

8.0 Análisis de Alternativas

8.1 Introducción

Este Capítulo desarrolla el este análisis de alternativas del Proyecto Plataforma de Lixiviación 4B (PAD 4B). El objetivo de este análisis es comparar, en base a un conjunto de criterios previamente establecidos, aquellas alternativas que podrían ser factibles, a fin de determinar cuál es la mejor opción para el emplazamiento del proyecto.

La selección de los criterios es importante y específica para cada caso, de modo que no se puede generar una lista de criterios para un proyecto y aplicarla a otro sin una correcta adecuación a las peculiaridades de cada caso. Así, los criterios a establecer dependerán del tipo y duración del proyecto, así como de las condiciones ambientales, sociales y culturales de la zona donde se desarrollará el mismo.

Este análisis comprende la comparación de las opciones viables desde el punto de vista técnico, de modo que las alternativas evaluadas cumplan con las condiciones requeridas para el emplazamiento de una infraestructura de lixiviación. Sobre la base de esta selección, se elige la mejor alternativa luego de un análisis técnico – económico más detallado considerando aspectos ambientales y socioculturales.

Una vez que se ha determinado la lista de criterios a utilizar en el análisis de alternativas, es necesario establecer qué método de análisis será aplicado. En el presente estudio, se ha utilizado una versión modificada del proceso denominado Matriz de Conteo Múltiple (MCM) (Kerr *et. al.*, 2003). La metodología considera una serie de criterios principales (conteos), cada uno de los cuales tiene un valor de ponderación. Debido a que cada conteo puede tener factores que lo influyen, es a su vez dividido en subcriterios (subconteos). Cada subconteo tiene también un valor de ponderación; dentro de cada subconteo hay indicadores de los factores determinantes; cada uno de los cuales tiene un valor de ponderación. La razón de dividir y subdividir cada conteo es definir una base para el análisis de alternativas, que permita seguir la lógica del autor en su análisis.

El motivo de la ponderación de cada conteo, subconteo, e indicador dentro del análisis de alternativas, es tomar en consideración que algunos factores son más importantes que otros. El proceso es subjetivo dado que las ponderaciones, así como los conteos, son determinados en base a la experiencia y criterio profesional del evaluador. La escala de ponderación debe ser definida por el evaluador, considerando los posibles valores que puede tomar cada indicador. Es necesario indicar que debido a la presencia de especies con alguna categoría de

conservación en las áreas de emplazamiento directo de las 3 alternativas, se consideró una mayor ponderación a los aspectos ambientales (1), en comparación con los aspectos técnicos y económicos (0,8). Asimismo, debido a la importancia de los aspectos socioculturales en la toma de decisiones, se ha considerado también con un alto valor a estos componentes (1).

Las escalas utilizadas en la presente Matriz de Conteo Múltiple (MCM) son las siguientes:

Para el nivel de conteo y el nivel de subconteo:

- 0,2 = valor bajo
- 0,4 = valor moderadamente bajo
- 0,6 = valor moderado
- 0,8 = valor moderadamente alto
- 1,0 = valor alto

Para el nivel de indicador:

- 1 = valor bajo
- 2 = valor moderadamente bajo
- 3 = valor moderado
- 4 = valor moderadamente alto
- 5 = valor alto

Una vez que los indicadores han sido establecidos y sus valores de ponderación determinados, se asigna un valor a cada opción. En la presente MCM se considera una escala de valores que pondera los efectos positivos y negativos para las diferentes alternativas.

La escala es la siguiente:

- 3 = opción positiva
- 2 = opción moderadamente positiva
- 1 = opción ligeramente positiva
- 0 = opción neutra
- 1 = opción ligeramente negativa
- 2 = opción moderadamente negativa
- 3 = opción negativa

Luego de establecer los valores para los conteos, subconteos e indicadores, se multiplican los valores de los conteos por las ponderaciones a fin de obtener un total.

Para evitar sesgos asociados al empleo de diferentes número de subconteos e indicadores por aspectos considerados, se realizó la división entre el valor total obtenido por cada aspecto (técnico, económico, ambiental y sociocultural) entre el número de subconteos. Esta operación permitió estandarizar o colocar en las mismas condiciones a los aspectos considerados.

Posteriormente, se suman los valores ponderados por cada indicador. El mayor valor resultante se considera como la mejor alternativa.

Para cada indicador y su correspondiente valoración, se incluye una descripción textual a fin de proveer una base de la valoración (Tabla 8.1).

8.2 Supuestos del estudio

En cada análisis de alternativas es imperativo identificar los supuestos de partida. Esto permite poner en perspectiva las limitaciones del análisis en función de la relevancia o irrelevancia del mismo. El análisis no puede ser considerado válido cuando después de haber sido realizado, los objetivos del proyecto cambian, o en casos de cambios significativos en el entorno social del proyecto. A continuación se presentan las consideraciones incorporadas en el análisis de alternativas del presente estudio.

- Los parámetros del modelo económico como el precio del cobre utilizados en el Estudio de Factibilidad no variará de una manera tal que requiera un cambio radical en el diseño y requerimientos del proyecto.
- El diseño de las instalaciones presentado corresponde al diseño del proyecto que será utilizado. En caso de realizarse algún cambio al diseño, éste no deberá afectar significativamente los requerimientos del proyecto.
- No existen conflictos en el uso de suelos entre la empresa minera, el Estado y las comunidades de los alrededores que podrían afectar el funcionamiento de las instalaciones.
- Esta evaluación no descalifica a alguna de las alternativas planteadas para el establecimiento de infraestructura debido a que solamente constituye una comparación relativa entre áreas bajo criterios técnicos, económicos, ambientales y socioculturales sobre la base de las necesidades específicas del Proyecto PAD 4B.

8.3 Alternativas e instalaciones comprendidas en el análisis

El alcance de la evaluación de alternativas comprende la determinación del lugar óptimo de emplazamiento del PAD 4B e infraestructura auxiliar que incluye las pozas de procesos, faja transportadora, camino de acceso perimetral, sistemas de colección de solución y depósitos de material excedente. La ubicación de esta infraestructura fue evaluada en las siguientes zonas:

- Alternativa 1: Quebrada Huayrondo
- Alternativa 2: Garita San José
- Alternativa 3: Quebrada Siete Vueltas

En la Figura 8.1 se muestra la ubicación de las tres alternativas. En las siguientes líneas se analizarán las implicancias técnicas, ambientales y socioculturales del emplazamiento de la infraestructura mencionada en estas tres alternativas. Previamente se describirán, en forma sintética, las características de las alternativas.

8.3.1 Alternativa 1: Quebrada Huayrondo

El emplazamiento previsto para esta Alternativa 1 sitúa a la plataforma de lixiviación y pozas en la quebrada Huayrondo, al norte del futuro Tajo Cerro Negro y del PAD 4A y al este del PAD 3. La alimentación de mineral a la plataforma se desarrollaría a través de una faja de transporte (faja overland) (550 m), que tendría como punto de inicio, la faja de transporte existente y requeriría la implementación de un punto de traspaso. Paralela a la plataforma, se instalaría una faja de descarga (faja tripper) (1 250 m), que conduciría el mineral hasta las fajas vibradoras (grasshoppers), que apilarían el mineral. Paralelo a las fajas descritas, se instalarían las tuberías de transporte de soluciones de riego y colección; al igual que el tendido eléctrico. En la Figura 8.1 se presenta una vista en planta de la plataforma de lixiviación y pozas de procesos de la zona denominada Alternativa 1.

8.3.2 Alternativa 2: Garita San José

Esta alternativa contempla el emplazamiento de las instalaciones de la plataforma de lixiviación frente a la Garita San José, al sur del tajo Cerro Verde, y al suroeste de la Alternativa 1. La alimentación de mineral a la plataforma se desarrollaría a través de una faja de transporte (faja overland) (3 340 m), que tendría como punto de inicio, la faja de transporte existente y necesitaría la implementación de un punto de traspaso. Paralela a la plataforma, se instalaría una faja de descarga (faja tripper) (770 m), que conduciría el mineral hasta las fajas vibradoras que apilarían el mineral. Paralelo a las fajas descritas, se instalarán las tuberías de transporte de soluciones de riego y colección; al igual que el tendido eléctrico. En la Figura

8.1 se presenta una vista en planta del área de emplazamiento de la plataforma de lixiviación y pozas de procesos de la zona denominada Alternativa 2.

8.3.3 Alternativa 3: Quebrada Siete Vueltas

La Alternativa 3 plantea la ubicación de la plataforma de lixiviación e infraestructura complementaria en la quebrada Siete Vueltas, al este del tajo Cerro Negro y al este del PAD 4A, en una zona que presenta relieves con pendientes suaves.

La alimentación de mineral a la plataforma se desarrollaría a través de una faja de transporte (faja overland) (2 150 m), que tendría como punto de inicio, la cabecera de la faja de descarga existente (faja tripper). Esta alternativa requeriría la implementación de un punto de traspaso. Paralela a la plataforma, se instalaría una faja de descarga (850 m), que conducirá el mineral hasta las fajas vibradoras (grasshoppers), que apilarán el mineral. En forma paralela a las fajas descritas, se instalarían las tuberías de transporte de soluciones de riego y colección; al igual que el tendido eléctrico.

En la Figura 8.1 se presenta una vista en planta del área de emplazamiento de la plataforma de lixiviación y pozas de procesos de la zona denominada Alternativa 3.

8.4 Aspectos considerados en el análisis

El análisis de alternativas desarrollado para este estudio está basado en una serie de aspectos ambientales, socioculturales, técnicos y económicos, que sirven de base para el cálculo de valores que tienen la finalidad de proveer información válida para establecer las implicancias de la ubicación de determinada alternativa.

La siguiente es una lista de los aspectos considerados en el análisis desarrollado:

Aspectos técnicos

- Condiciones de cimentación
- Espacio para ampliaciones
- Distancia a la planta de chancado
- Movimiento de tierras (corte y relleno)
- Procesos
- Tuberías
- Potencia de fajas
- Equipos eléctricos

Aspectos económicos

- Costos de operación y mantenimiento
- Costos de inversión

Aspectos ambientales

- Importancia ecológica del sitio
- Impactos potenciales ambientales asociados

Aspectos socioculturales

- Condiciones del entorno social y cultural
- Impactos potenciales sociales y culturales asociados

A continuación se detalla la evaluación técnica, económica, ambiental y sociocultural de las tres alternativas consideradas.

8.4.1 Aspectos Técnicos

Alternativa 1

Las condiciones geotécnicas del área de emplazamiento son adecuadas para la cimentación de las instalaciones previstas. Asimismo, la capacidad del área para permitir futuras ampliaciones es adecuada.

Para la conformación de la plataforma de lixiviación en esta zona, el apilamiento de mineral se efectuaría empleando taludes de 2,5H:1V, alcanzando una altura máxima de 160 m. La capacidad de la plataforma se estima en 224 millones de toneladas (140 Mm³), para un área de revestimiento de 1 660 000 m² de geomembrana. El resumen de movimiento de tierras para esta alternativa se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.1
Resumen de movimiento de tierras - Alternativa 1

Componente	Corte (m³)	Relleno (m³)
Material Inadecuado	2 141 630	
Nivelación plataforma	742 500	3 304 580
Pozas de procesos	154 000	144 100
Total	3 038 130	3 448 680

De acuerdo con el Informe Técnico de Selección de Alternativas (Vector, 2008), esta alternativa cumple con el requerimiento de capacidad (212Mt), en cuanto a las holguras operacionales, no se cumple con los requerimientos del proceso en los tres primeros pisos, sin embargo, se cumple en pisos superiores. El balance final muestra que esta alternativa permite sustentar la operación. Se estima una postergación de producción de cobre por ciclos de producción incompletos equivalente a 2 626 ton (1,4% bajo lo esperado).

En cuanto a los sistemas de bombeo y transporte de soluciones, se tomó en cuenta las líneas de impulsión, transporte y riego (Refino e ILS) desde las estaciones Booster 1 y 2 hacia la ubicación de la Alternativa 1. A continuación se presentan las longitudes calculadas de tuberías.

Cuadro 8.2
Trazado de tuberías - Alternativa 1

Servicio	longitud (m)
Refino	4 060
ILS	4 060
PLS	2 200

De acuerdo con la evaluación de la potencia de fajas que transportará mineral, se estima un valor requerido de 2 355 HP. Asimismo, para el transporte de materiales, manejo de materiales e impulsión se requieren 3 subestaciones unitarias, 6 transformadores y 3 switchgear y centro de control de motores.

Alternativa 2

Las condiciones geotécnicas del área de emplazamiento son adecuadas para la cimentación de las instalaciones previstas, sin embargo, la capacidad de almacenamiento de la plataforma de lixiviación es limitada, no permitiendo futuras expansiones.

El apilamiento de mineral se efectuaría empleando taludes de 2,5H:1V, alcanzando una altura máxima de 133 m. La capacidad de la plataforma se estima en 148 millones de toneladas (92,5 m³), para un área de revestimiento de 1 709 000 m² de geomembrana. Los cálculos de movimiento de tierras obtenidos para esta alternativa, son resumidos en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.3
Resumen de movimiento de tierras - Alternativa 2

Componente	Corte (m³)	Relleno (m³)
Material Inadecuado	2 161 830	
Nivelación plataforma	5 556 510	5 489 850
Pozas de procesos	436 700	78 100
Total	8 155 040	5 567 950

De acuerdo con el Informe Técnico de Selección de Alternativas (Vector, 2008), esta alternativa no cumple con el requerimiento de capacidad. En cuanto a las holguras operacionales, solo se cumple con los requerimientos del proceso en dos pisos, teniéndose holguras negativas en el resto de pisos. El balance final muestra que esta alternativa no permite sustentar la operación.

En cuanto a los sistemas de bombeo y transporte de soluciones, se tomó en cuenta las líneas de impulsión, transporte y riego (Refino e ILS) desde las estaciones Booster 1 y 2 hacia la ubicación de la Alternativa 2. A continuación se presentan las longitudes calculadas de tuberías.

Cuadro 8.4
Trazado de tuberías - Alternativa 2

Servicio	longitud (m)
Refino	7 880
ILS	7 880
PLS	4 440

De acuerdo con la evaluación de la potencia de fajas que transportará mineral, se estima un valor requerido de 7 455 HP. Asimismo, para el transporte de materiales, manejo de materiales e impulsión se requieren 3 subestaciones unitarias, 6 transformadores y 3 switchgear y centro de control de motores.

Alternativa 3

Las condiciones geotécnicas del área de emplazamiento son adecuadas para la cimentación de las instalaciones previstas, así mismo, la capacidad del área para permitir futuras ampliaciones es adecuada.

Los límites de la plataforma de lixiviación han sido definidos mediante el trazo de un camino perimetral para permitir el acceso y la construcción de un canal de derivación para conducir los flujos provenientes de la precipitación pluvial sobre las áreas externas a la plataforma. De acuerdo con la configuración preliminar, el apilamiento de mineral se efectuará manteniendo taludes generales de 2,5H:1V con una altura total de 157 m. La capacidad de la plataforma se estima en 235,8 millones de toneladas (147,4 m³), y el área revestida con geomembrana será del orden de 1 660 000 m². El movimiento de tierras calculado se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.5
Resumen de movimiento de tierras - Alternativa 3

Componente	Corte (m³)	Relleno (m³)
Material Inadecuado	2 164 250	
Nivelación plataforma	1 806 880	9 416 620
Pozas de procesos	511 900	970
Total	4 483 030	9 417 590

De acuerdo con el Informe Técnico de Selección de Alternativas (Vector, 2008), esta alternativa cumple con el requerimiento de capacidad, en cuanto a las holguras operacionales, no se cumple con los requerimientos del proceso en dos pisos, sin embargo, se cumple en los pisos restantes. El balance final muestra que esta alternativa permite sustentar la operación. Se estima una postergación de producción de cobre por ciclos de producción incompletos equivalente a 1 127 ton (0,8% bajo lo esperado).

En cuanto a los sistemas de bombeo y transporte de soluciones, se tomó en cuenta las líneas de impulsión, transporte y riego (Refino e ILS) desde las estaciones Booster 1 y 2 hacia la ubicación de la Alternativa 3. A continuación se presentan las longitudes calculadas de tuberías.

Cuadro 8.6
Trazado de tuberías - Alternativa 3

Servicio	longitud (m)
Refino	6 675
ILS	6 115
PLS	9 805

De acuerdo con la evaluación de la potencia de fajas que transportará mineral, se estima un valor requerido de 5 705 HP. Asimismo, para el transporte de materiales, manejo de materiales, impulsión PLS e impulsión refino se requieren 5 subestaciones unitarias, 9 transformadores y 5 switchgear y centro de control de motores.

8.4.2 Aspectos Económicos

8.4.2.1 Estimación de costos de operación y mantenimiento

Se realizó una estimación de costos de operación y mantenimiento para las alternativas de ubicación de la plataforma de lixiviación (Vector, 2008), la cual está destinada a cuantificar, a nivel conceptual, los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones principales requeridas para materializar el PAD 4B. Para ello se han considerado datos de proyectos desarrollados durante el año 2006-2007, y costos de SMCV en el PAD 4A. A continuación se presenta un Cuadro en donde se resumen los costos de operación y mantenimiento para cada una de las alternativas.

Cuadro 8.7
Resumen costos de operación y mantenimiento por año

Alternativa	Costo de mantenimiento (US\$)	Costo de operación (US\$)	Costo total (US\$)
Alternativa 1	3 371 129	13 287 297	16 658 425
Alternativa 2	5 441 586	24 130 122	29 571 708
Alternativa 3	4 540 106	18 532 352	23 072 458

8.4.2.2 Estimación de costos de inversión

El cálculo de los costos de inversión, ha sido elaborado en base a costos unitarios de la base de datos de la empresa consultora Vector Perú, utilizados para proyectos similares, los cuales son actualizados en forma periódica para proporcionar una estimación más real del costo final de inversión. Para el cálculo de estimado de los costos de inversión, se consideró un porcentaje de contingencia de 25%. Este porcentaje se contempla con la finalidad de hacer frente a cualquier tipo de suceso no esperado.

La cantidad de materiales está directamente relacionada a las dimensiones y configuraciones de la plataforma de lixiviación, pozas de procesos y las diversas instalaciones relacionadas. En el siguiente cuadro se resumen los costos de inversión.

Cuadro 8.8
Resumen costos de inversión por año

Alternativa	Total costos directos (US\$)	Total costos indirectos (US\$)	Contingencia (US\$)	Total costos de inversión (US\$)
Alternativa 1	127 226 429,19	57 251 892,25	46 119 580,32	230 597 901,83
Alternativa 2	208 387 369,13	93 774 315,22	75 540 421,11	377 702 105,46
Alternativa 3	265 105 838,46	119 297 627,47	96 100 866,52	480 504 332,45

8.4.3 Aspectos ambientales

Para la asignación de atributos ambientales se empleó la información obtenida de estudios ambientales desarrollados por Knight Piésold en las áreas correspondientes a las tres alternativas en estudio. La información ambiental para la Alternativa 1 corresponde a la línea base del presente documento (capítulo 3), la información para la Alternativa 2 corresponde al estudio de línea base de la quebrada San José (Knight Piésold, 2007) y finalmente la Alternativa 3 corresponde a la línea base del EIA para el Desarrollo del Tajo Cerro Negro (Knight Piésold, 2006). Es necesario indicar que se emplearon fuentes equivalentes en términos de nivel de detalle, es decir se utilizó la información relevante producto de estudios con similares características. Este último punto es importante para evitar que existan sesgos al comparar diferentes alternativas sobre la base de diferente esfuerzo de muestreo.

Alternativa 1

En general, el área de emplazamiento de la Alternativa 1, ubicada en la cabecera de la quebrada Huayrondo, se caracteriza por presentar un conjunto de colinas y algunas cadenas montañosas relativamente agrestes y por estar disectada por un conjunto de quebradas aluviales completamente secas o de régimen estacionario en precipitaciones extremas como la quebrada Huayrondo, cuyas vertientes convergen en el río Chili y la cuenca del Pacífico. Estas quebradas son principalmente de origen aluvial en forma de “V” y presentan depósitos cuaternarios aluviales

La zona se caracteriza por la presencia de rocas superficiales con escasa vegetación. El ambiente agrupa suelos de rocas intrusivas poco desarrolladas. Asimismo, se encuentran suelos fluviales y coluvio-aluviales muy escasos. Los suelos en su mayoría son neutros a ligeramente alcalinos, con perfiles tipo AC y/o ABC, moderadamente profundos a superficiales y sus límites inferiores siempre descansan sobre materiales rocosos. Son de clases texturales gruesas a medias y pobres en contenido orgánico debido a la casi inexistente actividad biológica, así como a la poca acumulación de materiales finos sobre los afloramientos rocosos. En cuanto a la capacidad de uso mayor de los suelos, éstos presentan

un mayor porcentaje de tierras de protección o con limitaciones para el desarrollo de actividades económicas como la ganadería y agricultura debido a la aridez, pedregosidad y falta de agua principalmente. Un menor porcentaje son considerados como tierras aptas para pastos de aptitud limitada por condiciones climáticas de extrema aridez y estrato limitante de gravas. Esta potencialidad está orientada hacia el pastoreo temporal (guanaco). En cuanto al uso actual, los suelos de esta zona no presentan ocupación ni usos de origen humano, salvo las áreas colindantes en donde existen las operaciones actuales de SMCV.

La cuenca de la quebrada Huayrondo se caracteriza por permanecer seca durante la mayor parte del año, presentando escorrentías o descargas efímeras y de muy bajo caudal, solo durante eventos inusuales de tormenta. La quebrada es tributaria del río Chili, cuya cuenca drena al océano Pacífico. Dentro de la cuenca Huayrondo se encuentra la mayor parte del Asiento Minero Cerro Verde.

El agua subterránea de la cabecera de la quebrada Huayrondo se encuentra afectada por operaciones mineras históricas. Existe una recarga inducida proveniente de las áreas de procesos y plataformas de lixiviación. Esta recarga ha generado una variación en la calidad del agua, motivo por el cual, se realizaron obras para la mejora de la Presa Huayrondo, a fin de controlar los flujos existentes. Aguas abajo de la presa el agua subterránea presenta condiciones naturales de calidad. La cuenca subterránea ha sido modificada históricamente por la operación de los Tajos Santa Rosa y Cerro Verde.

En cuanto a la cobertura vegetal, existe una densidad media de cactáceas en comparación con los alrededores del área de operaciones del Asiento Minero Cerro Verde en laderas en donde el elemento más conspicuo es la cactácea de Weberbauer (*Weberbauerocereus weberbaueri*). La vegetación de fondo de quebrada es singular debido a la presencia de especies freatofíticas y propias de zonas con presencia de humedad, en particular aguas abajo de la infraestructura propuesta. Existen especies de flora con importancia ecológica y/o que presentan algún estatus de conservación como *Senecio yurensis*, *Prosopis chilensis* y *Corryocactus brevistylus* entre otras.

La avifauna es diversa considerando que es un ecosistema árido y existe presencia de mamíferos (grandes, pequeños voladores y pequeños no voladores). Asimismo existen reptiles diurnos y nocturnos. Las especies de fauna más importantes por su estatus de conservación y uso del hábitat son: el guanaco *Lama guanicoe* y el murciélago longirostro peruano *Platalina genovensium*. El guanaco usa el hábitat del área de emplazamiento como fuente de alimento y refugio. Existen socavones que sirven de refugio al murciélago longirostro en el área,

ubicados aguas abajo de la infraestructura propuesta, fuera del alcance del área de emplazamiento directo de la plataforma de lixiviación. El murciélago utiliza la zona como una de sus áreas de alimentación debido a la presencia de la cactácea de Weberbauer.

Alternativa 2

En general el área de emplazamiento de la Alternativa 2 se caracteriza por presentar un conjunto de cadenas montañosas relativamente agrestes y por estar disectada, aguas abajo de la infraestructura propuesta, por quebradas aluviales relativamente amplias como las quebradas de San José y Cerro Verde. Estas quebradas son principalmente de origen aluvial en forma de “V” y presentan depósitos cuaternarios aluviales.

Los suelos en su mayoría son neutros a ligeramente alcalinos, con perfiles tipo AC y superficiales a moderadamente profundos. Sus límites inferiores siempre descansan sobre materiales rocosos, de clases texturales gruesas a medias. Son pobres en contenido orgánico debido a la casi inexistente actividad biológica, la misma que está limitada a cactáceas, arbustivas y herbáceas efímeras, así como a la poca acumulación de materiales finos sobre los afloramientos rocosos.

En cuanto a la capacidad de uso mayor de los suelos, éstos presentan un mayor porcentaje de tierras de protección o con limitaciones para el desarrollo de actividades económicas como la ganadería y agricultura debido a la aridez, pedregosidad y falta de agua principalmente. Un menor porcentaje son considerados como tierras aptas para pastos de aptitud limitada por condiciones climáticas de extrema aridez, estrato limitante de gravas. Esta potencialidad está orientada hacia el pastoreo temporal. En cuanto al uso actual, los suelos de esta zona no presentan ocupación ni usos de origen humano, salvo las áreas colindantes en donde existen las operaciones actuales de SMCV.

El drenaje natural está conformado por una red de quebradas secas que descienden en forma radial. Se ha podido observar evidencias de transporte de agua en algunos puntos de la quebrada San José como consecuencia de precipitaciones inusuales. Esta presencia de agua superficial es efímera dada las condiciones de baja precipitación y alta evaporación. Las subcuencas son estrechas y de pendientes pronunciadas en sus cabeceras pero se suavizan y amplían conforme descienden los niveles altitudinales hasta las pampas San José y La Joya.

Se estima que las condiciones del agua subterránea en la quebrada San José no presentan afectación como consecuencia de las operaciones mineras históricas.

En cuanto a la cobertura vegetal, existe presencia de la cactácea de Weberbauer (*Weberbauerocereus weberbaueri*). Existen especies de flora con importancia ecológica y/o que presentan algún estatus de conservación como *Senecio yurensis*; *Browningia candelaris* y *Corryocatus brevistylus*. Asimismo, existe vegetación foránea y nativa inducida por riego proveniente de las operaciones actuales de SMCV.

La avifauna presenta una baja diversidad y existe limitada presencia de mamíferos grandes como el zorro y guanaco y pequeños mamíferos como el ratón orejón. Asimismo existen reptiles diurnos y nocturnos. La especie de fauna más importante por su estatus de conservación y uso del hábitat es el guanaco *Lama guanicoe*. También se registró otra especie con estatus de conservación, el gato de las pampas *Oncifelis colocolo*.

Alternativa 3

En general el área de emplazamiento de la Alternativa 3 se caracteriza por estar situada en el lecho de la quebrada Siete Vueltas, formada por una red de drenaje que sólo presenta agua durante lluvias inusuales. Esta quebrada nace sobre los 2 900 m en la divisoria de aguas formada por el Cerro Subilaca, Cerro Negro Norte, Cerro Negro Sur y Cerro Llorón, descendiendo por la Pampa de Yarabamba en gran parte de su desarrollo hasta su confluencia con el río Yarabamba. En su trayectoria recibe tributarios habitualmente secos o efímeros.

La red de drenaje de la quebrada Siete Vueltas confluye formando una torrentera en la Pampa de Yarabamba que desemboca con un cauce poco definido de orientación S-N en el río Yarabamba o Postrerío. La quebrada Siete Vueltas presenta estrechamientos en su parte alta formando inclusive cañones de pocos metros de ancho hasta ensancharse conforme las pendientes se suavizan en el área de la Pampa de Yarabamba. Las características de esta quebrada sugieren un moldeado generado por flujos de agua intermitente de gran poder erosivo tal como lo evidencia el abundante relleno y material pedregoso de variable tamaño que existe en su lecho.

Se estima que las condiciones del agua subterránea del brazo norte de la quebrada Siete Vueltas no presentan afectación como consecuencia de las operaciones mineras históricas.

Los suelos presentan un origen a partir de materiales aluviales y coluvio-aluviales de litología diversa, tal como granodiorita (intrusiva), brechas, tobas y materiales piroclásticos (volcánicos). Son moderadamente profundos en el lecho de la quebrada y someros en las laderas; sin desarrollo genético, de perfil tipo AC, de color pardo oscuro; textura moderadamente gruesa, con guijarros y piedras angulares y subangulares. El drenaje natural

es bueno a algo excesivo. Son pobres en contenido orgánico debido a la casi inexistente actividad biológica, la misma que está limitada a cactáceas, arbustivas y herbáceas efímeras

En cuanto a la capacidad de uso mayor de los suelos, éstos presentan un mayor porcentaje de tierras de protección o con limitaciones para el desarrollo de actividades económicas como la ganadería y agricultura debido a la aridez, pedregosidad y falta de agua principalmente asociados con suelos aptos para cultivo en limpio pero limitadas por condiciones climáticas de extrema aridez. En cuanto al uso actual, los suelos de esta zona no presentan ocupación ni usos de origen humano, salvo las áreas colindantes en donde existen las áreas a intervenir como consecuencia del depósito de material estéril del Tajo Cerro Negro.

El área presenta una alta densidad de la cactácea de Weberbauer *Weberbauerocereus weberbaueri*, asimismo, se registró la presencia de especies de flora bajo criterios de amenaza y/o de importancia ecológica y económica, como la “rataña” (*Krameria lappacea*).

La avifauna presenta una baja diversidad y existe limitada presencia de mamíferos grandes como el zorro y guanaco y pequeños mamíferos como el ratón orejón. Asimismo existen reptiles diurnos y nocturnos. Las especies de fauna más importantes por su estatus de conservación y uso del hábitat son el guanaco *Lama guanicoe* y el murciélago longirostro peruano *Platalina genovensium*. Se estima que el área oferta una significativa cantidad de alimento para esta última especie debido a la alta densidad de la cactácea de Weberbauer *Weberbauerocereus weberbaueri*.

8.4.4 Aspectos socioculturales

Para realizar el análisis de alternativas desde la perspectiva social se analizó la información referente al estudio de línea base social del Proyecto PAD 4B (Capítulo 3) de los distritos de Uchumayo, Tiabaya, Jacobo Hunter, Yarabamba (SCG, 2008) y adicionalmente, información referente al distrito de La Joya.

Alternativa 1

Los centros poblados más cercanos a la Alternativa 1 son Chusicani, ubicado en el área rural del distrito de Tiabaya; Tiabaya, capital de distrito ubicada en el área urbana; y Jacobo Hunter, capital del distrito de Jacobo Hunter ubicada en el área urbana. Las actividades económicas de estos centros poblados son principalmente la agricultura y la ganadería.

Las distancias, en línea recta, aproximadas de la Alternativa 1 a los centros poblados se muestran en el Cuadro 8.9.

Cuadro 8.9
Distancias de la Alternativa 1 a los
centros poblados cercanos

Centro poblado	Distancia a Alternativa 1 (km)
Chusicani	7,5
Tiabaya	8,3
Jacobo Hunter	8

Realizando un análisis de accesibilidad visual de la alternativa, se puede inferir que no existe visibilidad de las futuras instalaciones desde los centros poblados cercanos debido a que existen barreras visuales naturales conformadas por los cerros que flanquean a la quebrada Huayrondo.

De acuerdo con la evaluación de línea base ambiental en el área de estudio, las direcciones predominantes del viento son oeste (O) y oeste-suroeste (OSO), por lo que se espera que debido a la distancia al poblado más cercano ubicado a sotavento del proyecto (Chusicani a 7,5 km), no se generen impactos en la calidad de aire.

Existe la presencia de un canal de irrigación, canal La Estación, el cual provee de aguas del Posterior al distrito de Uchumayo. Dicho canal está ubicado aguas abajo de la quebrada Huayrondo y pudiera ser afectado naturalmente por lodos y sedimentos producto de la erosión natural de la quebrada causada por precipitaciones altas inusuales. El canal de irrigación se encuentra a una distancia aproximada de 7 km aguas abajo del futuro emplazamiento de esta alternativa.

Existen percepciones negativas de la población relacionadas a la afectación de la calidad del agua de escorrentías esporádicas de la quebrada Huayrondo. Asimismo existen percepciones negativas por afectación de cultivos por calidad del aire.

Alternativa 2

El centro poblado más cercano a la Alternativa 2 es Yarabamba, ubicado a una distancia, en línea recta, de 15,3 km. Las actividades económicas de este centro poblado son principalmente la agricultura y la ganadería. A pesar de ser el centro poblado más cercano, no forma parte de la red de drenaje de esta alternativa. La irrigación San Camilo se encuentra a una distancia de 37 km de la Alternativa 2 y se encuentra al SO de la pampa de San José, en la cual desemboca la quebrada San José. Dicha irrigación provee de agua a los cultivos del centro poblado del mismo nombre y hace posible el sustento de ganado. Asimismo, el centro

poblado Km 48 La Repartición se encuentra a una distancia lineal de casi 20 km y forma parte de otra red de drenaje.

De acuerdo con el análisis de accesibilidad visual de la alternativa, no existe visibilidad de las futuras instalaciones, siendo Cerro Negro y los cerros existentes entre la pampa San José y las instalaciones de SMCV, los principales obstáculos visuales.

De acuerdo con la evaluación de línea base ambiental en el área de estudio, las direcciones predominantes del viento son oeste (O) y oeste-suroeste (OSO). Dada la lejanía de las áreas pobladas, no se esperan afectaciones como consecuencia de las emisiones de material particulado por el movimiento de tierras.

No existen percepciones negativas en las poblaciones aguas abajo de la infraestructura propuesta. Sin embargo, existen percepciones negativas de afectación de la calidad del aire en Yarabamba por las operaciones actuales de la mina.

Alternativa 3

Los centros poblados más cercanos a la Alternativa 3 son Yarabamba y Socabaya. Las actividades económicas de estos centros poblados son principalmente la agricultura y la ganadería.

Las distancias, en línea recta, aproximadas de la alternativa en la quebrada Siete Vueltas a los centros poblados se muestran en el Cuadro 8.10.

Cuadro 8.10
Distancias de la Alternativa 3 a los
centros poblados cercanos

Centro poblado	Distancia a Alternativa 3 (km)
Yarabamba	7,3
Campos de cultivo más cercanos	5,0
Socabaya	8,3

En cuanto a accesibilidad visual, la alternativa es visible desde el área urbana y rural de Yarabamba, debido a que no existen barreras visuales. Asimismo, el Cerro Llorón no permite la visibilidad de la alternativa desde Socabaya.

Se esperan contribuciones de material particulado en las inmediaciones de áreas y campos de cultivo como consecuencia del movimiento de tierras dadas las condiciones topográficas, dirección del viento y cercanía de la presencia humana. Existen percepciones negativas de la población relacionadas a las operaciones de la mina por calidad del aire.

8.5 Comparación de alternativas

8.5.1 Aspectos técnicos

En cuanto a los aspectos técnicos, la Alternativa 1 resultó la más óptima y la Alternativa 2 la menos indicada para el emplazamiento de la plataforma de lixiviación. Las Alternativas 1 (Quebrada Huayrondo) y 2 (Siete Vueltas), presentan capacidad para albergar futuras ampliaciones, mientras que la Alternativa 3 (Garita San José) tiene limitada potencialidad para posibles expansiones de las operaciones. La longitud de la faja overland a implementar para la Alternativa 1 es significativamente menor en comparación con las otras dos alternativas lo cual implica menores complicaciones para el acarreo del mineral. Los volúmenes de material de corte y relleno relacionados con la Alternativa 1 son también significativamente menores en comparación con las otras dos alternativas, siendo la Alternativa 2 la que requiere el mayor volumen de corte, mientras que la Alternativa 3 la que requiere el mayor volumen de relleno.

En cuanto a la facilidad de las operaciones desde el punto de vista de procesos, las Alternativas 1 y 3 cumplen con el requerimiento de capacidad (212 Mt), mientras que la Alternativa 2 no lo cumple. En cuanto a las holguras operacionales, las Alternativas 1 y 3 permiten sustentar la operación mientras que la Alternativa 2 no lo permite. La Alternativa 1 necesita una significativa menor longitud de tuberías en comparación con las otras dos alternativas. La potencia requerida para la operación de las fajas es menor en la Alternativa 1 en comparación con las otras dos. Tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 presentan menores complicaciones en cuanto a los requerimientos de equipos eléctricos en comparación con la Alternativa 3. Estos resultados permiten concluir que técnicamente, la Alternativa 1 es la más ventajosa en términos relativos al compararse con las otras dos alternativas.

8.5.2 Aspectos económicos

Tanto los costos de operación y mantenimiento son significativamente menores en la Alternativa 1 en comparación con las otras dos. La Alternativa 2 es la que presenta los mayores costos de operación y mantenimiento por lo que constituye la más desventajosa en este aspecto. Asimismo, los costos de inversión son también significativamente menores para la Alternativa 1, mientras que la Alternativa 3 es la más costosa. Los resultados muestran que en términos de costos, la Alternativa 1 es la más ventajosa.

8.5.3 Aspectos ambientales

En cuanto a los aspectos ambientales, los suelos en todas las alternativas son similares, presentando características pobres debido a la limitada fertilidad, bajo contenido de materia orgánica y aridez del área. La Alternativa 3 se encuentra en una de las áreas de mayor densidad de cactáceas columnares de los alrededores de Cerro Verde, motivo por el cual el emplazamiento de la infraestructura en la quebrada Siete Vueltas representaría la mayor pérdida de cobertura vegetal en comparación con las otras alternativas. La Alternativa 2 representa el área con menor oferta de hábitat para especies de fauna, en particular las incluidas en listas de conservación. En resumen, la Alternativa 3 representa la opción con mayor complejidad de gestión de impactos debido a que se encuentra sobre un área que alberga flora y fauna particular y es la más cercana a centros poblados y áreas agrícolas/ganaderas. Se estima que los impactos por generación de polvo y ruidos asociados a esta alternativa sean de mayores complicaciones de manejo en comparación con las otras dos alternativas. La Alternativa 2 presenta las menores complicaciones de gestión ambiental dada la naturaleza del entorno en donde se emplaza, sin embargo la Alternativa 1 presenta también impactos ambientales manejables. En cuanto al agua subterránea, el área de emplazamiento de la Alternativa 1 (cabecera de la quebrada Huayrondo) ya presenta impactos internalizados debido a las operaciones históricas del Asiento Minero Cerro Verde. Asimismo, las posibles infiltraciones provenientes de la plataforma de lixiviación serán controladas por la infraestructura existente de la Presa Huayrondo, por lo que no se necesitan medidas de mitigación adicionales.

En cuanto a las Alternativas 2 y 3, sus respectivas áreas de emplazamiento directo no presentan internalización de impactos en la calidad de agua subterránea generada por operaciones mineras históricas.

8.5.4 Aspectos socioculturales

En cuanto a los aspectos socioculturales, la Alternativa 3 es la más desventajosa debido a su cercanía a centros poblados y áreas agrícolas y ganaderas por lo que las percepciones negativas de la población serían las de más difícil manejo en comparación con las otras dos alternativas. Asimismo constituye la única alternativa visualmente accesible por lo que los impactos paisajísticos serían no manejables. La Alternativa 2 constituye la opción de menor complejidad de manejo de impactos socioculturales debido a la lejanía de centros poblados y ausencia actual de percepciones negativas en la red de drenaje en la cual se emplaza. La red de drenaje en donde se emplaza la Alternativa 1 presenta percepciones negativas por impactos asociados al agua, sin embargo éstos son manejables.

8.5.5 Balance final

En Tabla 8.1 se presenta la matriz de análisis de alternativas del PAD 4B. Se compararon las tres alternativas planteadas en función del resultado del análisis de los atributos técnicos, económicos, ambientales y socioculturales considerados. En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los resultados obtenidos basados en el cálculo de los valores y ponderaciones asignadas presentadas en la sección 8.1.

Cuadro 8.11
Resumen de valoración de alternativas

Consideraciones	Valor		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	Quebrada Huayrondo	Garita San José	Quebrada Siete Vueltas
Aspectos Técnicos	8,1	-2,9	0,6
Aspectos Económicos	12,0	-6,0	-6,0
Aspectos Ambientales	0,0	4,0	-10,0
Aspectos Socioculturales	-3,5	3,5	-9,0
Total Acumulado	16,6	-1,4	-24,4

De acuerdo con estos resultados, la Alternativa 1 es la elegida para el emplazamiento del PAD 4B debido a que presenta una puntuación relativa mayor a la atribuida a las Alternativas 2 y 3. La Alternativa 3 es la de menor puntaje, convirtiéndose en la opción menos indicada para el emplazamiento del PAD 4B. Es necesario indicar que esta evaluación no descalificó a las Alternativas 2 y 3 para el establecimiento del PAD 4B. Este análisis constituyó un procedimiento en el que se comparó en forma relativa a las tres áreas bajo criterios técnicos, económicos, ambientales y socioculturales, resultando más adecuada en términos de los atributos mencionados anteriormente, la Alternativa 1. Esta alternativa presentó adecuadas condiciones que soporten la infraestructura, costos más bajos en comparación con las otras alternativas, impactos ambientales internalizados por situarse adyacente al área de operaciones actuales, medidas de control existentes (Presa Huayrondo) e impactos ambientales previsibles manejables y restringidos a las inmediaciones del área de emplazamiento directo de la infraestructura. Asimismo, no se espera que alguno de estos impactos ambientales identificados afecte a la población ubicada cerca a la desembocadura de la quebrada Huayrondo.