo se desarrolló a partir de la siguiente pregunta descriptiva y explicativa:

¿Qué herramientas de gestión ambiental se implementan en la etapa de planeamiento de proyectos mineros y cuál es la influencia sobre los indicadores de desempeño ambiental?

La pregunta hace referencia a qué herramientas de gestión ambiental se implementan en el planeamiento y cómo estas pueden afectar los indicadores de desempeño ambiental durante la operación.

2.7 Criterios a ser analizados en las HGA e IDA

En las siguientes Tablas se muestran los criterios analizados para las HGA y los IDA. La explicación de la selección de los criterios para formular las preguntas se encuentra en el Anexo 1.

Tabla 2.1

Criterios analizados para las HGA en la planificación de proyectos mineros

Unidad de Análisis	Criterios	Subcriterios
Análisis de Alternativas para la Ubicación de los Principales Componentes Mineros	Criterios Biológicos utilizados en la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo impacto en la cobertura vegetal • Mínimo impacto en bofedales • Mínimo impacto en el hábitat de especies acuáticas • Mínimo impacto en el hábitat de fauna sensible • Mínimos impacto en flora y fauna sensible
	Criterios Físicos utilizados en la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo impacto en áreas de drenaje • Mínimo impacto en cantidad y calidad de agua superficial • Mínimo impacto en manantiales • Mínimo impacto en acuíferos • Mínimo impacto paisajísticos o impacto visual • Mínima pérdida de suelos orgánico
	Criterios Técnicos utilizados en la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad, • Simplicidad en el transporte, • Áreas con mayor estabilidad, menor volumen de movimiento de tierras
	Criterios Sociales utilizados en la toma de decisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Menor distancia a poblaciones o comunidades, • Menor impacto en centros poblados o comunidades aguas abajo de los componentes, • Zonas con menor posibilidad de provocar un conflicto social.
Gestión de Riesgos Ambientales	Talleres multidisciplinarios para la identificación de riesgos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • SI • NO
	Participación de la Gerencia	<ul style="list-style-type: none"> • SI • NO
	Profesionales que participaron en los talleres de identificación de riesgos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de proyecto • Especialista ambiental • Sociólogo • Biólogo • Hidrólogo • Parte técnica (diseño civil, geotecnia, etc)
Medidas de Manejo Ambiental en el Estudio de Factibilidad	Medidas de manejo desde el diseño de componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas de Manejo ambiental • Medidas de cierre ambiental
	Consideraciones ambientales que tuvieron al momento del diseño de los componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías para impermeabilización • Estructuras hidráulicas para manejo de agua de no contacto • Estructuras hidráulicas para manejo de agua de contacto • Tecnología para tratamiento de agua • Pozas de emergencia • Estructuras de control de erosión • Menor generación de polvo • Estructuras de control de sedimentos • Tecnologías para reducción de ruido
	Opciones operativas para el manejo ambiental se incluyeron en el estudio de factibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Circuito cerrado cero vertimiento • Recirculación de agua • Optimización de flujos de agua e insumos • Reuso de agua • Depósito de suelo orgánico
	Opciones para la gestión de residuos, efluentes o emisiones han sido consideradas,	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de Almacén Central de Residuos Sólidos • Diseño de Sistemas de disposición final de residuos • Tratamiento de agua de mina • Tratamiento de efluentes domésticos • Sistemas para el control de polvo • Filtros de contaminantes gaseosos

Unidad de Análisis	Criterios	Subcriterios
		<ul style="list-style-type: none"> • Uso de amortiguadores de ruido • Encapsulamiento de equipos para disminución de ruido
	Estudios técnicos fueron considerados en el Estudio de Factibilidad	<p>Se realizaron de manera conceptual o con datos primarios recogidos en campo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de estabilidad de taludes y/o paredes • Drenaje ácido de roca • Balance hídrico • Investigación hidrogeológica
	Opciones para los insumos han sido considerados en el Estudio de Factibilidad,	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos orgánicos • Productos biodegradables • Productos reutilizables
	Costos ambientales considerados en el Estudio de Factibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Costos de cierre de mina • Costos de manejo ambiental • Reserva de riesgos para emergencia • Costos de estudios de monitoreo ambiental • Costos de estudios de impacto ambiental • Costos de estudios de plan de cierre de mina
Nivel de Esfuerzo/ Calidad en el Estudio de Impacto Ambiental	Uso de Datos primarios	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura vegetal sensible • Bofedales • Hábitat de especies acuáticas sensibles • Hábitat de fauna sensible • Áreas de drenaje • Quebradas • Manantiales • Acuíferos • Calidad de agua • Paisaje • Tipos de suelo • Calidad de aire • Ruido • Clima y meteorología
	Uso de Datos Secundarios	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura vegetal sensible • Bofedales • Hábitat de especies acuáticas sensibles • Hábitat de fauna sensible • Áreas de drenaje • Quebradas • Manantiales • Acuíferos • Calidad de agua • Paisaje • Tipos de suelo • Calidad de aire • Ruido • Clima y meteorología
	Pasivos Ambientales	Inventario de pasivos durante el planeamiento del proyecto.
	Modelamientos realizados previo a la operación de la mina	<ul style="list-style-type: none"> • Modelamiento de calidad de aire • Modelamiento ecológico • Modelamiento de paisaje • Modelamiento de ruido • Modelamiento hidrogeológico • Modelamiento de calidad de agua
	Planificación del monitoreo ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Exploración, • Factibilidad, • Construcción • Explotación
	Etapa en que se inició	

Unidad de Análisis	Criterios	Subcriterios
	Componentes que cuentan con un programa de monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> • Flora • Fauna • Hidrobiología • Calidad de agua superficial • Calidad de agua subterránea • Calidad de aire • Calidad de ruido • Calidad de sedimento • Calidad de suelo • Radiaciones no ionizantes • Calidad de vibraciones • Meteorología



Tabla 2.2

Criterios analizados para los IDA de los proyectos durante la operación minera

Unidad de Análisis	Criterios
Indicadores de Gestión Ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Cantidad de emergencias ambientales• Cantidad de sanciones impuestas por el OEFA, debido a incumplimiento ambiental o de límites máximos permisibles
Indicadores de Condición Ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Cantidad de Componentes que tienen una buena condición ambiental de acuerdo a los resultados de monitoreo

2.8 Instrumento de recolección de datos

Se realizaron entrevistas, utilizando como instrumento un cuestionario para poder recabar la información o datos necesarios respecto a las HGA que implementaron los titulares de los principales proyectos mineros peruanos, así como respecto de su desempeño ambiental.

Para la obtención de información se elaboró un cuestionario estandarizado de 36 preguntas (Ver Anexo 2), dividido en dos secciones:

- Sección I: Herramientas de Gestión Ambiental Implementadas en la Etapa de Planeamiento, que consta de cuatro temas:
 - Análisis de alternativas para la ubicación de los componentes mineros
 - Gestión de riesgos ambientales y sociales
 - Medidas de manejo ambiental y social en el estudio de factibilidad
 - Nivel de Esfuerzo/ Calidad de información del Estudio de Impacto Ambiental

Sección II: Indicadores de Desempeño Ambiental, que consta de dos temas:

- Indicadores de gestión ambiental
- Indicadores de condición ambiental

El cuestionario se realizó en 16 unidades mineras peruanas, a través de entrevistas a gerentes, o jefes encargados de la gestión ambiental en la unidad minera. En el siguiente capítulo se presentan los resultados referidos a los objetivos detallados en las secciones 2.3 y 2.4.

3 Capítulo III Resultados

El presente capítulo muestra los resultados de la investigación, es decir la caracterización de los proyectos mineros, la implementación de HGA acuerdo a la caracterización, clasificación de los proyectos por mayor implementación de HGA, análisis de resultados de la implementación de las HGA y análisis de resultados de los IDA.

3.1 Caracterización de los proyectos mineros

Para realizar la caracterización de los proyectos mineros, se procedió a transformar las respuestas de texto a número en MS-Excel, es decir la recodificación de respuestas textuales, asignando un valor numérico a cada respuesta. De esta manera es más sencillo importar los datos a los softwares estadísticos.

Se realizó la caracterización de los proyectos mineros por explotación, mineral, producción, y tiempo:

- Tipo de explotación:
 - A tajo abierto
 - Subterránea
- Tipo de mineral:
 - Unimetálica
 - Polimetálica
- Producción:
 - Alta > 150 000 t/año,
 - Media <= 150 000 t/a)
- Tiempo:
 - Antigua > 30 años,
 - Establecida 30 a 10 años,
 - Reciente < 10 años.

De las unidades mineras entrevistadas, se obtuvieron los siguientes resultados de la caracterización (ver Anexo 3).

- El 56,3 % son de explotación a tajo abierto, y el 43,7 % son de explotación subterránea,
- El 43,7 % son unimetalicas y el 56,3 % son polimetalicas,
- El 50 % son de producción alta y el 50 % son de producción media,
- El 31,3 % son minas de operación antigua, el 31,3% son minas establecidas y el 37,5 % son operaciones mineras recientes.

3.2 Resultados de la implementación de las HGA según la caracterización de proyectos mineros

Luego de realizar la caracterización de las minas, se usó el software Minitab para hallar los porcentajes de uso de herramientas según la caracterización de los proyectos mineros realizadas según tipo de explotación, tipo de mina, tipo de mineral, tamaño de la mina, y tiempo de operación.

3.2.1 Resultados de la implementación de las HGA para el uso de la herramienta: análisis de alternativas

Se analizó el uso de la herramienta “Análisis de Alternativas” por cada unidad minera (Ver Anexo 4), los resultados se describen a continuación:

- En el caso de las unidades mineras a tajo abierto, el 85,7% realizó análisis de alternativas para la ubicación de componentes mineros, mientras que el 77,7% de unidades mineras subterráneas lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras unimetalicas, el 85,7% realizó un análisis de alternativas para la ubicación de los componentes mineros, mientras que, en el caso de las unidades mineras polimetalicas, el 77,7% lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras de producción alta, el 75% de realizó análisis de alternativas para la ubicación de componentes mineros, mientras que el 87,5% de unidades mineras de producción media lo realizó.
- En el caso de unidades mineras antiguas, el 60 % realizó análisis de alternativas para la ubicación de componentes mineros y el 100 % de minas ya establecidas lo realizaron. Las unidades mineras nuevas utilizaron la herramienta en un 83,33%. *Los resultados indican que existe una tendencia al desarrollo de esta herramienta de gestión ambiental a medida que las operaciones mineras son más recientes o minas establecidas.*

3.2.2 Resultados de la implementación de las HGA para el uso de la herramienta: Gestión de riesgos ambientales

En cuanto a la “Gestión de Riesgos Ambientales” (Ver Anexo 4), los resultados se describen a continuación:

- En el caso de las unidades mineras a tajo abierto, el 55,5% realizó gestión de riesgos, mientras que el 85,7% de unidades mineras subterráneas lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras unimetálicas, el 57,1% realizó gestión de riesgos, mientras que, en el caso de las unidades mineras polimetálicas, el 77,7% lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras de producción alta, el 62,5% realizó gestión de riesgos, mientras que el 75% de unidades mineras de producción media lo realizó.
- En el caso de unidades mineras antiguas, el 40% realizó gestión de riesgos y el 100% de minas ya establecidas lo realizaron. Las unidades mineras nuevas utilizaron la herramienta en un 66,6%. *Los resultados indican que existe una tendencia al desarrollo de esta herramienta de gestión ambiental a medida que las operaciones mineras son más recientes o minas establecidas.*

3.2.3 Resultados de la implementación de las HGA para el uso de la herramienta: Medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad

Se analizó el uso de la herramienta “Medidas de Manejo Ambiental en el Estudio de Factibilidad” por cada unidad minera (Ver Anexo 4), los resultados se describen a continuación:

- En el caso de las unidades mineras a tajo abierto, el 100% incorporaron medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad, mientras que el 85,7% de unidades mineras subterráneas lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras unimetálicas, el 100% incorporaron medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad, mientras que en el caso de las unidades mineras polimetálicas, el 88,8% lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras de producción alta, el 87,5% incorporaron medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad, mientras que el 75% de unidades mineras de producción media lo realizó.

- En el caso de unidades mineras antiguas, el 80% incorporaron medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad y el 100% de minas ya establecidas lo realizaron. Las unidades mineras nuevas utilizaron la herramienta en un 100%. *Los resultados indican que existe una tendencia al desarrollo de esta herramienta de gestión ambiental a medida que las operaciones mineras son más recientes o minas establecidas.*

En cuanto a las Medidas de Cierre Ambiental (Anexo 4) se tienen los siguientes resultados:

- En el caso de las unidades mineras a tajo abierto, el 100% incorporó medidas de cierre ambiental en su estudio de factibilidad, mientras que el 85,7% de unidades mineras subterráneas lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras unimetálicas, el 100% incorporó medidas de cierre ambiental en su estudio de factibilidad, mientras que en el caso de las unidades mineras polimetálicas, el 88,8% lo realizó.
- En el caso de las unidades mineras de producción alta, el 87,5% incorporó medidas de cierre ambiental en su estudio de factibilidad, mientras que el 100% de unidades mineras de producción media lo realizó.
- En el caso de unidades mineras antiguas, el 80% incorporó medidas de cierre ambiental en su estudio de factibilidad y el 100% de minas ya establecidas lo realizaron. Las unidades mineras nuevas utilizaron la herramienta en un 100%. *Los resultados indican que existe una tendencia al desarrollo de esta herramienta de gestión ambiental a medida que las operaciones mineras son más recientes o minas establecidas.*

3.3 Clasificación de los proyectos mineros por mayor implementación de HGA

Se procedió a clasificar los proyectos mineros en clúster 1 y 2, por mayor implementación de HGA. Para diferenciar los proyectos en grupo o clúster 1 y 2, se calcularon puntajes para cada una de las herramientas⁶ y posteriormente se utilizó el método de k medias⁷. Para este análisis se utilizó el software estadístico R. (Ver Anexo 5 Análisis Descriptivo de Clústeres)

La clasificación de los proyectos mineros se realizó en base a la cantidad de HGA aplicadas en la etapa de planeamiento del proyecto minero⁸. El análisis de

⁶ Normalización de datos: $(x - \text{valor min}(x)) / (\text{valor max}(x) - \text{valor min}(x))$

⁷ Método de agrupamiento, que hace la partición de un conjunto de n observaciones en k grupos, en el que cada observación pertenece al grupo cuyo valor medio es más cercano

⁸ La clasificación no se realizó en base al desempeño ambiental

agrupamiento por k-medias, evidencia que existen dos grupos o clúster de proyectos mineros.

Clúster 1: Representan el 31,25% de proyectos mineros muestreados. Se caracteriza por un menor uso de las herramientas de análisis de alternativas de componentes mineros, gestión de los riesgos ambientales, medidas en el estudio de factibilidad y menor esfuerzo en el estudio de impacto ambiental (por debajo del promedio de obtenido por el clúster 2).

La inversión realizada por este tipo de empresas es mayor, al igual que su producción y el tiempo de operación en años.

Clúster 2: Representan el 68,75 % de proyectos mineros. Se caracteriza por tener en promedio mayor cantidad de HGA, lo que se evidencia en una mayor cantidad de alternativas analizadas para componentes ambientales, mejor gestión de riesgos, mayor cantidad de medidas manejo en el estudio de factibilidad y una mayor calidad de estudio de impacto ambiental. El clúster 2 realiza más herramientas preventivas que conllevan a un mejor desempeño.

En la Figura 3.1 se presenta la clasificación de los proyectos según la cantidad de HGA implementadas.

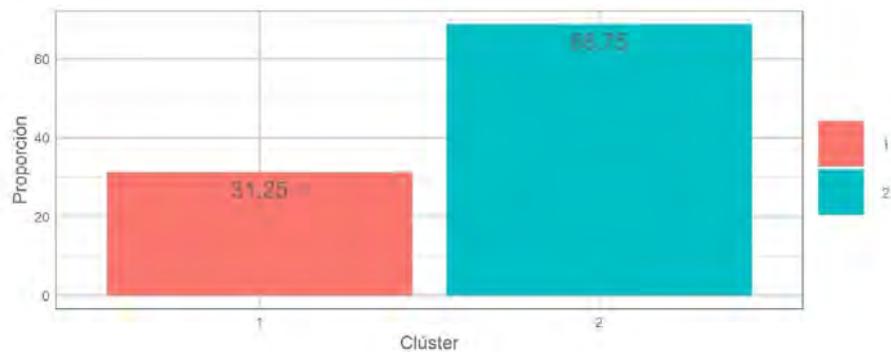


Figura 3.1 Clasificación de proyectos mineros según las HGA implementadas

En la Figura 3.2 se aprecia el clúster 1 y 2 clasificados según inversión, producción, vida útil, tiempo de operación y tipo de extracción.

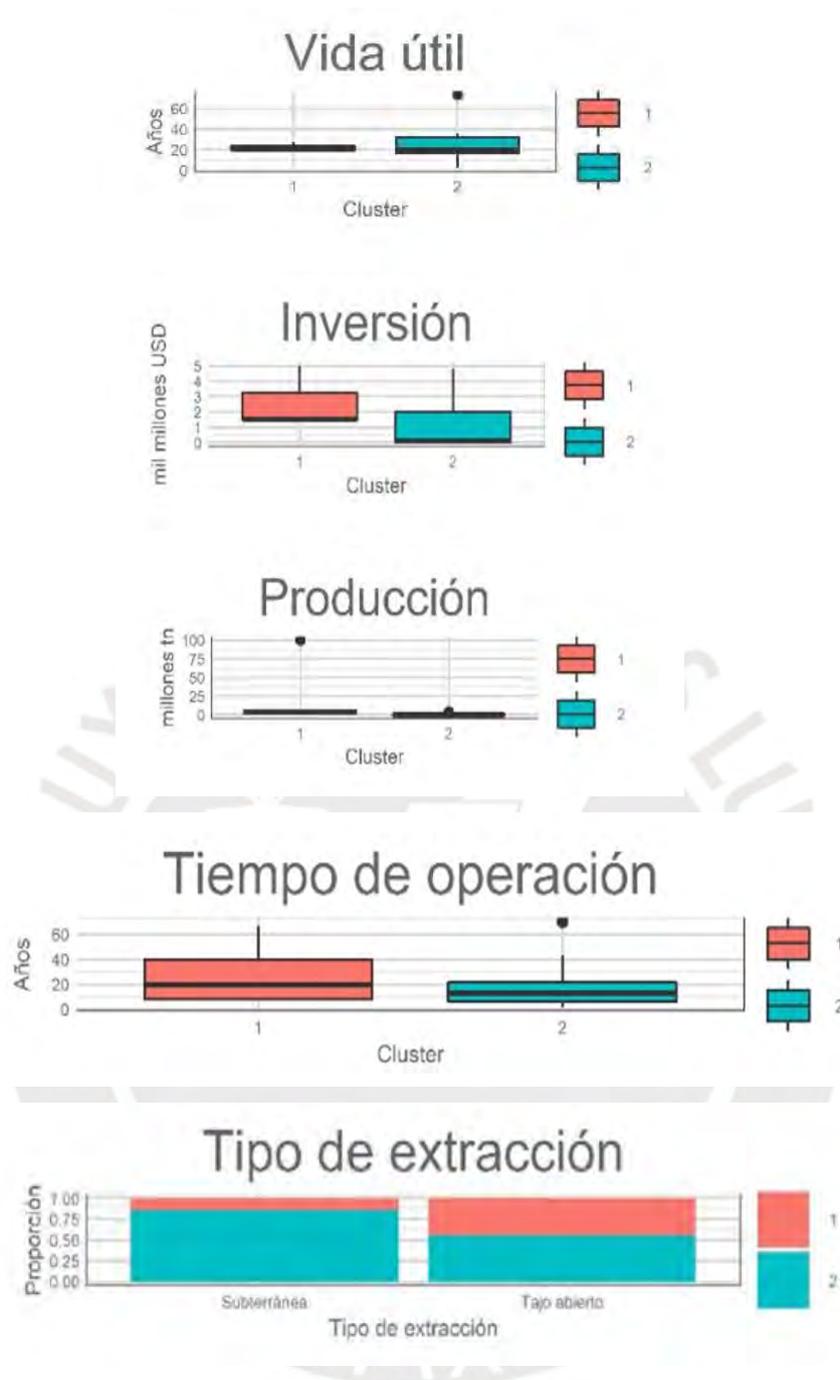


Figura 3.2 Clúster 1 y 2 según Inversión, Producción, vida útil, tiempo de operación y tipo de extracción por clúster

En el aspecto económico, estos proyectos mineros incluidos en el clúster 2 poseen una menor inversión realizada, menor producción y menor tiempo de operación, *indicando que las minas recientes o nuevas (menor a 10 años de operación) son las que implementan mayor cantidad de HGA preventivas.*

3.4 HGA más implementada en la etapa de planeamiento

Se realizó un cálculo de puntajes para el uso de las HGA, usando una normalización de la suma de resultados⁹, con la finalidad de determinar las HGA más usadas (Ver Anexo 5 Análisis Descriptivo General).

Dentro de las HGA implementadas en el planeamiento de proyectos mineros, *el Nivel de Esfuerzo/ Calidad de información en el Estudio de Impacto Ambiental* obtuvo un puntaje promedio de 0,73, siendo la que obtuvo mayor puntaje, es decir es la herramienta más utilizada. Esto es debido a la exigencia legal de contar con los permisos ambientales y de las revisiones que hacen las autoridades a los estudios, por lo cual los titulares mineros se preocupan por ir mejorando la calidad de información del estudio.

En segundo lugar, quedó la herramienta: *Medidas de Manejo Ambiental implementadas en el Estudio de Factibilidad*, debido a que hay una tendencia a considerar las medidas de manejo ambiental desde el diseño de los componentes mineros.

La herramienta *Análisis de Alternativas para la ubicación de proyectos mineros* obtuvo el menor puntaje de 0,48, es decir es la herramienta menos utilizada. Sin embargo, esta herramienta es la que más previene/minimiza los impactos ambientales durante la operación. En la Figura 3.3 se muestran los puntajes en el uso de las HGA.

⁹ Normalización de datos: $(x - \text{valor min}(x)) / (\text{valor max}(x) - \text{valor min}(x))$

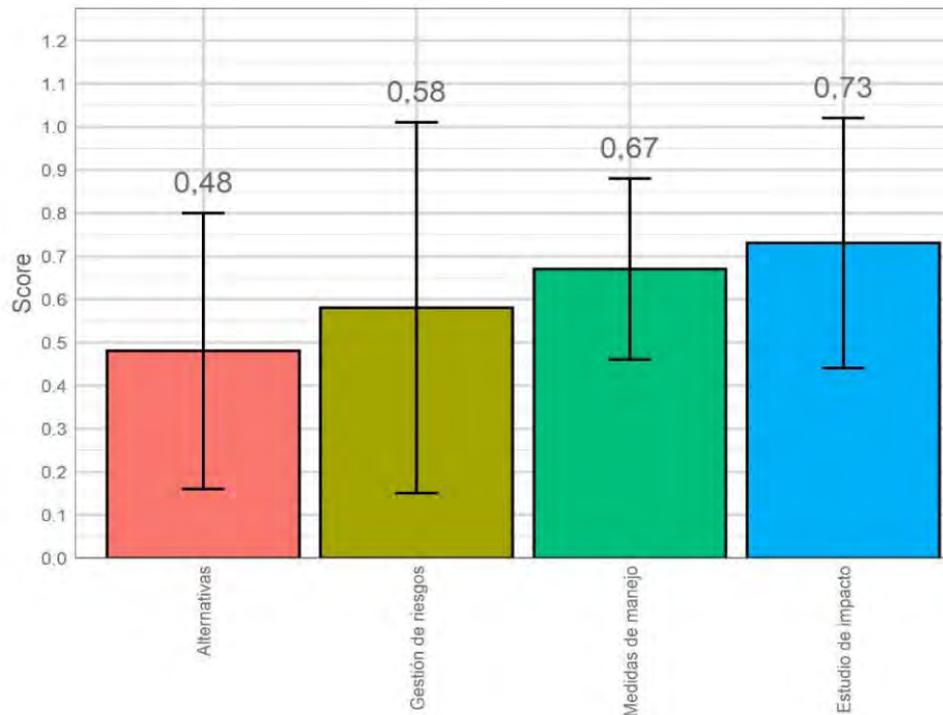


Figura 3.3 Puntaje de implementación de HGA en el planeamiento

A continuación se presenta un análisis de los criterios de las HGA en la etapa de planeamiento de proyectos mineros y el desempeño ambiental durante la operación por clúster.

3.5 Análisis de la implementación de las HGA

3.5.1 Resultados del uso de la HGA: análisis de alternativas para la ubicación de los principales componentes mineros por clúster

Se analizó el uso de la herramienta “Análisis de Alternativas” consultando por los criterios ambientales, biológicos, sociales y técnicos tomados en cuenta para la ubicación de los principales componentes mineros. En la Figura 3.4 se aprecia que el clúster 2 ha utilizado una mayor cantidad de criterios que conllevan a un mejor *análisis de alternativas*. Cabe resaltar que el clúster 2 se caracteriza por contar con más HGA preventivas que conllevan a un mejor desempeño ambiental.



Figura 3.4 Uso de la HGA: análisis de alternativas, según clúster

3.5.1.1 Análisis de los criterios ambientales, técnicos y sociales utilizados en el análisis de alternativas

Se analizaron los criterios ambientales, técnicos y sociales utilizados para el análisis de alternativas para la ubicación de componentes mineros.

Dentro de los criterios ambientales, se consultó sobre los factores físicos tomados en cuenta: cuerpos de agua superficial, áreas de drenaje natural, acuíferos, manantiales, paisajes y suelo orgánico. Para el clúster 2, los factores físicos *cuerpos de agua superficial* y *manantiales* tuvieron el mayor porcentaje con 50 y 43,75% respectivamente, por lo que fueron tomados más en cuenta en el análisis. El menor porcentaje fue para el aspecto de *paisajes* con 25%, es decir se tuvo menos en consideración este criterio. Este resultado indica la importancia que se le da al recurso hídrico en los proyectos mineros, el paisaje es el menos considerado, pues se considera más en la etapa de cierre o restauración de la mina.

Los factores biológicos consultados fueron: bofedales, cobertura vegetal, hábitat de especies sensibles, hábitat de especies acuáticas sensibles, flora y fauna. Para el clúster 2, los factores biológicos *bofedales* y *cobertura vegetal* tuvieron mayor porcentaje con 50 y 31,25 % respectivamente, es decir fueron los que se tuvieron más en cuenta al momento de elegir la ubicación de componentes, y el menor porcentaje fue de *hábitat especies acuáticas* con 18,75 %. Este resultado indica que los proyectos mineros que en su mayoría se desarrollan en zonas altoandinas dan importancia a la identificación y conservación de bofedales, así como a la minimización del impacto en la cobertura vegetal. El hábitat de especies acuáticas sensibles es el factor que recién están empezando a considerar en los análisis.

En la Figura 3.5 se aprecia los criterios físicos y biológicos más utilizados según clúster.

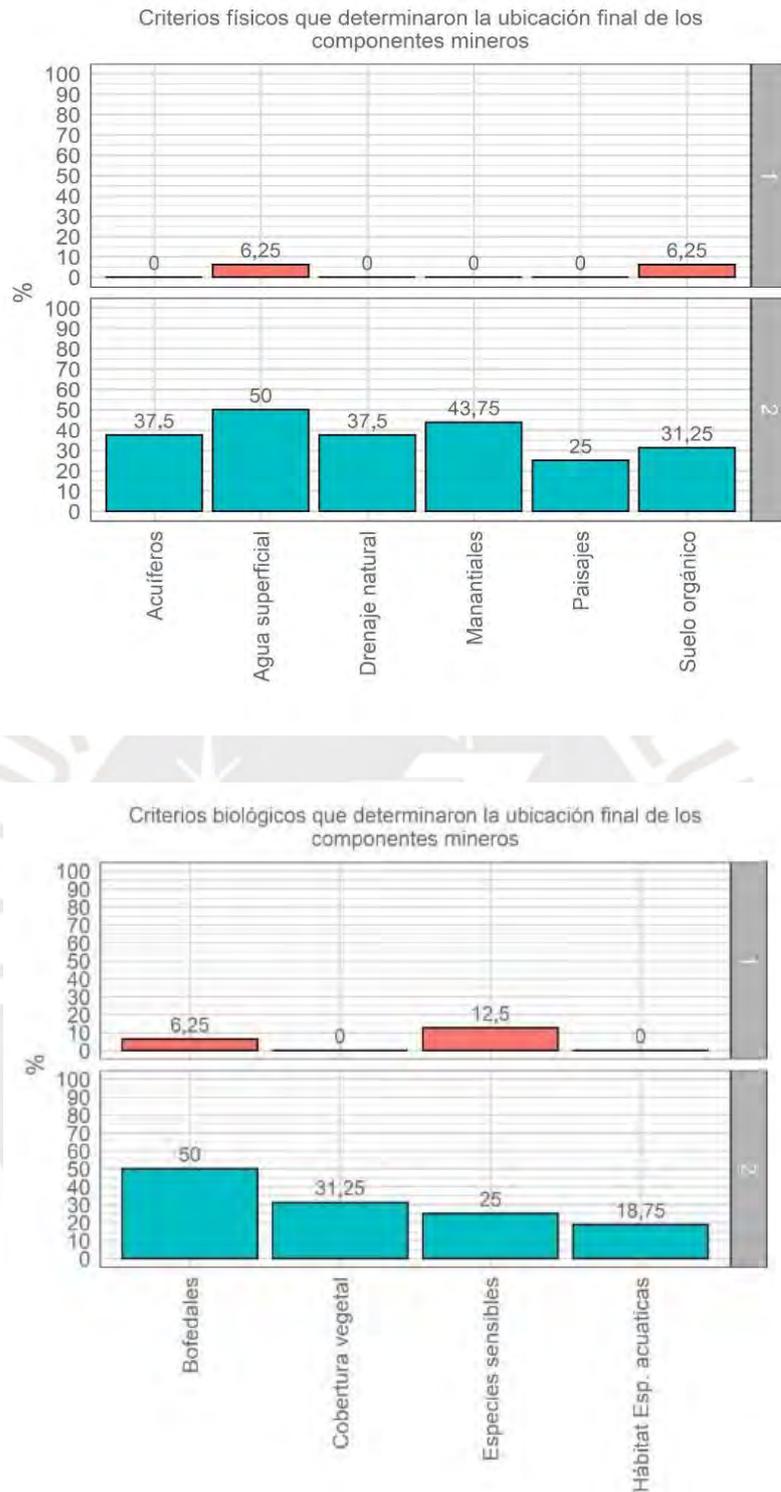


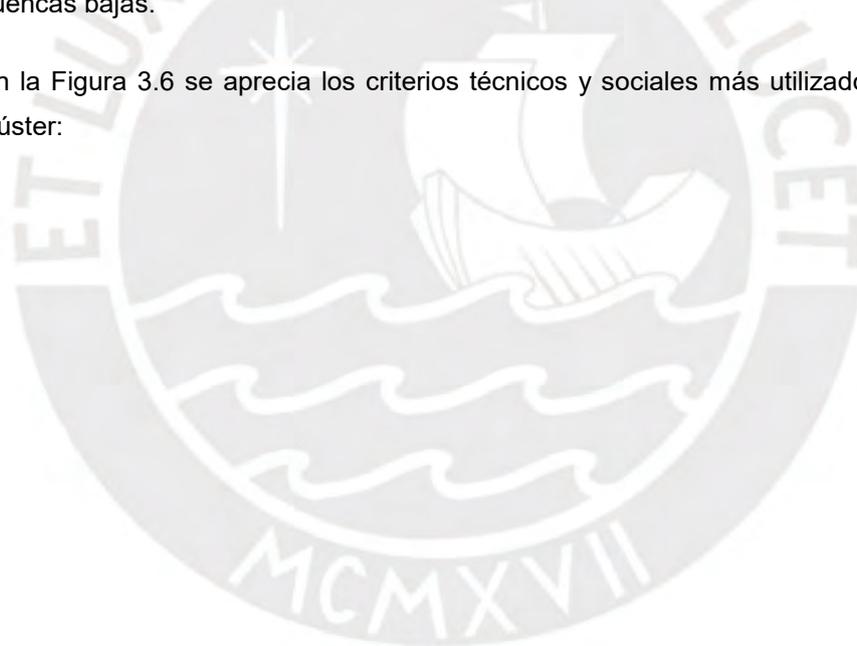
Figura 3.5 Análisis de los criterios físicos y biológicos en el análisis de alternativas

Los criterios técnicos para la ubicación de componentes consultados fueron: accesibilidad, simplicidad en transporte de material y cercanía entre componentes, áreas con mayor estabilidad (estudios geotécnicos), y menor volumen de movimiento de tierras. Para el clúster 2, los criterios técnicos más utilizados fueron

mayor estabilidad de los componentes (estudios geotécnicos) en un 62,5%, seguido de considerar la *simplicidad en el transporte de material o cercanía a otros componentes* en un 50 %. Este resultado indica que la estabilidad del suelo es un punto importante a considerar al momento de elegir el emplazamiento minero.

Los criterios sociales consultados fueron: menor distancia a centros poblados, zonas que generan menores conflictos sociales, y menor impacto en comunidades o centros poblados ubicados aguas abajo de los componentes. Para el clúster 2, dentro de los aspectos sociales relevantes el mayor porcentaje lo tuvo *evitar zonas de conflicto social* en un 50%, seguido del *menor impacto aguas abajo del Proyecto* con un porcentaje de 31,25 %. Este resultado indica que los proyectos mineros buscan en su mayoría evitar las zonas donde pudieran ocasionar conflictos sociales, que podrían conllevar a la paralización del proyecto. Un factor que consideran en segundo lugar es el menor impacto aguas abajo, es decir evitar la contaminación de las aguas que hacen uso de ella en la parte baja de la cuenca, o en el caso de colapso de algun componentes minero evitar afectar a los centros poblados de las cuencas bajas.

En la Figura 3.6 se aprecia los criterios técnicos y sociales más utilizados según clúster:



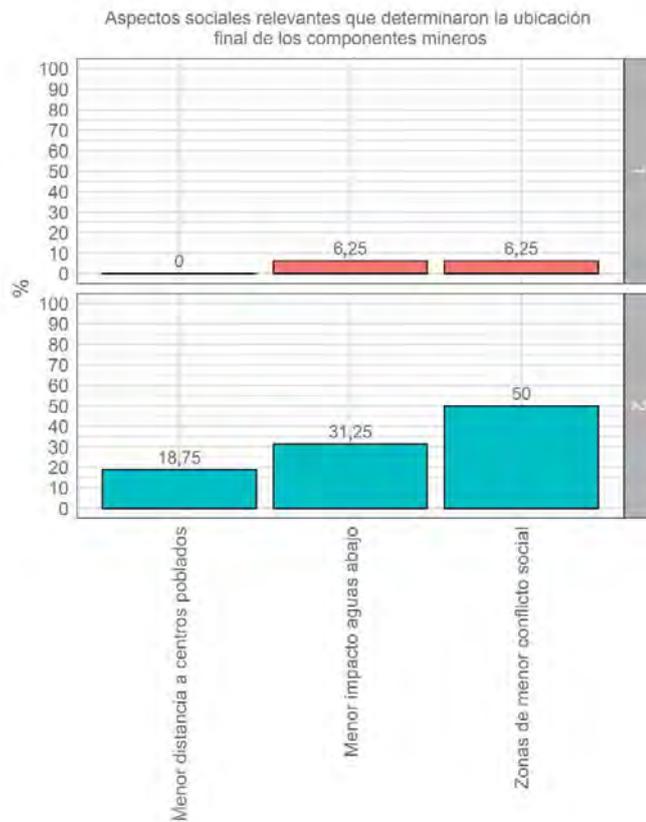
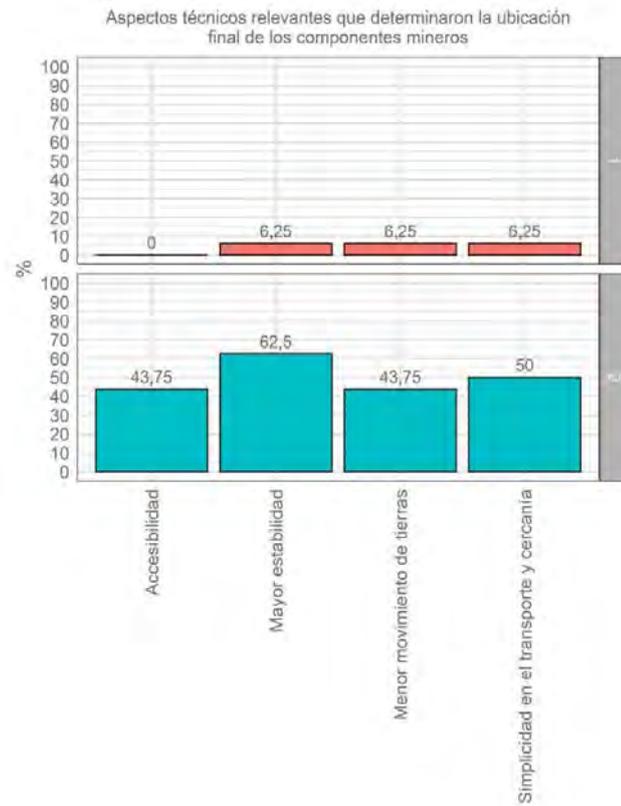


Figura 3.6 Análisis de los criterios técnicos y sociales en el análisis de alternativas

3.5.2 Resultados del uso de la HGA: gestión de riesgos ambientales por clúster

Se analizó el uso de la herramienta “Gestión de Riesgos Ambientales” consultando la realización de talleres de gestión de riesgos y la participación de la gerencia y profesionales. En la Figura 3.7 se aprecia que en el clúster 2, se han realizado mayor cantidad de talleres de identificación de riesgos y ha habido mayor participación multidisciplinaria de profesionales en dichos talleres, por lo que tendrían una mejor gestión de riesgos. Cabe resaltar que el clúster 2 se caracteriza por contar con más HGA preventivas que podrían conllevar a un mejor desempeño.

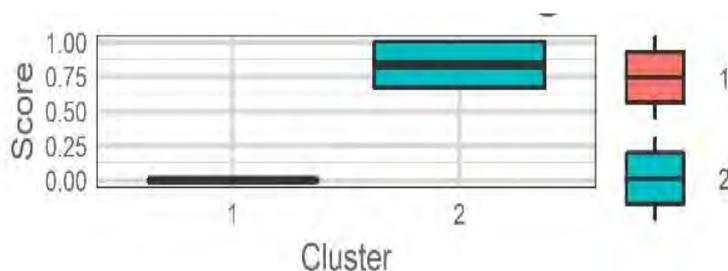


Figura 3.7 Análisis del uso de la HGA: gestión de riesgos ambientales según clúster

En el clúster 2 se realizaron talleres multidisciplinarios de identificación y gestión de riesgos en el planeamiento del proyecto en un 68,75 %, sin embargo, en el clúster 1 no se realizaron este tipo de talleres. En la Figura 3.8 se aprecia si se realizaron talleres de identificación de riesgos según clúster.

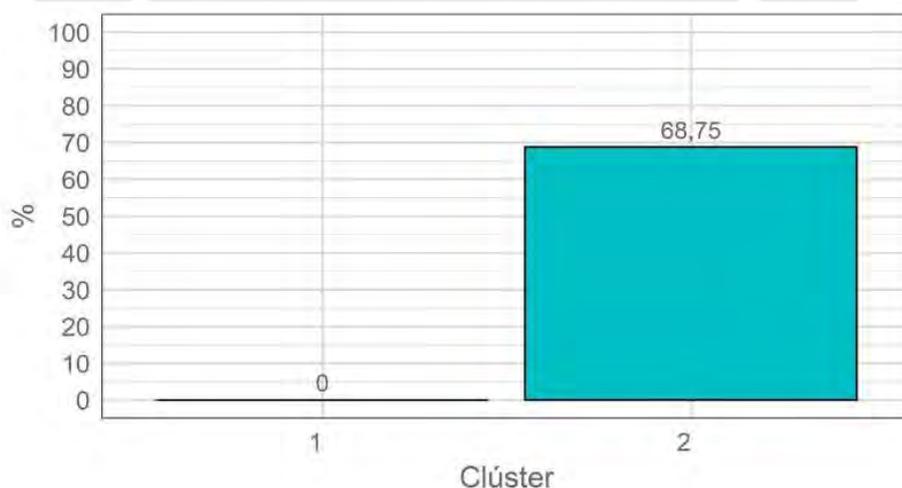


Figura 3.8 Realizó talleres de identificación y gestión de riesgos según clúster

3.5.2.1 Resultados de la participación de la alta gerencia y profesionales en el análisis de riesgos según clúster

Se aprecia que en los talleres de gestión de riesgos realizados en el clúster 2 se tuvo la participación de la alta gerencia con un 56,25 % lo que indica el compromiso de la alta gerencia en la mayoría de los casos, pero no en todos. Los especialistas que más participaron fueron el especialista ambiental y los especialistas técnicos, seguido del especialista social. *El menor porcentaje lo obtuvo el biólogo y el hidrólogo. Los resultados demuestran que se da mayor importancia a la parte técnica y ambiental, y recientemente se están incorporando a los demás especialistas como social, biólogo e hidrólogo en el análisis de riesgos.* En la Figura 3.9 se aprecia la participación de la alta gerencia y profesionales según clúster.



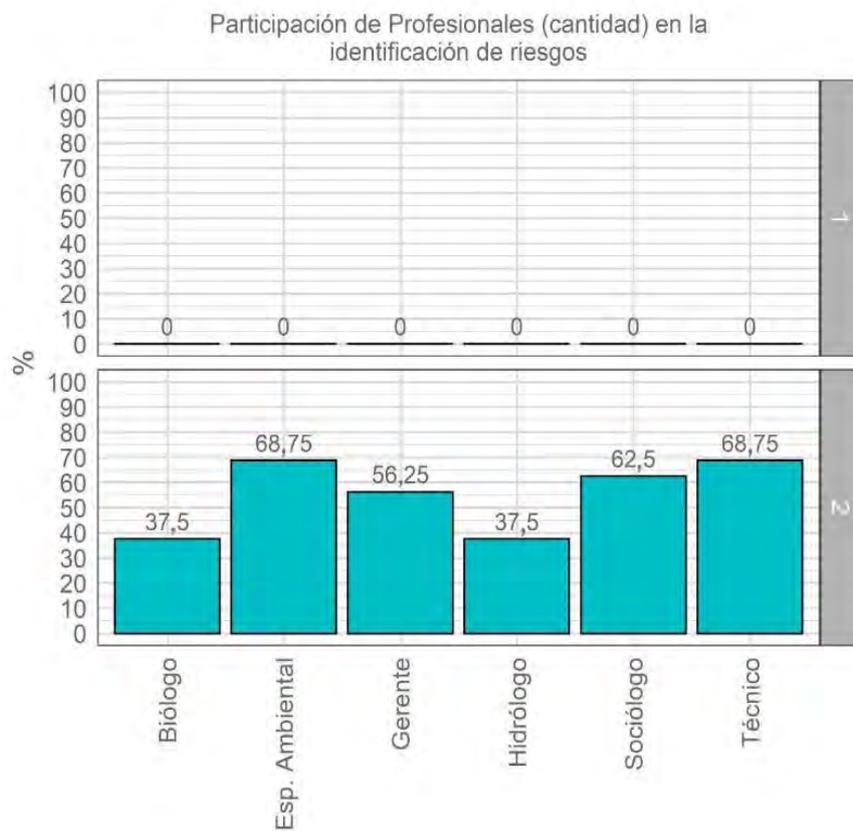
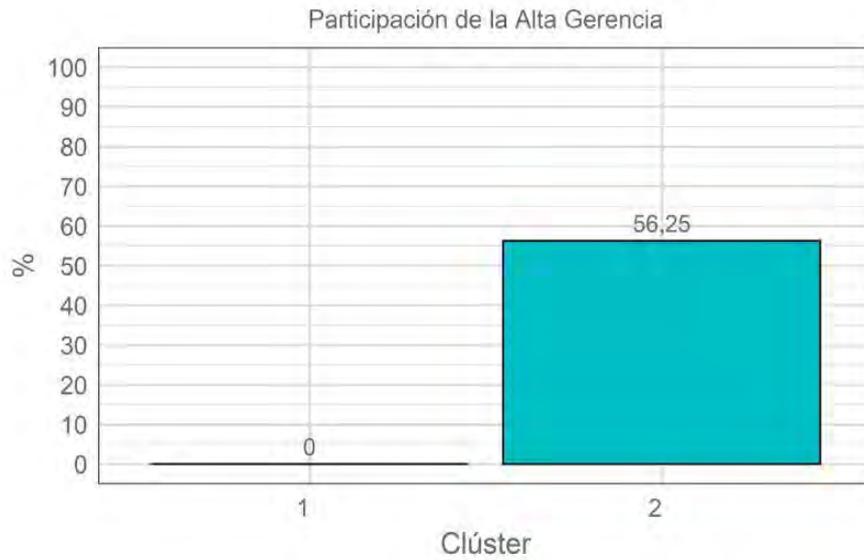


Figura 3.9 Participación de la alta gerencia y profesionales

3.5.3 Resultados del uso de la HGA: Medidas de manejo ambiental incluidas el Estudio de Factibilidad según clúster

Se analizó el uso de la herramienta “Medidas de Manejo Ambiental incluidas en el Estudio de Factibilidad” consultando las Consideraciones Ambientales en el Diseño

de Componentes Mineros, Opciones para el Manejo Ambiental, Estudios y Medidas de Cierre Ambiental incorporados al Estudio de Factibilidad.

En la siguiente figura se aprecia que en el clúster 2, se han tenido en cuenta mayormente las consideraciones ambientales en el diseño, mayores opciones de manejo ambiental, mayores estudios y medidas de cierre en el estudio de factibilidad al obtener mayor puntaje, por lo que tendrían una mejor incorporación de dichas medidas en el estudio de factibilidad. Cabe resaltar que el clúster 2 se caracteriza por contar con más HGA preventivas que podrían conllevar a un mejor desempeño. En la figura 3.10 se aprecia la implementación de las medidas de manejo ambiental por clúster:



Figura 3.10 Medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad según clúster

En el clúster 2 se tomaron en cuenta las medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad en un 68,75 %, sin embargo, en el clúster 1 solo se tomaron en cuenta en un 25%. En la figura 3.11 se aprecia si consideró las medidas ambientales en el estudio de factibilidad por clúster.

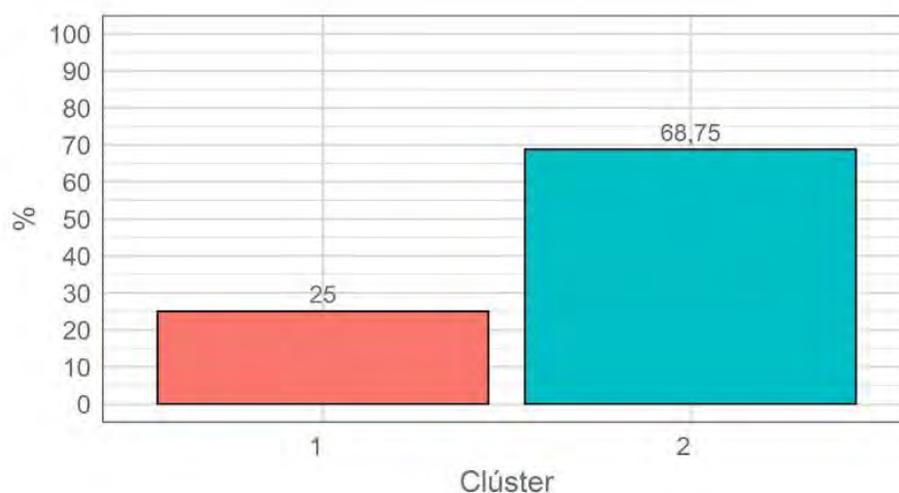


Figura 3.11 Consideró medidas ambientales en la elaboración del estudio de factibilidad según clúster

3.5.3.1 Análisis de las consideraciones ambientales en el diseño de componentes mineros según clúster

Las consideraciones ambientales en el diseño de componentes consultadas fueron: estructura hidráulica para agua de contacto y agua de no contacto, estructuras de control de erosión, control de sedimentos, tecnologías de impermeabilización, menor generación de polvo, pozas de emergencia, reducción de ruido, y tecnologías para tratamiento de agua.

El clúster 2 tuvo en cuenta las medidas de manejo ambiental en la elaboración del estudio de factibilidad en mayor cantidad que el clúster 1. Según los resultados, entre las principales consideraciones ambientales en el diseño de componentes se tiene: estructura hidráulica para manejo de agua de contacto. Con un menor porcentaje se encuentran estructuras de agua de no contacto, impermeabilización, poza de emergencia, y tratamiento de agua. *Esto indica que se da más importancia al manejo del agua de contacto en el diseño de los componentes mineros.* En la figura 3.12 se aprecia las consideraciones ambientales en el diseño según clúster.

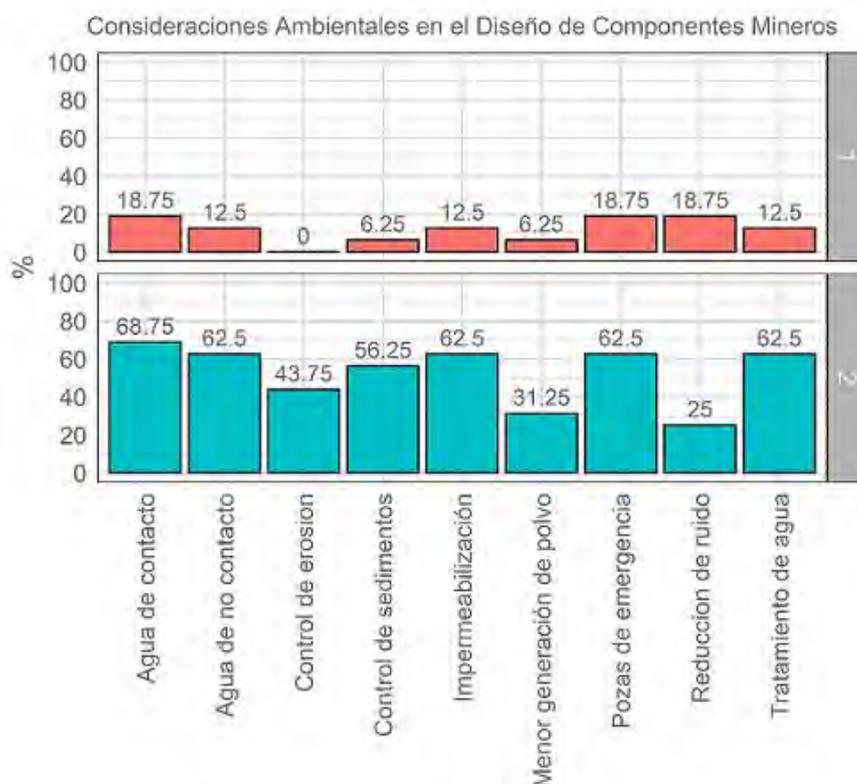


Figura 3.12 Análisis de las consideraciones ambientales en el diseño de componentes según clúster

3.5.3.2 Resultados de las opciones para el manejo ambiental en el estudio de factibilidad según clúster

Las opciones operativas de manejo ambiental incluidas en el estudio de factibilidad consultadas fueron: Cero vertimientos, depósitos de suelo orgánico, optimización de agua, recirculación de agua, reuso de agua. Según los resultados se tiene la *recirculación del agua* con el mayor porcentaje, seguido del *reuso y la optimización*.

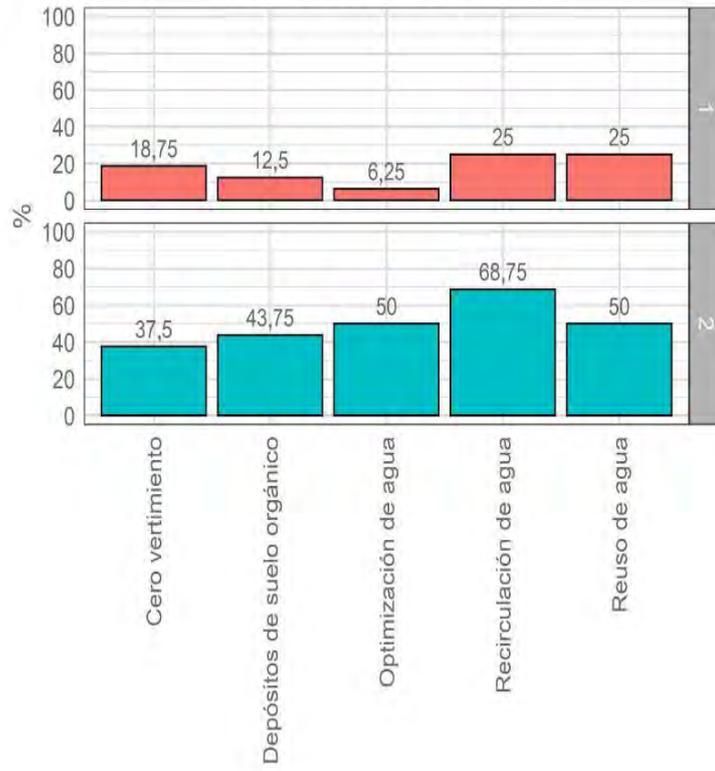
Las opciones de insumos consultados en el Estudio de Factibilidad fueron: insumos orgánicos, productos biodegradables, productos reutilizables. De acuerdo a los resultados, los insumos que más se tomaron en cuenta fueron principalmente *reutilizables* y en menor medida los biodegradables u orgánicos.

Las opciones para gestión de residuos, efluentes y emisiones consultados fueron: Almacén central de residuos sólidos, disposición final de residuos, encapsulamiento de equipos, filtros de contaminantes gaseosos, sistemas para el control de polvo, tratamiento de agua de mina, tratamiento de efluentes domésticos y uso de amortiguadores de ruido.

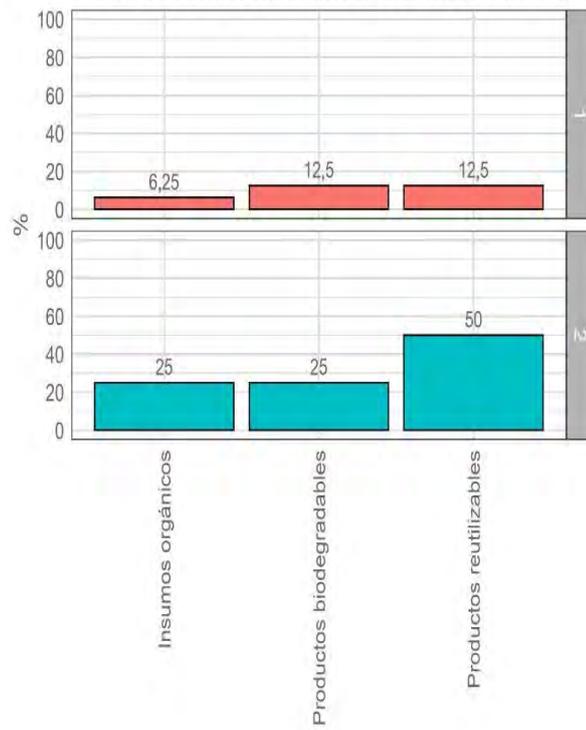
De acuerdo a los resultados, entre las opciones se tiene con mayor porcentaje al *tratamiento de agua de mina, tratamiento de efluentes domésticos y sistemas de control de polvo*. El menor porcentaje lo obtuvo las *medidas para ruido como encapsulamiento de equipos y uso de amortiguadores de ruido*.

En la Figura 3.13 se aprecia las opciones operativas consideradas en el estudio de factibilidad según clúster.

Opciones operativas para el manejo ambiental que se incluyeron en su Estudio de Factibilidad



Opciones para insumos considerados en su Estudio de Factibilidad



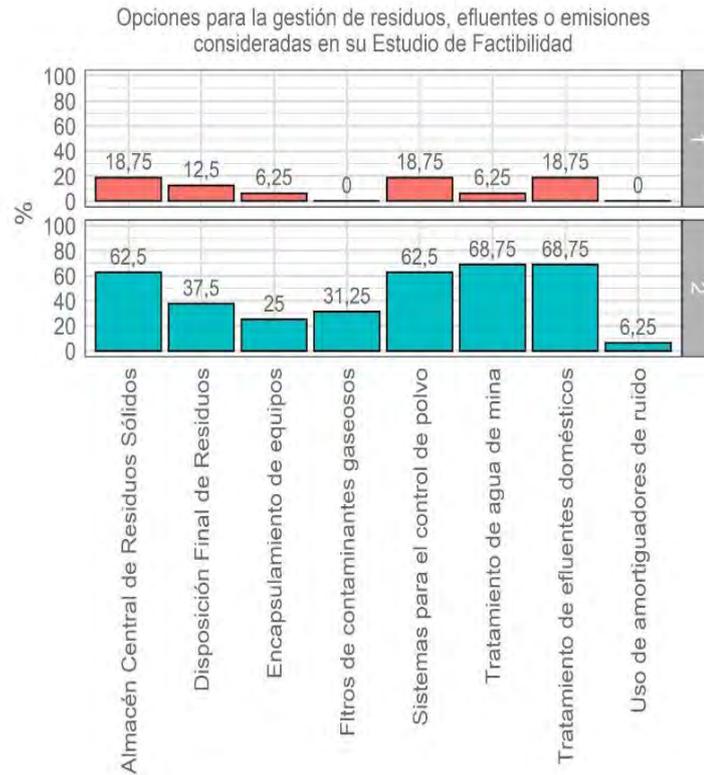


Figura 3.13 Resultados de las opciones operativas de manejo, insumos, gestión de residuos en el estudio de factibilidad según clúster

3.5.3.3 Estudios que fueron considerados en su estudio de factibilidad según clúster

Los estudios considerados en el estudio de factibilidad fueron: análisis de estabilidad de taludes, balance hídrico, drenaje ácido de rocas (DAR), e investigación hidrogeológica. Los estudios que obtuvieron mayor porcentaje fueron el análisis de estabilidad de taludes, balance hídrico y DAR. La investigación hidrogeológica quedó en último lugar. Esto indica que se requiere fortalecer los estudios hidrogeológicos en los proyectos mineros.

Los costos ambientales consultados fueron: costos de cierre de mina, costos de EIA, costos de estudios de PCM, costos de manejo ambiental, costos de monitoreo ambiental y reserva para emergencia. Según los resultados, los costos del EIA y costos de manejo ambiental obtuvieron mayor porcentaje, seguido de los costos de monitoreo ambiental. Los costos de cierre de mina y reserva de emergencia tuvieron menor porcentaje. Este resultado indica que los costos de cierre de mina y de emergencia se están considerando recientemente en los costos ambientales, sin embargo los costos de EIA y manejo ambiental se consideran debido a la exigencia legal y permisos que deben obtener las minas.

En la Figura 3.14 se aprecia los estudios considerados y costos en el estudio de factibilidad por clúster.

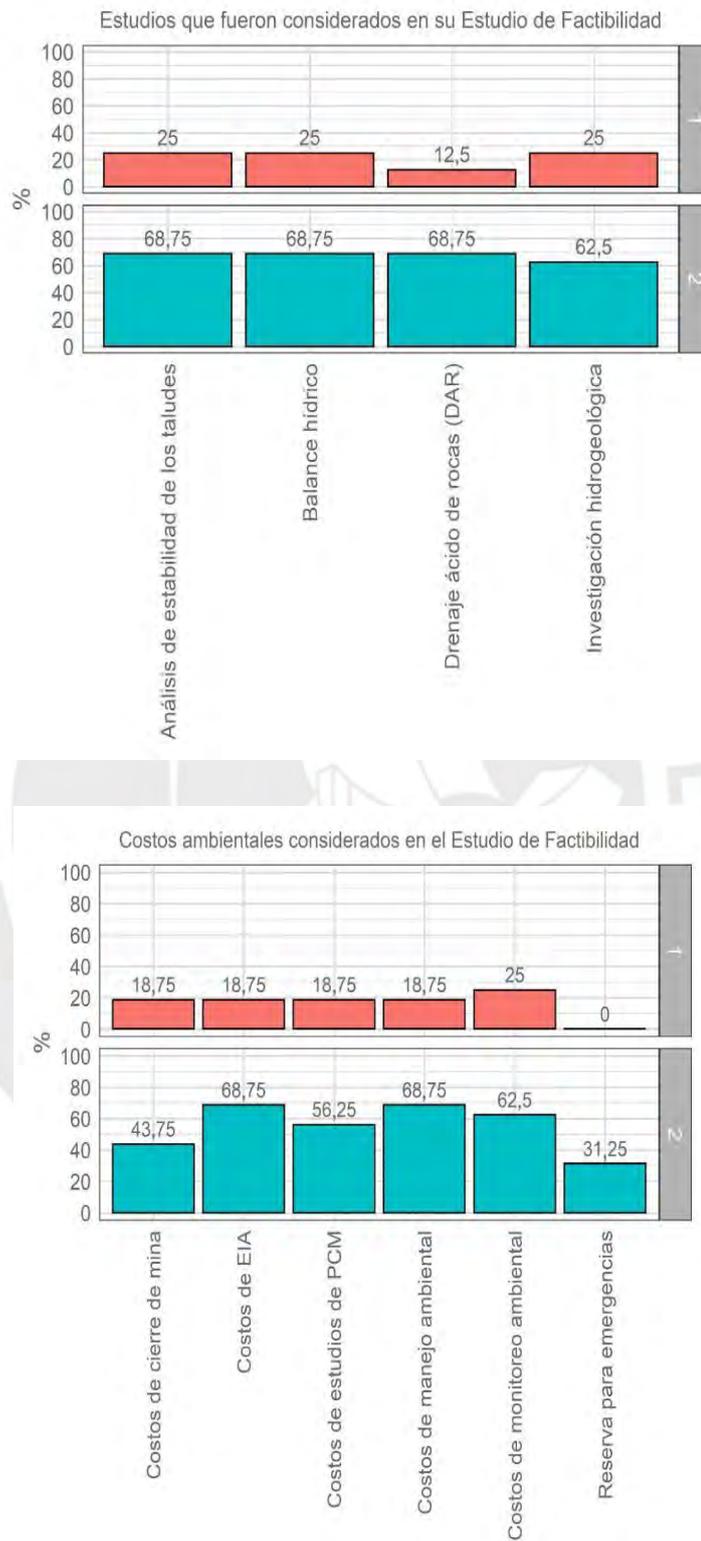


Figura 3.14 Estudios y costos ambientales considerados en el estudio de factibilidad según clúster

3.5.3.4 Medidas de cierre ambiental en el estudio de factibilidad según clúster

De acuerdo a la siguiente figura, el clúster 2 consideró medidas de cierre ambiental en el diseño de los principales componentes mineros, en un 68,75%. El resultado indica que existe una tendencia creciente a incorporar medidas de cierre desde una etapa temprana como es el estudio de factibilidad. En la figura 3.15 se aprecia si las medidas de cierre ambiental fueron consideradas en el estudio de factibilidad según clúster:

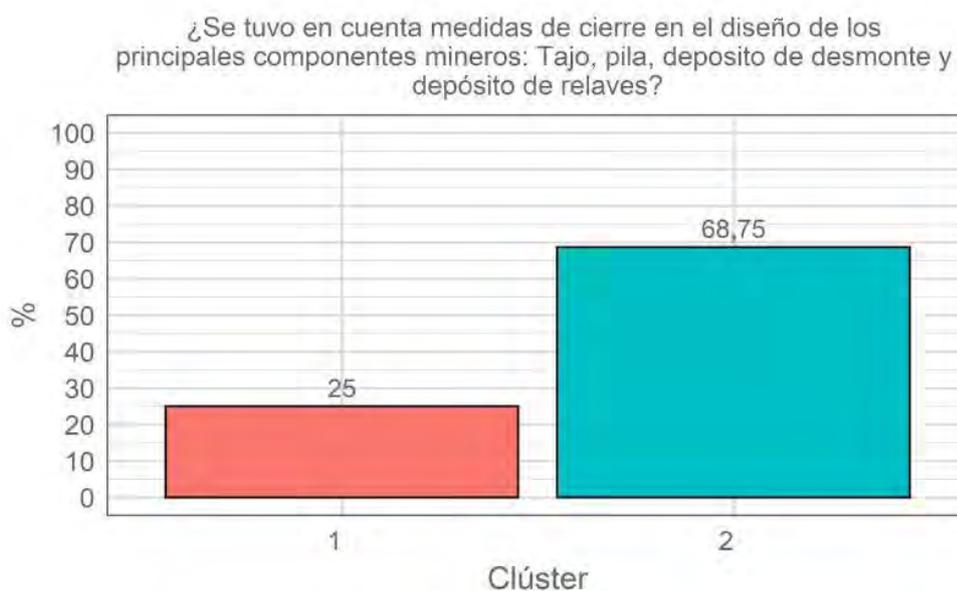


Figura 3.15 Medidas de cierre incluidas en el estudio de factibilidad según clúster

3.5.4 Nivel de esfuerzo / calidad de información en el estudio de impacto ambiental según clúster

Se analizó el uso de la herramienta “Nivel de Esfuerzo en el Estudio de Impacto Ambiental”, según si se analizaron datos primarios o secundarios en la línea base ambiental, si se realizó la caracterización y remediación de pasivos ambientales en el área de estudio, y los modelamientos realizados para el análisis de impactos.

En la Figura 3.16 se aprecia que en el clúster 2, ha considerado la caracterización y remediación de pasivos ambientales, el análisis de datos primarios en la línea base ambiental y el desarrollo de modelamientos en mayor cantidad que el clúster 1, al obtener mayor puntaje, por lo que tendrían una mejor incorporación de dichas medidas en el estudio de factibilidad.

Cabe resaltar que el clúster 2 se caracteriza por contar con más HGA preventivas que podrían conllevar a un mejor desempeño.

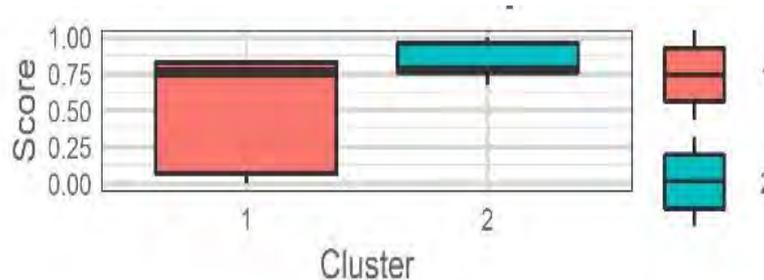
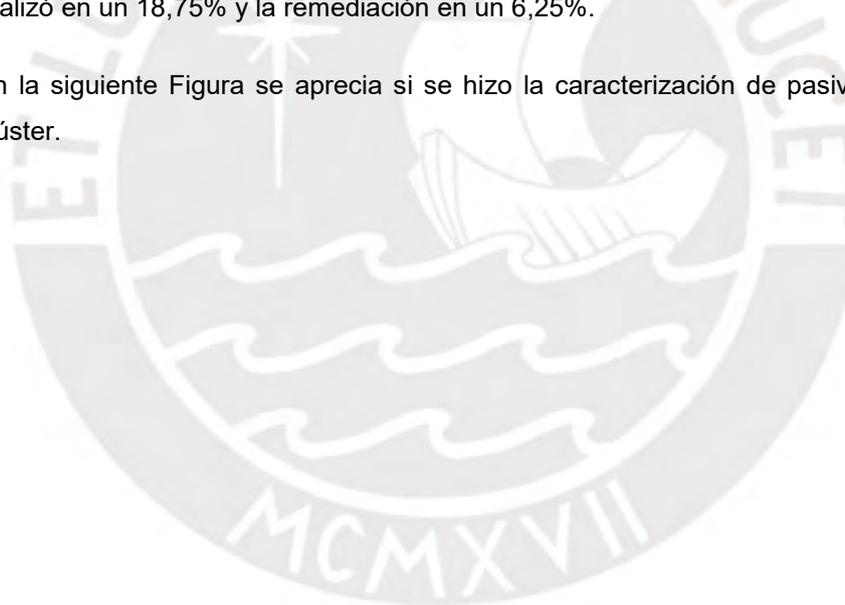


Figura 3.16 Nivel de esfuerzo del estudio de impacto según clúster

3.5.4.1 Caracterización de pasivos ambientales en el EIA según clúster

De acuerdo a los resultados, en el clúster 2 se identificaron y caracterizaron los pasivos ambientales en mayor medida que en el clúster 1. En el clúster 2 se realizó la caracterización de pasivos ambientales encontrados en el área del proyecto en 37,5% y realizó la remediación antes de iniciar las operaciones de los mismos en un 18,75%, lo cual brinda una buena imagen al proyecto minero desde el punto de vista ambiental y social. Sin embargo, en el clúster 1, la caracterización solo se realizó en un 18,75% y la remediación en un 6,25%.

En la siguiente Figura se aprecia si se hizo la caracterización de pasivos según clúster.



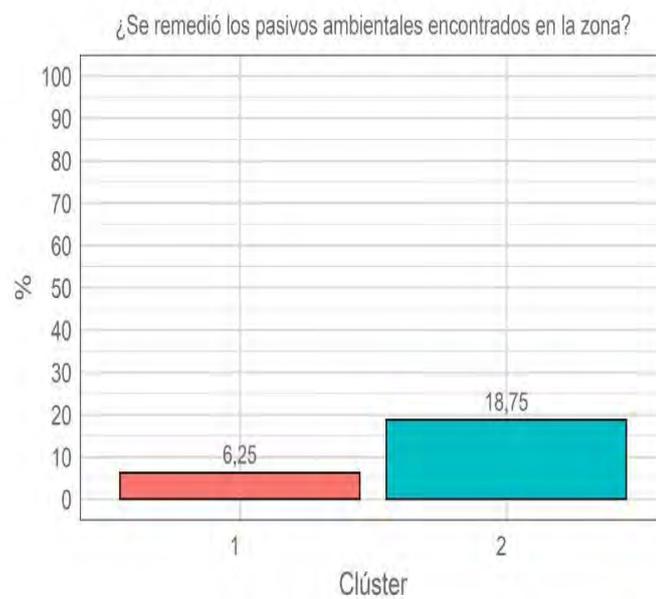


Figura 3.17 Caracterización de pasivos en el EIA según clúster

3.5.4.2 Calidad de información de la línea de base ambiental en el EIA según clúster

Se analizó el uso de datos primarios y secundarios en la elaboración de la línea base en cuanto a estudios de acuíferos, áreas de drenaje, bofedales, calidad de agua, calidad de aire, clima y meteorología, cobertura vegetal, hábitat de especies acuáticas, hábitat de fauna sensible, manantiales, paisaje, quebradas, ruido, tipos de suelo.

Los resultados demuestran que en el clúster 2 se usaron datos secundarios y primarios en igual medida para los distintos estudios de línea base ambiental. En la siguiente Figura se aprecia si se consideró la calidad de información de la línea base ambiental según clúster.



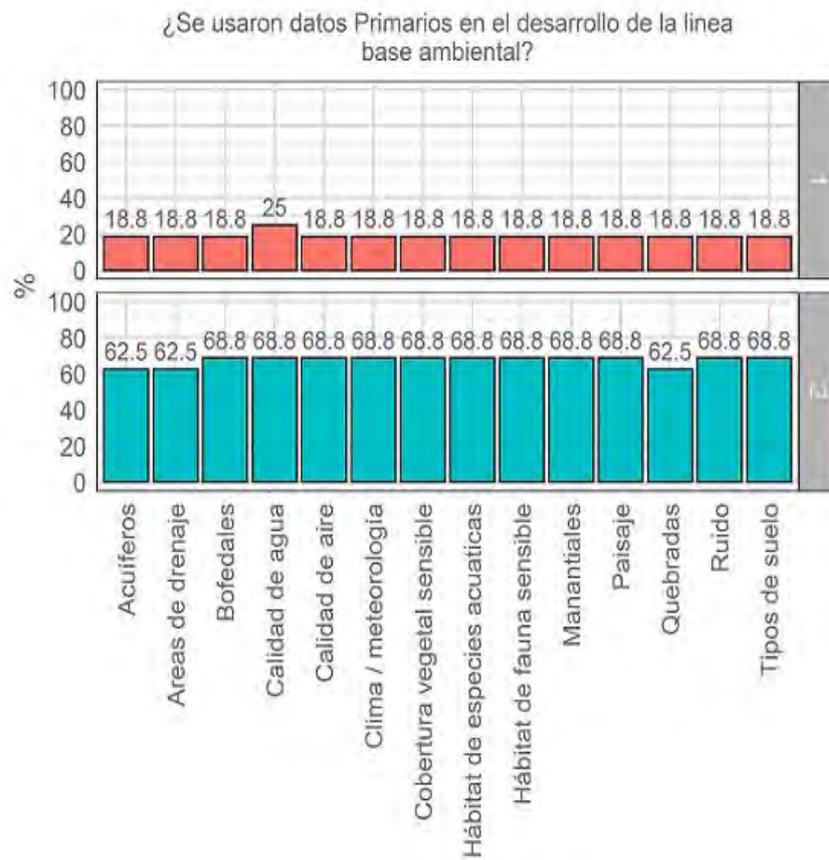
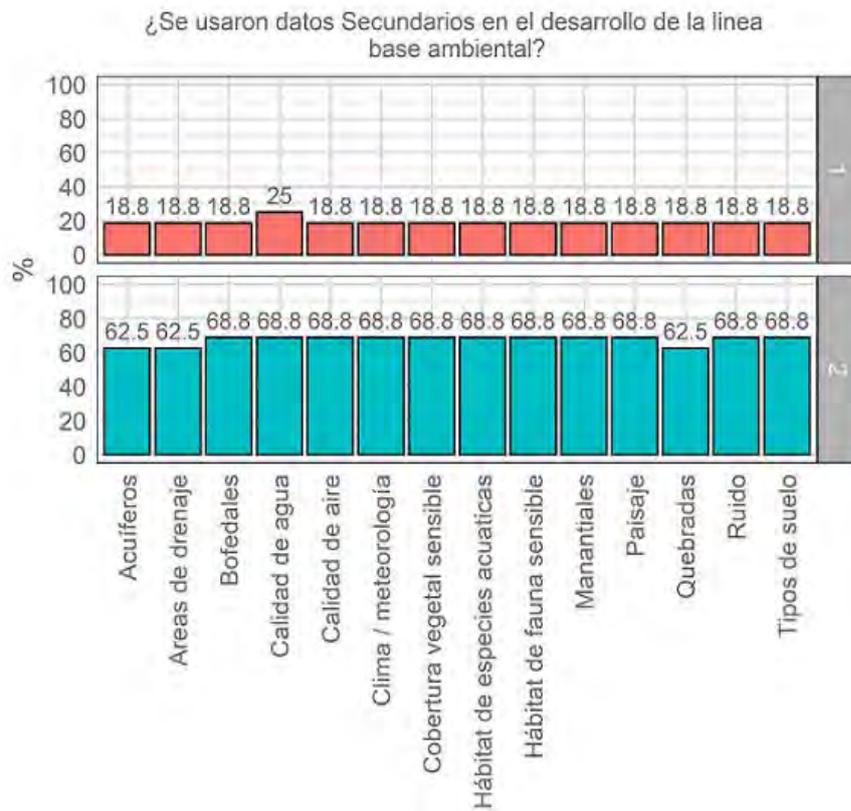


Figura 3.18 Calidad de Información de la línea de base ambiental en el EIA según clúster

3.5.4.3 Porcentaje de minas que realizaron modelamiento en el EIA según clúster

Se analizó el porcentaje de minas que realizaron modelamiento de calidad de agua, aire, paisaje, ruido, ecológico, hidrogeológico para el análisis de impactos en el Estudio de Impacto Ambiental.

Los resultados demuestran que el clúster 2 realizó el modelamiento de emisiones de contaminantes desde la etapa de planeamiento en un 68,75%, y el clúster 1 en un 18,75%. Respecto a los modelamientos que más se hicieron en el clúster 2 fueron el modelamiento de aire, seguido del modelamiento de agua, en tercer lugar el modelamiento hidrogeológico y en cuarto lugar modelamiento de ruido. El modelamiento menos realizado fue el paisaje. En la siguiente figura se aprecia los modelamientos realizados según clúster.



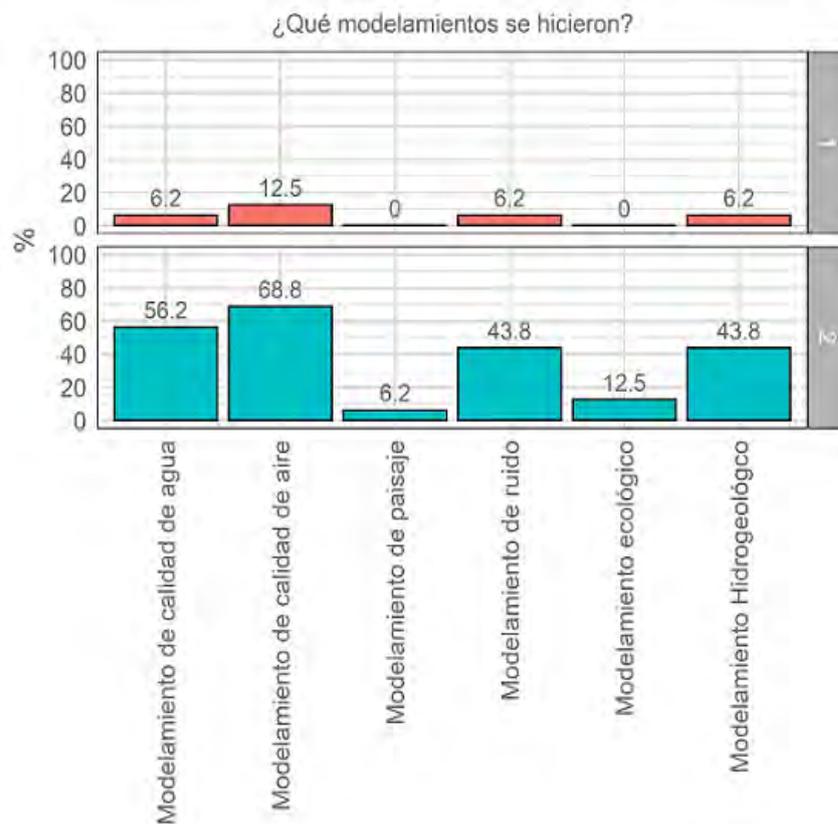
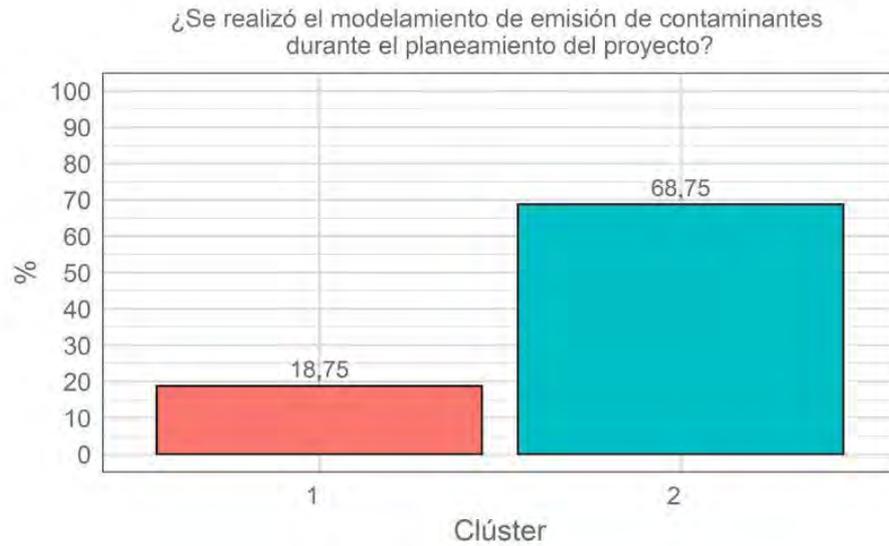


Figura 3.19 Modelamientos en el EIA según clúster

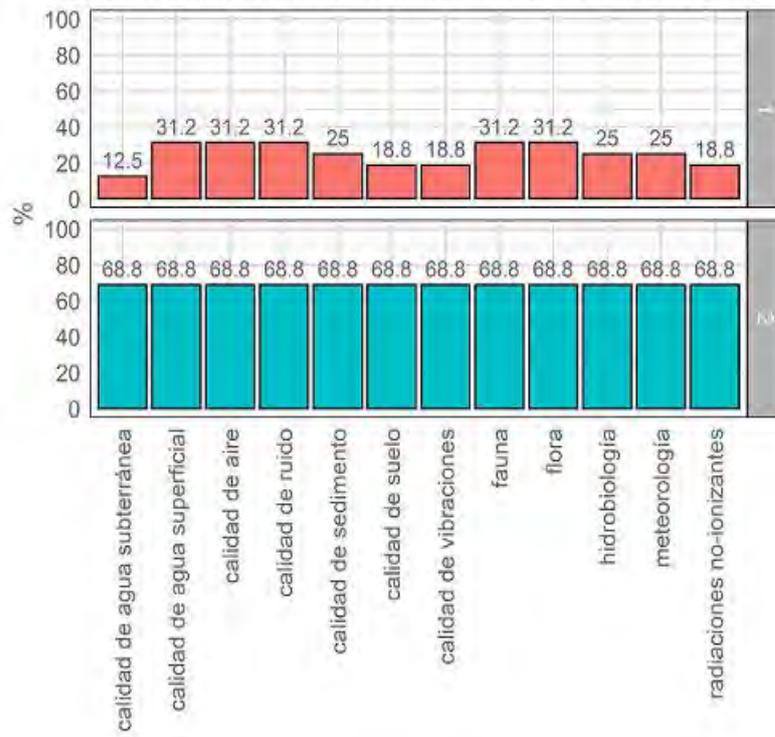
3.5.4.4 Porcentaje de minas que hicieron la planificación del monitoreo ambiental desde la etapa de planeamiento según clúster

Se analizó en qué etapa se hizo la planificación del monitoreo ambiental: exploración, durante el estudio de factibilidad o construcción. Se consultó sobre el monitoreo de calidad de agua subterránea, agua superficial, aire, ruido, sedimento, suelo, vibraciones, fauna, flora, hidrobiología, meteorología y radiaciones no ionizantes.

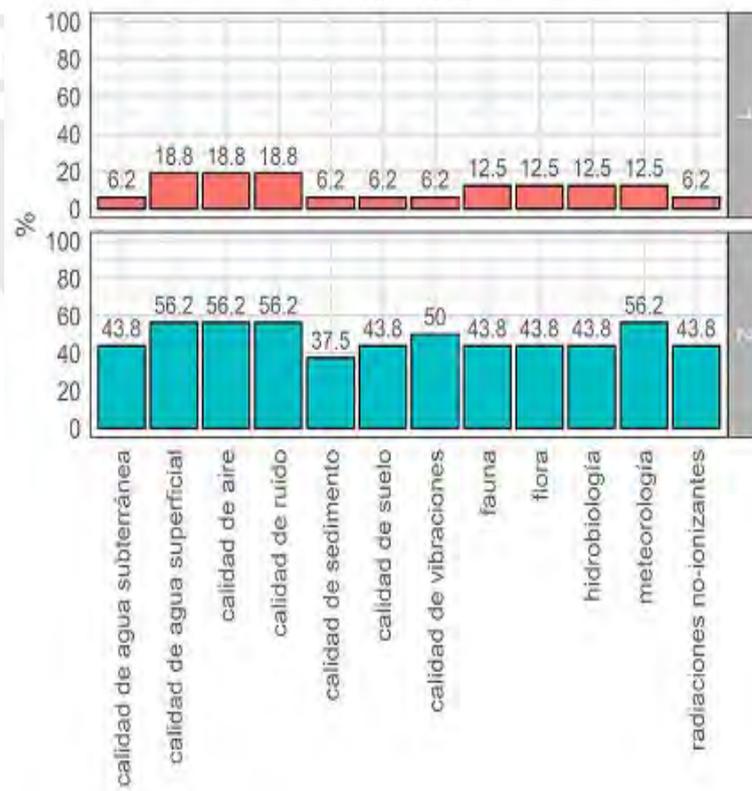
De acuerdo a los resultados, se aprecia que los monitoreos se realizaron principalmente durante la exploración y la factibilidad, indicando que se realizaron en etapas tempranas del Proyecto, lo cual conlleva a una mayor prevención de los impactos. En la siguiente Figura se aprecia si se hizo planificación del monitoreo según clúster.



¿Se realizó la planificación del monitoreo ambiental durante la exploración?



¿Se realizó la planificación del monitoreo ambiental durante la construcción?



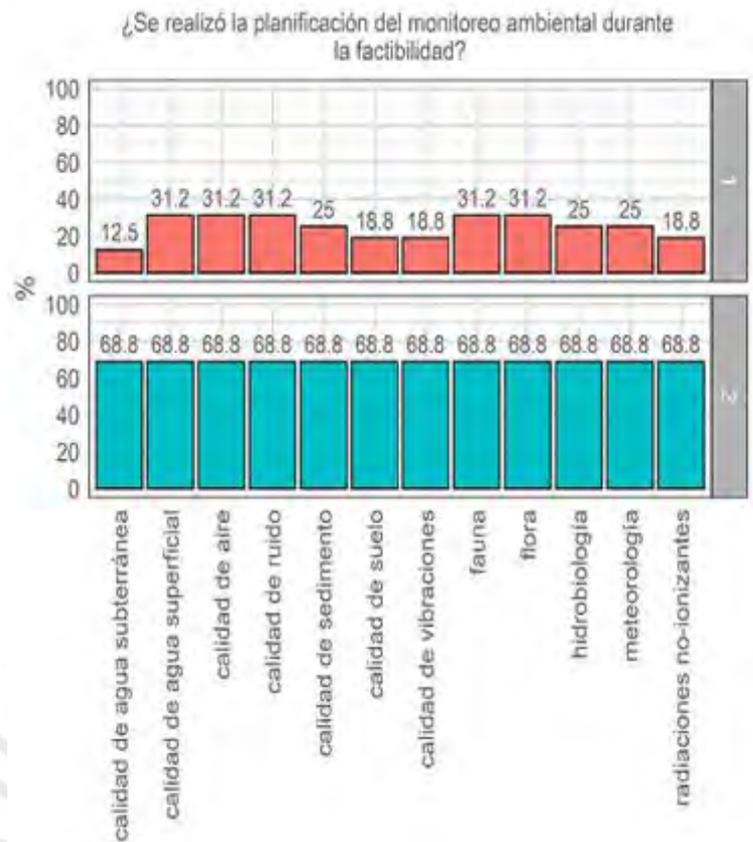


Figura 3.20 Planificación del monitoreo en el planeamiento del proyecto según clúster

3.6 Desempeño ambiental durante la etapa de operación

Se realizó un cálculo de puntajes para los indicadores de desempeño ambiental, usando una normalización de la suma de resultados (Ver Anexo 5 Análisis Descriptivo General).

Durante la operación, de acuerdo al resultado de la siguiente Figura, los indicadores de gestión ambiental (cantidad de sanciones y cantidad de emergencias ambientales) tienen un menor puntaje sobre los indicadores de condición ambiental (calidad de los componentes ambientales). Esto indica que las empresas mineras encuestadas manejan mayores indicadores de condición ambiental que indicadores de gestión ambiental, esto debido a que realizan una mayor cantidad de monitoreos ambientales que les permiten contar con datos del entorno.

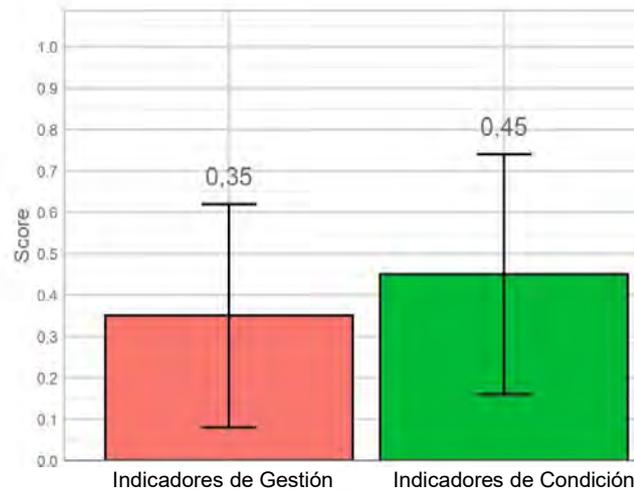


Figura 3.21 Puntaje de desempeño ambiental durante la operación

3.6.1 Indicadores de Gestión Ambiental según clúster

Se analizaron los indicadores de gestión ambiental según clúster analizando la cantidad de incidentes o emergencias ambientales graves suscitadas y las sanciones por incumplimiento de LMP. Se realizó un cálculo de puntajes, usando una normalización de la suma de resultados.

De acuerdo al resultado de la siguiente Figura, *el clúster 2, que tiene una mayor cantidad de HGA implementadas, se ha beneficiado en los resultados de desempeño ambiental, al tener menor cantidad de sanciones e incidentes ambientales graves.*

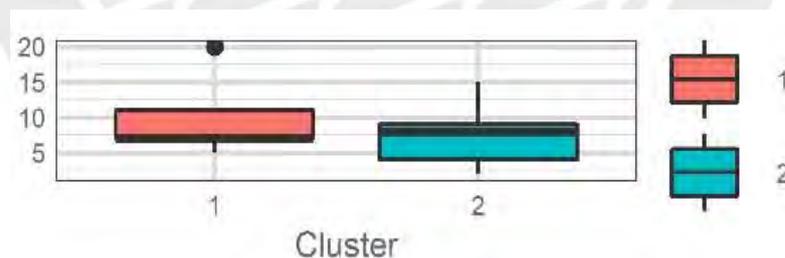


Figura 3.22 Indicador de desempeño ambiental según clúster (cantidad de emergencias ambientales graves y cantidad de sanciones por incumplimiento de LMP)

3.6.2 Indicadores de Condición Ambiental

Se analizaron los indicadores de condición ambiental según clúster analizando los componentes ambientales en buena condición y componentes que cuentan con una base de datos continua.

De acuerdo al resultado de la siguiente Figura, *el clúster 2, que tiene una mayor cantidad de HGA implementadas, se ha beneficiado en los resultados de desempeño ambiental, al tener una mayor cantidad de componentes ambientales en buena condición y con una base de datos continua.*



Figura 3.23 Cantidad de componentes ambientales en buena condición y con una base de datos continua según clúster



4 Capítulo IV Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- De la muestra analizada, el 68,75 % de proyectos mineros se caracteriza por tener en promedio un mayor uso/implementación de HGA, los cuales representan el clúster 2.
- La presente investigación demuestra que el clúster 2, que implementó mayor cantidad de herramientas de gestión ambiental (HGA) durante el planeamiento de proyectos mineros, tuvo un mejor resultado en los indicadores de desempeño (IDA), es decir una menor cantidad de sanciones por incumplimientos, una menor cantidad de incidentes ambientales graves, y por otro lado contaba con más componentes ambientales en buena condición y con una base de datos continua que le permita tomar mejores decisiones para el manejo ambiental. Por lo tanto, existe una relación/influencia de las HGA sobre los IDA seleccionados, lo que demuestra que la implementación temprana de las HGA permite prevenir los impactos ambientales de una operación minera, teniendo de esta manera mejores resultados en los IDA.
- De las cuatro HGA analizadas, el *nivel de esfuerzo/calidad de información del estudio de impacto ambiental* es la **herramienta más utilizada**, esto se debe a las exigencias legales respecto a la licencia o permiso ambiental, los términos de referencia de los instrumentos de gestión ambiental, y las revisiones de las diferentes entidades para poder tener la certificación ambiental para iniciar operaciones.
- La herramienta *análisis de alternativas para la ubicación de los componentes mineros* es la **menos utilizada**. Sin embargo, esta herramienta es la que más puede prevenir y evitar impactos ambientales y sociales desde la selección del sitio de emplazamiento de componentes mineros. Esto indica que, aunque existan muchas exigencias por parte de las autoridades peruanas, aún los proyectos mineros deben trabajar en utilizar herramientas preventivas en etapas tempranas de planificación.
- Al analizar los proyectos mineros por tiempo de operación, se observa que existe una tendencia al mayor uso de HGA en las operaciones mineras recientes (menor a 10 años de operación) o minas ya establecidas (10 a 30 años de operación). Esto se debe a diversos factores como una mayor exigencia legal ambiental en años recientes, y a una tendencia creciente hacia la mejora continua en cuanto a imagen reputacional, incorporación de

los criterios sociales, ambientales y de gobernanza en la gestión, las relaciones comunitarias, entre otros.

- Cabe resaltar que los proyectos mineros del clúster 2¹⁰ poseen un menor tiempo de operación (menor a 10 años). Esto corrobora que las operaciones mineras más recientes son las que mayor implementan las HGA en comparación con las minas antiguas.
- Al analizar si los proyectos mineros incorporaron aspectos ambientales (factores físicos y biológicos), técnicos y sociales en el análisis de alternativas para la ubicación de los componentes mineros, se obtuvo las siguientes tendencias:
 - Evitar la afectación al agua es prioridad al momento de hacer la selección del sitio.
 - Procuran prevenir el impacto a bofedales al momento de ubicar un componente, los cuales se encuentran comúnmente en las áreas altoandinas, siendo un ecosistema sensible que brinda servicios ecosistémicos a las comunidades del área de influencia. La cobertura vegetal o flora, es otro factor que es considerado.
 - Se considera una zona con suelos adecuados, estables y con taludes que permitan almacenar relaves, material estéril entre otros.
 - Se da prioridad a prevenir futuros problemas con la población del área de influencia.
 - Los aspectos de mejora en la implementación del análisis de alternativas son:
 - El paisaje es el factor físico menos considerado, pues se considera en la etapa de cierre o restauración de la mina.
 - Las especies sensibles y el hábitat de especies acuáticas sensibles son los factores biológicos a los que se debe dar mayor importancia.
 - La ubicación de componentes debe considerar la distancia a centros poblados y enfocarse en el menor impacto aguas abajo, como contaminación de las aguas o colapso de estructuras mineras (ej. depósitos de relaves).
- Al analizar sobre la gestión de riesgos, se obtuvo las siguientes tendencias:
 - Existe una tendencia creciente al compromiso de la alta gerencia.

¹⁰ El clúster 2 representan el 68.75 % de proyectos mineros, y se caracteriza por tener en promedio un mayor uso/implementación de HGA

- Se da mayor importancia a la parte técnica y ambiental en el análisis de riesgos, y recientemente se están incorporando otros especialistas como biólogo e hidrólogo en el análisis. Lo que evidencia una tendencia a tener una visión integral del entorno en cuanto a la gestión de riesgos.
- Los aspectos de mejora en la gestión de riesgos son:
 - Hay un porcentaje considerable de minas que no realizó talleres multidisciplinarios de identificación y gestión de riesgos en el planeamiento.
 - Se debería promover más la participación de otros especialistas (social, biólogo, etc) en el análisis de riesgos.
 - El porcentaje de participación de la gerencia en los talleres de gestión de riesgos aún tiene un porcentaje bajo.
- En cuanto a las “medidas de manejo ambiental en el estudio de factibilidad”, se obtuvo las siguientes tendencias:
 - Se toman en cuenta las medidas de manejo del agua en el diseño de los componentes mineros.
 - Existe una tendencia creciente a incorporar medidas de cierre desde una etapa temprana como es el estudio de factibilidad.
 - Los costos de manejo ambiental son considerados desde la factibilidad en el presupuesto.
 - Los estudios considerados en el estudio de factibilidad que obtuvieron mayor porcentaje fueron el análisis de estabilidad de taludes, balance hídrico y DAR.
 - Los aspectos de mejora en las medidas de manejo ambiental en los estudios de factibilidad son:
 - Mejorar los porcentajes de incorporación de medidas de cierre y manejo ambiental en el estudio de factibilidad.
 - La investigación hidrogeológica quedó en último lugar, por lo que se requiere fortalecer los estudios hidrogeológicos.
 - La falta de inclusión de los costos de cierre de mina y reserva de emergencia en el estudio de factibilidad.
- En cuanto al “nivel de esfuerzo/calidad de información en el estudio de impacto ambiental”, se tienen las siguientes tendencias:

- Se tiende a valorar la calidad de información existente en el estudio, para manejar data que permita una mejor gestión de los impactos. Los resultados demuestran que en el clúster 2 se usaron datos secundarios y primarios en igual medida para los distintos estudios de línea base ambiental.
- El inicio de los monitoreos ambientales de línea base se realizaron principalmente durante la exploración y la factibilidad, indicando que se realizaron en etapas tempranas del proyecto, lo cual conlleva a tener una mayor cantidad de data histórica, que permita una mejor gestión de los impactos.
- Los aspectos de mejora en las medidas de manejo ambiental en los estudios de factibilidad son:
 - El porcentaje de caracterización de pasivos ambientales encontrados en el área del proyecto y la remediación es bajo. Sin embargo, esta es una de las medidas que puede prevenir que exista un impacto acumulativo considerando las operaciones actuales, además de brindar una buena imagen desde el punto de vista ambiental y social.
- Si bien se aprecia avances y tendencias a mejora en la implementación de las HGA durante el planeamiento, aún existen aspectos de mejora a considerar para lograr un buen nivel de implementación.
- Si las HGA son implementadas en una etapa temprana del proyecto minero, podrían ayudar a prevenir/evitar/reducir impactos ambientales. Esto evita que se implementen medidas correctivas para remediar/controlar los efectos de los impactos durante la operación, lo cual implica la no generación de sobrecostos en esta etapa. Los costos de remediar y descontaminar siempre son más costosos que los costos de las medidas preventivas.

4.2 Recomendaciones

- Esta investigación muestra las HGA que los proyectos mineros pueden replicar desde el planeamiento para lograr un mejor desempeño ambiental. Además, muestra los criterios que deben ser considerados en las HGA, y lograr tener un buen nivel de implementación. Pueden existir otros factores que pueden desencadenar un mal resultado en los IDA, como factores culturales y políticos en el caso de conflictos sociales, impactos acumulativos por la presencia de otras mineras o industrias en la zona, mineralización de la zona que hace que ciertos componentes ambientales

tengan una contaminación natural, entre otros, los cuales no han sido analizados.

- Si bien se usaron algunos indicadores de gestión ambiental (la cantidad de incidentes o emergencias y las sanciones por incumplimiento de LMP), y los *indicadores de condición ambiental* (componentes ambientales en buena condición y componentes ambientales con una base de datos continua), la gestión y desempeño ambiental debe tener un enfoque preventivo y de mejora continua, es decir no solo abarcar indicadores que indiquen el cumplimiento legal, sino involucrar otros indicadores ambientales y sociales, los cuales se podrían analizar en una próxima investigación.



Referencias

- SNMPE (2023) *Boletín estadístico minero 2022*. Recuperado de <https://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/boletin-estadistico-mensual/mineria/7884-bolet%C3%ADn-estad%C3%ADstico-mensual-minero-diciembre-2022.html>.
- Campodónico, H. (1999). *Factores determinantes de la inversión real en América Latina: Las reformas estructurales en el sector minero peruano y las características de la inversión*. Peru: En Serie REFORMAS Económicas.
- Cedron, M. (2013). *Elaboración de Criterios para la Transformación de Pasivos Mineros en Activos Socio - Ambientales Sostenibles*. Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Católica Del Perú. Recuperado de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4654>.
- Chernaik, M. (2010). *Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros*. USA: Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW).
- Dammert, A. (2007) *Panorama de la Minería en el Perú* – Osinergmin. Lima: OSINERGMIN. Recuperado de: http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Estudios_Economicos/PANORAMA_MINERIA_PERU.pdf
- Díaz, J. (2010). *Indicadores de desempeño ambiental en la mediana minería - Caso Unidad Minera Atacocha*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14076/632>
- Echave, J. (2017). *21° Reporte - Segundo Semestre 2017. Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú*. Lima, OCM
- Gherzi, C., Lovece, G., & Weingarten, C. (2004). *Daños al ecosistema y al medio ambiente*. Buenos Aires: Astrea.
- Galarza, E. (2004) *La Economía de los Recursos Naturales*. Lima: Universidad del Pacifico.
- Kuramoto, J. (2002) *Minería minerales y desarrollo sustentable (MMDS) en Perú*. Londres: CIIPMA; IDRC; IIED.
- López-Sánchez, et al. (2017) *La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica* Colombia: REDALYC. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/2654/265452747007/>
- Mamani, L. (2018) *Perú: Cartera de Proyectos de Construcción de Mina*. Lima: MINEM. Recuperado de www.gob.pe/uploads/document/file/5216400/Edici%C3%B3n%20Marzo%202018%20.pdf?v=1696268119
- SENACE (2016). *Manual de Evaluación de Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d) para el Subsector Minería*. Lima: SENACE.

<https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/filebase/senacedocs/manual-evaluacion-EIA-d.pdf>

- Martínez, D. (2017) Reporte de Evolución de Concesiones Mineras. Lima: CooperAcción. Recuperado de <https://cooperaccion.org.pe/wp-content/uploads/2018/02/INFORME%20DE%20CONCESIONES%20MINERAS%202017.pdf>
- Moreno, S. (2008) *Introducción al uso de las herramientas de gestión ambiental aplicadas a los recursos naturales no renovables*. Tesis de Maestría: Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Ponce et al. (2011) *Pasivos Ambientales Mineros en Cuba. Bases Metodológicas*. Cuba: Instituto de Geología y Paleontología.
- Rojas, R. (2017) Propuesta para la gestión de riesgo ambiental en el proceso productivo de la unidad minera MINCO. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2769>.
- Rau, J. (1980) *Environmental impact analysis handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Schwarz, M. (2011). *Gestión ambiental aplicada al planeamiento de proyectos mineros*. Universidad de Lima, Ingeniería Industrial. Recuperado de http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/230/205
- Tamayo, J. (2017) La Industria de la Minería en el Perú 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país. LIMA. Osinergmin. Recuperado de: http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf