



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DEFINICIÓN DE LA RUTA DE CRECIMIENTO PARA COMPAÑÍA MINERA CERRO
COLORADO EN UN ESCENARIO DE BAJA LEY Y RESTRICCIONES DE CAPITAL**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS**

NATALIA IRENE MESA GUERRERO

**PROFESOR GUIA:
IVÁN BRAGA CALDERÓN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA
SEBASTIAN TRONCOSO BÓRQUEZ**

**SANTIAGO DE CHILE
2020**

**RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL
GRADO DE:** Magister en Gestión y Dirección de
Empresas
POR: Natalia Irene Mesa Guerrero
FECHA: 24/04/2020
PROFESOR GUIA: Iván Braga Calderón

DEFINICIÓN DE LA RUTA DE CRECIMIENTO PARA COMPAÑÍA MINERA CERRO COLORADO EN UN ESCENARIO DE BAJA LEY Y RESTRICCIONES DE CAPITAL

Compañía Minera Cerro Colorado (CMCC) es una faena antigua con su cierre proyectado a enero del 2024 en línea con la vigencia del permiso ambiental. El desafío de extender la vida de la operación se traduce en procesar minerales de baja ley considerando intensidades de capitales óptimos para las distintas alternativas de proceso, que permitan generar una rentabilidad atractiva para BHP y entregue la opción de desplazar aproximadamente US\$200M correspondiente al costo de cierre.

Para analizar la extensión de la vida de CMCC se utilizaron las metodologías corporativas de análisis de oportunidades, evaluación y criterios de selección, que permitieron definir las rutas de crecimiento. Estas están basadas en un análisis técnico económico de casos disruptivos identificados en un taller presencial multidisciplinario.

El análisis de oportunidades es el primer paso para poder definir la estrategia de crecimiento. El proceso se inicia con la definición del problema a resolver, identificación y clasificación de oportunidades, clasificación de decisiones y la generación de la tabla estratégica que define los escenarios a analizar. Al aplicar la metodología se identificaron 40 casos principales agrupados en 10 escenarios, los cuales fueron abordados y estudiados en esta tesis.

Como resultado del análisis de los escenarios, las mejores rutas estratégicas para CMCC están dadas por los siguientes 3 casos: Caso C28 que incluye la extracción y lixiviación secuencial de mineral bajo el área de pilas (MBP) y chancado (MBC), más la lixiviación de hipógeno (HYP) a 21Mt de capacidad, con una inversión total de US\$1,300M. El caso C34 que considera la extracción y lixiviación secuencial MBP – MBC más una concentradora de 60ktpd de capacidad, con un capital de US\$3,060M. Y por último el caso C37 que incluye la extracción y lixiviación secuencial MBP – MBC más lixiviación HYP a 21Mt y una concentradora de 60ktpd, con un capital de US\$3,460M. Los indicadores económicos de estos casos tienen un VAN entre US\$760M y US\$1,130M, una TIR en torno a 15% y un REC de 0.6, además se incrementa la vida de la mina por más de 30 años y se procesarían entre 1.1Bt y 2.3Bt de mineral, dependiendo del caso.

El escenario MBP resulta ser el habilitador de crecimiento de CMCC, dado que incorpora decisiones estratégicas, tal como es suplir el suministro de agua actual (Bofedal de Lagunillas) por la impulsión de agua de mar hasta la operación, otorgando de esta manera una mejor posición de factibilidad a los demás proyectos.

Dentro del análisis se han identificado opciones de mejoras para aumentar y robustecer los indicadores económicos de los escenarios, entre las más importantes, es clave la optimización del capital de inversión, reducción de costos, fecha de inicio de los proyectos, recuperaciones metalúrgicas y posibles cambios en el manejo de materiales.

Dedicatoria

A mis seres queridos y a mis angelitos que me acompañan desde el cielo.

Agradecimientos

Quiero partir agradeciendo a BHP Pampa Norte por confiar en mí y otorgarme esta gran oportunidad de participar en el programa MBA versión Minera, que incluyó el apoyo financiero y disponibilidad en la jornada laboral para participar en forma activa y constante en el programa.

Un afectuoso reconocimiento a Rafael Fonseca quien fue mi jefe en BHP Pampa Norte y concretó esta oportunidad.

Un gran reconocimiento a toda la Gerencia Resources Engineering Pampa Norte de BHP, por confiar en mi como Gerente Interina, entregando todo su apoyo y acompañamiento para enfrentar en conjunto este gran desafío, y que concluyó en un excelente trabajo, tanto su ejecución como el resultado de los procesos de planificación estratégica relevantes para BHP como son el Opportunity Assessment (OAFY21) y Life of Asset (LoAFY21).

Agradecer al equipo que desarrolló la planificación estratégica (OAFY21) de Compañía Minera Cerro Colorado, que elaboró un trabajo robusto, consistente y de gran valor para BHP, el cual quedó plasmado en esta tesis. Gracias por el compromiso Hugo Martínez, Alvaro Knabet, Kevin Becar, Karen Malla, Gonzalo Padilla, Karina López, Raúl Henriquez y consultores.

Un agradecimiento especial a Victor Vidal, por su constante apoyo en todo el proceso de planificación, además de las infinitas conversaciones de estrategia y pensamientos disruptivos, por su empuje y motivación que me brindó para terminar con éxito la tesis, por reemplazarme en el rol en los momentos que estaba en clases del MBA y lo más importante por su tremenda amistad.

Finalmente quiero agradecer a Felipe, por su amor, apoyo y compañerismo “literalmente” en terminar exitosamente esta gran etapa, sobrepasamos tiempos complejos, que finalmente los transformamos en buenos e inolvidables. También agradecer a mi bella familia Mesa-Miguez y amigas/os por entender mi tiempo limitado durante estos 2 años, que me impidió verlos tan seguidos y organizar las entretenidas convivencias bailables sociales.

Y, por último y no menos importante, agradecer al MBA Minero de la Universidad de Chile, por ampliar mis redes de amigos y permitir conocer a personas maravillosas.

Tabla de Contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Tabla de Contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de Ilustraciones.....	vi
1. Introducción	1
2. Objetivos.....	1
3. Alcance	2
4. Descripción Compañía Minera Cerro Colorado	3
5. Metodología General	7
5.1 Paso 1: Metodología de Análisis de Oportunidades.....	7
5.2 Paso 2: Planificación Estratégica	9
5.3 Paso 3: Criterios de evaluación de proyectos	13
6. Antecedentes.....	14
6.1 Modelo Geológico de Compañía Minera Cerro Colorado.....	14
6.2 Input Económicos.....	16
6.3 Input de Planificación Mina	19
6.4 Input de Planificación de Procesos	20
7. Análisis de oportunidades para Compañía Minera Cerro Colorado.....	23
7.1 Definir el Problema a resolver	23
7.2 Planteamiento de Oportunidades.....	23
7.3 Clasificación de Oportunidades.....	26
7.4 Clasificación de las Decisiones	26
7.5 Generación de la Tabla Estratégica	27
7.6 Descripción de los grupos estratégicos.....	28
8. Análisis de escenarios para Cerro Colorado.....	31
8.1 Descripción de casos estudiados para CMCC	31

8.2	Análisis de los casos estudiados para CMCC	33
8.2.1	Escenario Base	33
8.2.2	Escenario de extracción de mineral bajo pilas de lixiviación (MBP).....	34
8.2.3	Escenario de extracción mineral bajo área chancado (MBC)	37
8.2.4	Escenario de extracción simultánea MBP y MBC	38
8.2.5	Escenario de extracción secuencial MBP y MBC	40
8.2.6	Escenario Procesamiento de nuevos minerales marginales y nuevas áreas para lastre	41
8.2.7	Escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno desde secuencia MBP y MBC	42
8.2.8	Escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno desde MBP	44
8.2.9	Escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC..	46
8.2.10	Escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC y lixiviación HYP	47
8.2.11	Recomendaciones de Escenarios	50
9.	Conclusión	53
10.	Bibliografía.....	57
11.	Anexos	58
11.1	Anexo N°1: Clasificación de Oportunidades.....	58
11.2	Anexo N°2: Consideraciones de casos estudiados para CMCC	63

Índice de tablas

Tabla 1:	Oportunidades identificadas en el taller presencial	26
Tabla 2:	Clasificación de oportunidades.....	26
Tabla 3:	Clasificación de decisiones	27
Tabla 4:	Tabla Estratégica con opciones clasificadas por grupos estratégicos.....	27
Tabla 5:	Descripción casos estudiados en CMCC	32
Tabla 6:	Tabla de clasificación de oportunidades.....	62

Índice de Ilustraciones

Figura 1: Ubicación geográfica de CMCC	3
Figura 2: Diagrama de Flujo de la Mina CMCC.....	4
Figura 3: Secuencia metodológica de Análisis de Oportunidades.....	7
Figura 4: Ciclo de planificación de BHP	9
Figura 5: Etapas de planificación	10
Figura 6: Optimización e información necesaria del pit.....	11
Figura 7: Proceso de optimización de plan mina y procesos	12
Figura 8: Flujo de definición de rutas estratégicas	13
Figura 9: Geología regional del distrito de CMCC	15
Figura 10: Tipos de minerales y posibles destinos de procesamiento	16
Figura 11: Árbol de decisión de casos desarrollados para CMCC	31
Figura 12: Producciones de cobre y VAN de las opciones del escenario Caso Base	33
Figura 13: Resultados del escenario de extracción mineral bajo las pilas de lixiviación (MBP)	35
Figura 14: Resultados del escenario de extracción mineral bajo área chancado (MBC)	37
Figura 15: Resultados del escenario de extracción simultánea de mineral MBP y MBC	39
Figura 16: Resultados del escenario de extracción secuencial de mineral MBP y MBC	40
Figura 17: Resultados del escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno ...	43
Figura 18: Resultados del escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno desde MBP.....	45
Figura 19: Resultados del escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC.....	46
Figura 20: Resultados del escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC y lixiviación HYP	48
Figura 21: Resumen de resultados económicos de los principales casos analizados ...	50
Figura 22: Recomendación de rutas estratégicas para CMCC	50
Figura 23: Inventario mineral y crecimiento del rajo CMCC	51

1. Introducción

Entre los años 1990 y 2002, el sector minero en Chile mostró un gran dinamismo, en que la inversión extranjera jugó un rol protagónico, sumando más de US\$ 18.000 millones, esto debido a la riqueza del subsuelo, estabilidad política, social y económica del país. Después de esas fechas, surge el súper ciclo, en el cual el precio de la libra de cobre alcanzó cifras históricamente altas, lo que motivó a las mineras a elevar de manera considerable sus capacidades productivas.

Considerando que las condiciones actuales del mercado han cambiado considerablemente con respecto a los años anteriores y el agotamiento de los recursos geológicos debido a su extracción, el foco de la industria minera en general y particularmente para Compañía Minera Cerro Colorado, es desarrollar proyectos que permitan la extensión de la vida de la operación, además de alternativas de crecimiento y/o expansión, desafiando las inversiones de capital, que permitan ejecutar proyectos atractivos que generen rentabilidad para el negocio.

Teniendo en cuenta que Compañía Minera Cerro Colorado es una faena antigua, que está llegando al fin de su operación en el año fiscal 2024, para entender como desafiar las inversiones de capital que permita extender la vida de la operación, se debe contextualizar que la baja productividad de su proceso de extracción se debe principalmente al incremento de costo mina por la profundización del rajo y al crecimiento del botadero de lastre, aumentando materialmente los tiempos de ciclo de transporte. Adicionalmente, la disminución de las leyes de cobre es significativa, lo que se traduce en que si se desea mantener la misma cantidad de metal producido se deberá procesar más mineral o acceder a otras áreas más atractivas en términos de ley a mayor costo. Lo descrito anteriormente representa un aumento en el riesgo de la inversión, donde el retorno se torna aún más desafiante que, por ejemplo, en yacimientos de mayor calidad como los explotados 30 o 20 años atrás. Además, los recursos estratégicos críticos, como el agua y la energía deben ser incorporados en este análisis ya que son escasos y por ende más costosos en la región.

En este escenario, el presente proyecto de tesis tiene como objetivo central aumentar la rentabilidad de BHP, a través de la incorporación de nuevos proyectos que extiendan la vida de la operación a bajo costo y maximizando la eficiencia de capital de Compañía Minera Cerro Colorado, considerando una evaluación de alternativas de inversiones en la línea productiva, mediante un análisis técnico económico que considera las restricciones del proceso, cuellos de botellas y los desafíos anteriormente descritos.

2. Objetivos

- Definir posibles rutas de crecimiento para Compañía Minera Cerro Colorado, a través de un análisis técnico económico de alternativas que permita la extensión de la vida de la mina, de manera sostenible, a bajo costo y maximizando la eficiencia de capital.
- Identificar escenarios disruptivos utilizando una metodología de análisis de oportunidades que permitan buscar las mejores opciones de proyectos y alternativas de crecimiento bajo los criterios descritos en el punto anterior.

- El análisis estará basado en una evaluación económica que permita la optimización del VAN (Valor Actual Neto), bajo escenarios de variación de capital inversión y de sostenibilidad, capacidad productiva, tipo de procesamiento y costos operacionales.
- El criterio de selección de las alternativas, estará basado en indicadores económicos principales, como lo son; el VAN, tasa interna de retorno y eficiencia de capital. Esto permitirá definir una estrategia de negocio competitiva y atractiva de CMCC, de tal forma de que esta sea incluida formalmente en el portafolio de BHP.

3. Alcance

El alcance de este trabajo se enmarca en los siguientes supuestos:

- La evaluación de los casos estará enmarcada en la etapa de Análisis de oportunidades definido en el proceso anual de planificación estratégica de BHP, correspondiente al proceso del año fiscal 2020, lo que significa que el primer año de evaluación será el año fiscal 2021.
- El estudio se enmarca en un análisis comparativo de los escenarios definidos durante el Análisis de oportunidades, por lo que otros escenarios o tipos de análisis están fuera del alcance.
- Los casos identificados durante el Análisis de oportunidades serán organizados y priorizados por lo que no todos se evaluarán económicamente en el proceso del año fiscal 2020. Estos podrán ser re-evaluados en el siguiente ciclo de planificación.
- Los posibles casos de compra o venta de activos mineros están fuera del análisis.
- El nivel de la información necesaria para evaluar los casos, por ejemplo, capital de inversión, costos, índices operacionales, entre otros, será el suficiente, y es el exigido por la compañía en esta etapa.
- Sólo se dará a conocer información relevante para lograr los objetivos definidos previamente, como son niveles de producción de cobre anual, la extensión de vida de la mina, movimientos de mina promedio, número de camiones y palas en años específicos, capital de inversión y sostenibilidad, VAN, TIR y REC. No forman parte del entregable el detalle de los planes mineros y de producción, índices operacionales y evaluación económica, por tratarse de información sensible para BHP.
- La factibilidad de los casos estudiados estará basada mayormente en la operatividad en términos de ejecución en la mina y en el proceso, por lo que no incluirá análisis de estrategia de permisos, estrategia de comunidades, derechos territoriales u otros similares.

4. Descripción Compañía Minera Cerro Colorado

Compañía Minera Cerro Colorado es operado al 100% por BHP. Es un pórfido de cobre enriquecido que consiste principalmente en una zona de mineralización de óxidos de cobre que se superpone horizontalmente a una secuencia de sulfuros supergenos, sulfuros transitorios y a una zona de mineralización primaria (hipógeno).

CMCC está ubicado en la Región I de Tarapacá, Chile, a 125 kilómetros al este de la ciudad de Iquique (95 km en planta) y a 12 kilómetros al noreste de la ciudad de Mamiña, a una altura de 2.600 metros sobre el nivel del mar. Además, cuenta con un área en Lagunillas, ubicada en la cuenca de Pampa Lagunillas, 50 km al noreste de la mina, esta área corresponde a la zona en donde se localiza el campo de pozos y se efectúa la actividad de extracción de agua. La Figura N°1 muestra un mapa de ubicación de las dos áreas de CMCC.

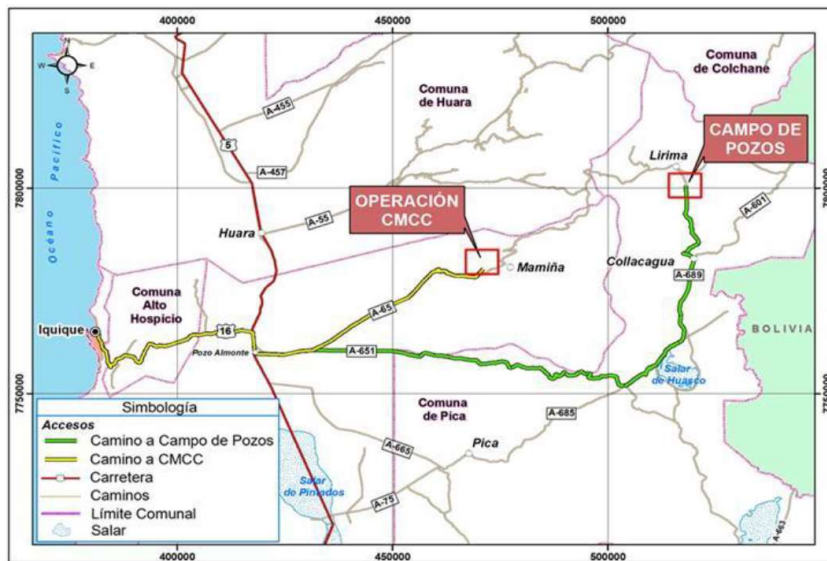


Figura 1: Ubicación geográfica de CMCC

CMCC posee más de 5.440 hectáreas de concesiones mineras que cubren áreas de recursos y reservas. Esta tenencia es actualmente propiedad y es mantenida por Cerro Colorado Ltda. para la operación actual y la infraestructura de las instalaciones proyectadas para el sitio de la mina.

A continuación, se describen brevemente las obras que forman parte de la operación, estas se dividen en área mina y área planta.

Área Mina

La explotación del yacimiento se realiza por el método de rajo abierto, actualmente mueve alrededor de 240,000 tpd de material, a través de bancos dobles de 20 m de altura en el sector del mineral y bancos de 10 m y 15 m de altura en la zona donde se encuentra la sobrecarga de material estéril. Emplea una flota de carguío mixta de 3 palas eléctricas y 9 cargadores frontales, modelo CAT 994 que operan en bancos de 10 metros de altura en los niveles inferiores de mineral. La extracción de lastre de los niveles superiores con palas utiliza bancos de 15 metros. Existe una flota mixta de camiones de transporte: CAT

793 (aprox. 240 ton) y CAT 789 (aprox. 190 ton). Parte de la flota (cargadores frontales y los camiones más pequeños 190 ton) se utiliza para descargar alrededor de 64 ktpd de rípios de las pilas de lixiviación.

Los dos tipos principales de mineral - Óxido, Sulfuros Supergenos y Sulfuros de Bajo Enriquecimiento - se extraen juntos en dos plantas separadas. La mayor parte del mineral se extrae y es enviada directamente del chancador primario, y una pequeña proporción se envía a stockpiles para su posterior remanejo al proceso. La calidad del mineral (relacionada con el contenido de arcilla) es una prioridad diaria, y en la mayoría de los casos los objetivos de calidad se logran a través de una mezcla "camión por camión" en los chancados.

El diagrama de flujo de la mina que aparece a continuación (Figura N°2) muestra la distribución de materiales desde la mina hasta el chancador primario, stockpiles y botaderos de lastre.

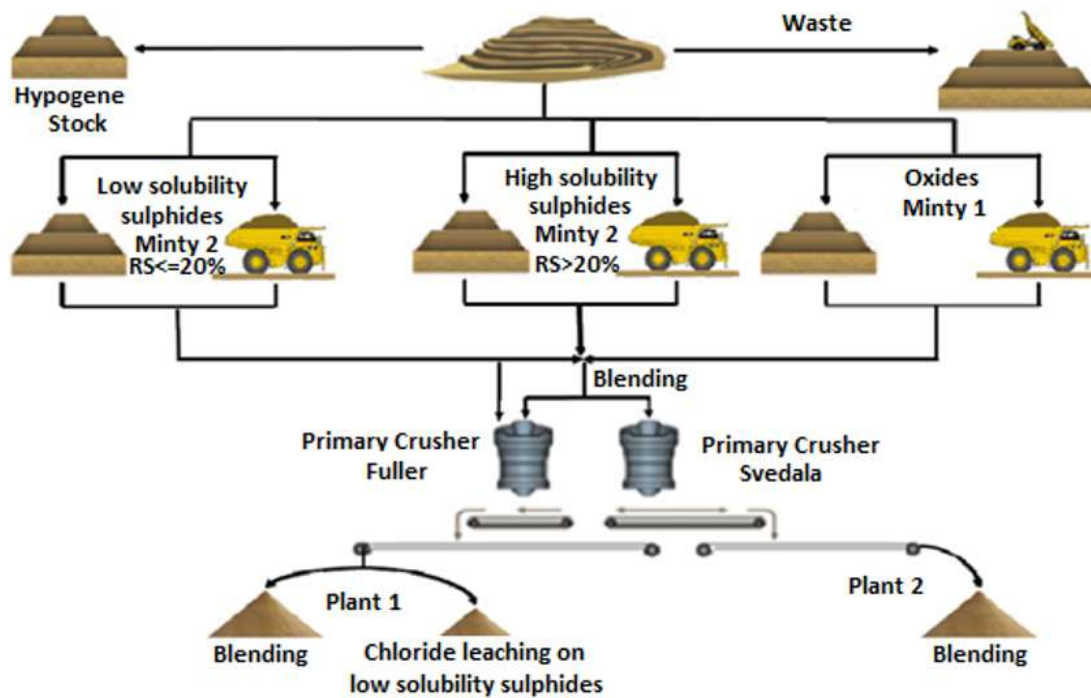


Figura 2: Diagrama de Flujo de la Mina CMCC

Los principales desarrollos, obras, instalaciones e infraestructuras de servicio que soportan las actividades que se ejecutan en área mina corresponden a:

- Rajo.
- Stocks de mineral.
- Botaderos de estériles.
- Taller de mantención equipos mineros.
- Instalaciones de almacenamiento de insumos para tronaduras.

- Piscina de lodos de la losa de lavado de equipos mineros.
- Relleno sanitario.
- Patio de almacenamiento de neumáticos usados.
- Bodega de almacenamiento de equipos radiactivos en desuso.
- Acueducto y reservorio
- Tendido eléctrico CMCC-Mamiña
- Otras instalaciones

Área Planta

El mineral proveniente de la mina es recepcionado en los chancadores primarios de dos plantas de procesos – Planta 1 y Planta 2 – donde su tamaño es reducido a bajo 8" de diámetro y enviado a acopios intermedios. Posteriormente se cuenta con una segunda etapa de chancado secundario y terciario, produciendo un material 100% bajo 1/2 pulgada, el que es almacenado en silos (Planta 1) y en un domo cubierto (Planta 2). Desde estos silos el material es enviado a la etapa de aglomeración, que se realiza mediante tambores aglomeradores, en donde se le agrega ácido sulfúrico concentrado y solución ácida (refino), obteniéndose un producto óptimo al adherir las partículas finas a las de mayor tamaño.

El material aglomerado es transportado mediante un sistema de correas móviles hasta las canchas de lixiviación, donde es acopiado mediante un sistema de apilamiento móvil formándose pilas de una altura variable de entre 3 y 10 m de altura.

Las pilas de lixiviación son regadas con una solución ácida (refino) proveniente de la etapa de extracción por solvente. El producto de la lixiviación corresponde a una solución rica en cobre (PLS) la cual es enviada por un sistema de canaletas y tuberías a piscinas de decantación y posteriormente a piscinas de almacenamiento de solución PLS.

La solución PLS proveniente de las piscinas de almacenamiento es bombeada al estanque de cabeza, que a su vez alimenta el circuito de extracción por solvente (SX). Dicho circuito está compuesto por tres trenes de extracción en los cuales la solución PLS es puesta en contacto con soluciones orgánicas. En esta planta se obtienen dos productos, el electrolito y el refino.

La solución rica en cobre, o electrolito fuerte, es conducida hasta la etapa de electro-obtención (EW) donde en celdas electrolíticas se extrae el cobre desde la solución mediante una diferencia de potencial eléctrico. Cada celda tiene ánodos inertes de Pb, Ca, Sn y cátodos permanentes de acero inoxidable.

Se han producido varias optimizaciones y desbloqueo de proyectos en los últimos años que han aumentado la capacidad de procesamiento de mineral al nivel actual de alrededor de 55ktpd. La lixiviación con cloruro ha sido aplicada en CMCC desde febrero de 2015 a una tasa de 200Kt/mes, la cual es considerada como la proporción aceptable para no poner en peligro la infraestructura de la planta debido a la excesiva corrosión que este proceso pudiese producir.

La vida útil de CMCC queda determinada por el plan minero del caso base, el cual considera un plan de producción hasta el año 2023, conforme además con la vida útil aprobada ambientalmente.

La principal infraestructura que soporta los procesos asociados al Área Planta considera lo siguiente:

- Planta de chancado y sistema de correas.
- Acopio de mineral fino y aglomeradores.
- Estación de descarga y almacenamiento de ácido.
- Pilas de lixiviación, sistema de correas y piscinas de manejo de soluciones.
- Planta de extracción por solventes (SX) y patio de estanques.
- Planta de electro-obtención (EW).
- Botaderos de ripios Planta 1 y Planta 2.
- Subestación eléctrica.
- Otras instalaciones.

Insumos Principales

Respecto a los insumos, el consumo de energía eléctrica de CMCC asciende a 43 MW. La energía eléctrica, es suministrada por el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) desde la S/E de Pozo Almonte, a través de una línea eléctrica de 110 kV que acomete en la S/E localizada en el sector de la planta de electro-obtención.

Para el procesamiento de minerales, regadío de caminos internos, consumo humano en servicios higiénicos y aseo personal, y riego artificial del bofedal de Lagunillas, CMCC requiere como promedio anual alrededor 140 l/s de agua la cual se obtiene desde el campo de pozos de Pampa Lagunillas. La capacidad máxima de extracción de agua permitida ambientalmente desde este campo de pozos es de 150 l/s.

5. Metodología General

Se aplicará la metodología corporativa de BHP de evaluación¹ para poder determinar la ruta de crecimiento para Compañía Minera Cerro Colorado. Esta metodología es una herramienta corporativa y estratégica que es utilizada transversalmente por las distintas áreas de BHP.

5.1 Paso 1: Metodología de Análisis de Oportunidades

Identificar un rango de escenarios bajo una mirada divergente de tal forma de identificar la mayor cantidad de posibles oportunidades de crecimiento para CMCC, aplicando la metodología corporativa de Análisis de Oportunidades² y que se enmarquen con la estrategia de BHP respecto a la explotación de sus recursos naturales. Los escenarios deben estar referidos a distintas formas de procesamientos de mineral, aumento de capacidad productiva, disminución de costos, alternativas de intensidad de capital, nuevas áreas de depositación, acceso a recursos estratégicos, entre otros. Esta metodología se ejecuta en dos etapas, la primera a través de un taller presencial con participación de un equipo multidisciplinario experto y una segunda, la cual es desarrollada por las áreas de planificación estratégica y evaluación económica. La Figura 3 muestra los pasos que contiene esta metodología.



Figura 3: Secuencia metodológica de Análisis de Oportunidades

A continuación, se describe cada uno de los pasos de la Figura 3:

I. Definir el problema a resolver

Consiste en generar una frase, la cual defina de manera concisa la problemática que se quiere resolver, esto nos permitirá enmarcar los escenarios que se identifiquen en el taller presencial de oportunidades.

¹ BHP Our requirements document. 2019. Decision evaluation. Versión 6.3.

² BHP Guidance note. 2019. Opportunity framing guidance note. Versión 1.1.

II. Planteamiento de oportunidades

Esta etapa consiste en generar una lluvia de ideas con las oportunidades que se pueden identificar relacionados al problema a resolver definido en el punto anterior.

III. Clasificación de las oportunidades

Una vez identificado todas las oportunidades a resolver, se deben clasificar con los siguientes ítems:

- Hecho: cuando los datos son conocidos, por ejemplo “hay una nube en el cielo”.
- Riesgos: cuando un evento puede o no ocurrir, por ejemplo “¿Lloverá hoy?”
- Incertidumbre: cantidad que tiene un rango de soluciones posibles, por ejemplo, ¿Cuánto lloverá?
- Decisión: es una elección que puede ser controlada, por ejemplo ¿Llevo paraguas?

Dado esta clasificación, las únicas oportunidades que pueden ser administrados por la empresa son las que tienen la clasificación de Decisiones.

IV. Clasificación de las Decisiones

Una vez realizada la clasificación de las oportunidades, solo se deben filtrar las que quedaron identificadas como “decisiones”, luego, estas serán nuevamente clasificadas con las siguientes categorías:

- Decisiones Políticas: son decisiones que no se tiene influencia, que no se pueden cambiar, pero siempre es muy positivo desafiarlas, para entender si realmente son políticas.
- Decisiones Estratégicas: son las decisiones claves que pueden impactar el direccionamiento y marco de trabajo del plan de negocio y la valorización del caso de negocio.
- Decisiones Tácticas: son decisiones en las cuales se influencia en la estrategia de ejecución de la operación, por lo tanto, no cambian materialmente el valor final del proyecto.

V. Generación de la Tabla Estratégica

Por último, se debe generar una tabla estratégica, la cual contenga todas las decisiones estratégicas identificadas en los puntos anteriores. Esta tabla será el foco del estudio para poder definir la ruta de crecimiento de la operación. Una vez definidos los casos, estos serán clasificados en grupos estratégicos, y finalmente ordenados en un árbol de decisión. Las opciones serán elaboradas y evaluadas para entender el valor de cada una de ellas.

VI. Definición de escenarios

Esta etapa corresponde a la agrupación de varios casos, bajo el criterio de que puedan ser comparables entre ellos, para poder seleccionar la mejor alternativa en función de su evaluación técnica y económica correspondiente. Este ejercicio lo realiza las áreas de planificación estratégica y evaluación económica en sesiones más acotadas.

5.2 Paso 2: Planificación Estratégica

La minería ha sido una industria cuyo proceso productivo ha ido en evolución. Los conocimientos de la cadena productiva de la minería han sido registrados por resultados empíricos, que luego se han estudiado para ir mejorando la productividad de cada una de las fases de producción. Por ejemplo, el cambio de hacer la extracción mina pasando a capacidades de mayor escala, en un intento de disminución de costos. En términos de procesos metalúrgicos, otro ejemplo es la lixiviación de minerales de cobre que ha ido cambiando en eficiencia, de sólo agregar ácido sulfúrico, pasando a biolixiviación para minerales sulfuros supérgenos y lixiviación clorhídrica. Para poder hacerse cargo de esta evolución e incorporar estos nuevos estudios BHP tiene un ciclo de planificación estratégico estructurado (CAP – Corporate Alignment Planning)³, que busca generar valor desde una idea disruptiva hasta su ejecución en el frente productivo. La siguiente figura muestra las etapas de este ciclo.



Figura 4: Ciclo de planificación de BHP

Cada una de estas etapas tiene la misma filosofía de hacer planificación minera, planificación de proceso y evaluación económica, la diferencia es que en cada etapa del ciclo CAP va aumentando el nivel de detalle en la información de entrada y granularidad de los planes, de acuerdo a los avances de los estudios de ingeniería realizados. Además, los casos analizados se van deseleccionando de acuerdo al avance en el ciclo de planificación, partiendo desde el pensamiento divergente donde se recomiendan posibles rutas estratégicas de crecimiento y finaliza con un plan táctico de 5 años que incluya la mejor ruta económica y factible de ejecutar.

Tal como se comentó anteriormente, las etapas de planificación son claves para el éxito de este proceso. Cada una de estas se ilustran en la siguiente figura.

³ BHP Our requirements document. 2018. Corporate alignment planning. Versión 7.2



Figura 5: Etapas de planificación

Optimización de pit final

El primer paso dentro de la planificación, es determinar cuánto mineral es factible extraer, tomando en cuenta el método de explotación y el tipo de procesamiento del mineral. La respuesta a esta pregunta se basa en una decisión económica, donde el material extraído es considerado mineral si es que reporta un beneficio al ser procesado⁴, por lo tanto, el total de material extraído también debe responder a un criterio económico, esto determinará finalmente el tamaño del rajo final, donde se buscará maximizar el beneficio del material que se extraerá. Este problema puede ser formulado matemáticamente como un algoritmo de grafos, siendo el más conocido y aceptado en la industria el de Lerchs-Grossmann⁵. Este algoritmo tiene como función objetivo la maximización del beneficio obtenido del material extraído y el mineral procesado. Para la formulación matemática es necesario tener un modelo discreto del depósito mineral, es decir, cada punto del espacio perteneciente al depósito puede ser descrito como un bloque de tamaño determinado. Cada bloque tendrá asociado atributos, como lo son su posición en el espacio, tonelaje, la cantidad y calidad del mineral que contienen y la ley del elemento de interés económico. La extracción minera de cada bloque tendrá un costo asociado y un posible ingreso económico. El costo estará asociado a la extracción (costo mina), procesamiento (costo de proceso), si es un volumen que contenga mineral, el costo de venta del producto final y los costos generales y de administración de la operación. El ingreso que generará un bloque estará definido por la ley del elemento de interés, la recuperación metalúrgica de aquel elemento y el precio final de venta del producto obtenido. Dado esto, la función objetivo puede ser descrita como sigue:

$$\max F(x_{ij}) = P \cdot l_i \cdot rec_i \cdot x_{ij} - C_m \cdot x_{ij} - C_p \cdot x_{ij} - C_{g\&a} \cdot x_{ij} - C_v \cdot l_i \cdot rec_i \cdot x_{ij}$$

- Donde:
- P: precio de venta del producto
 - x_{ij} : bloque X en posición espacial i con bloque precedente j
 - l_{ij} : ley del bloque i
 - rec_{ij} : recuperación delo bloque i
 - C_m : Costo mina de extraer el bloque i
 - C_p : Costo de proceso del bloque i
 - $C_{g\&a}$: Costo general y de administración del bloque i
 - C_v : Costo de venta del producto final del bloque i

⁴ LANE, K. 1988. The economic definition of ore. Londres, Mining Journal Books Limited. pp 1-33

⁵ LERCHS, H. y GROSSMANN, I. 1965. Optimum design of open-pit mines. En: JOINT C.O.R.S and O.R.S.A. Conference. Montreal, Canadá. Transactions, C.I.M. Volume LXVIII. pp 17-24

Las restricciones en este problema son de carácter físico y geométrico, que obedecen a dos razones principales, la primera es que para extraer un bloque se deben remover los bloques que están ubicados sobre este, estos últimos bloques se denominan precedentes, y la segunda y no menos importante, se deben respetar los ángulos de talud que vienen definidos por condiciones geomecánicas de la roca a extraer. Este conjunto de restricciones, hace que el problema pueda representarse como un algoritmo de grafos, donde el resultado final para la maximización del beneficio sea un conjunto de bloques, definido por la máxima clausura del problema.

La siguiente figura detalla los pasos e información necesaria para realizar la optimización del pit final.

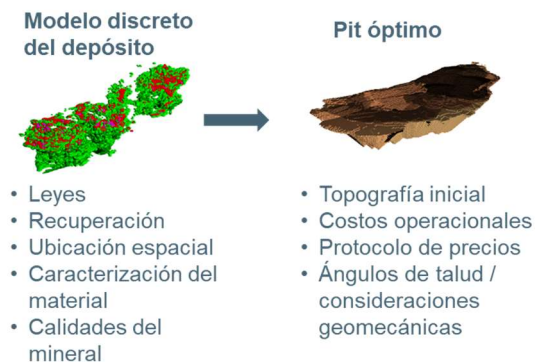


Figura 6: Optimización e información necesaria del pit

Esta optimización es estática, y no considera la variable temporal, es decir no define como se realizará la extracción del material en el tiempo, por lo que la maximización del beneficio no está descontada en el tiempo.

Optimización de plan mina y de producción

La definición del tamaño del pit final es información clave para poder optimizar el plan minero. El objetivo en este caso es determinar la mejor secuencia de extracción de tal forma que se maximice el beneficio en el tiempo, tomando en cuenta variables operativas que permitan ejecutar el plan en construcción.

El proceso se inicia identificando volúmenes que permitan la extracción operativa del rajo, estas se denominan fases. La determinación del tamaño y ubicación de las fases está basada en una decisión económica y operacional. La secuencia de fases se determina de acuerdo a aquella genere el mayor beneficio en el tiempo⁶. El diseño de fases como la determinación de la secuencia es un proceso iterativo de tal forma de que el resultado esté dentro del pit final⁷.

La siguiente etapa es la optimización del plan minero que refiere a la extracción de los distintos materiales; en términos de la cantidad y calidad para determinar los flujos de alimentación a los procesos de tratamiento de minerales y estimación de producción del

⁶ WHITTLE, J. 1988. Beyond optimization in open-pit design. En: FIRST CANADIAN conference on computer application in the mineral industry. Quebec, Canadá. pp 331-337

⁷ KING, B. 2004. Integrated strategy optimisation for complex operations. En: OREMODELLING AND strategic mine planning. Perth, Australia. pp 391-397

producto final asociada a dichos procesos. La estimación se basa en la maximización de los flujos de caja descontados en el tiempo, estos tienen la misma estructura que la función objetivo mostrada en la sección anterior. Cada volumen extraído de material tendrá un destino específico, este se define en función de donde genere mayor valor aquel material. El valor dependerá, por ejemplo, del tipo de mineral, de la ley, recuperación metalúrgica del precio de venta, costos operacionales, capacidades, entre otros.

Otro punto importante dentro de la planificación es la estimación de equipos mina requerido para ejecutar el plan. Este es un balance entre el material total que se debe extraer llevándolo a su destino específico y la capacidad total que tiene la flota de equipos mina. La decisión será mantener la flota actual de equipos mina o incurrir en adquisiciones adicionales, por ejemplo, buscando mayor capacidad o implementación de alguna otra tecnología para mover el material, pero siempre en el marco de generar el mayor beneficio económico⁸.

La Figura 7 muestra las etapas del proceso de optimización de plan mina y procesos:



Figura 7: Proceso de optimización de plan mina y procesos

Esta es una instancia de fuerte integración con distintas áreas productivas y funcionales, que permite incorporar de mejor manera las distintas consideraciones en los planes mineros y su ejecución en el frente de producción. Por ejemplo, tener definida la estrategia de permisos de operación, al igual que el suministro de recursos estratégicos, la infraestructura crítica, relación con comunidades, entre otros.

Evaluación económica

Una vez cerrado los planes mineros, tal como se describió en las etapas anteriores, se evalúan económicamente determinando el VAN y otros indicadores económicos. El objetivo principal de esta evaluación es dar herramientas suficientes a los tomadores de decisión para que puedan determinar si las iniciativas o proyectos incluidos en el plan minero merecen seguir siendo estudiadas y priorizadas en el portafolio de BHP⁹. La idea es enmarcar y definir las oportunidades existentes, de tal forma de no sólo se optimice el

⁸ FOURIE, G.A. y DOHM, G.C. 1992. Open pit planning and design. En: HARTMAN, L. Mining engineering handbook. Denver, EEUU. Society for Mining, Metallurgy & Exploration Editorial. pp 1274-1297.

⁹ BHP Our requirements document. 2019. Decision evaluation. Versión 6.3

caso que incluye proyectos, sino que además el caso base, robusteciendo de esta forma la potencial decisión de continuar con el estudio.

Los parámetros de la evaluación económica deben estar alineados con los parámetros utilizados en la optimización del plan minero.

5.3 Paso 3: Criterios de evaluación de proyectos

Una vez realizada la evaluación económica de los planes mineros, se deben definir los criterios de evaluación, que son aquellos que ayudarán a determinar si un proyecto es conveniente o no para la inversionista. Esto permitirá priorizar los proyectos incluidos en un árbol de decisión o en un portafolio ya definido.

Los criterios de evaluación más relevantes para BHP¹⁰ son los siguientes:

- Valor Actualizado Neto (VAN): Este indicador mide el aporte económico de un proyecto a los inversionistas, esto significa que refleja el aumento o disminución de la riqueza de los inversionistas, si estos deciden participar de la inversión. El criterio para BHP es tener un VAN masivo.
- Tasa Interna de Retorno (TIR): mide la rentabilidad de un proyecto. La regla básica de aceptación consiste en que la TIR sea mayor que el costo de oportunidad del capital de inversión. En el caso de BHP la TIR debe alcanzar ordenes mayores al 15%.
- Razón de Eficiencia de Capital (REC): Este indicador se define como la razón entre el Valor Actualizado Neto y el capital de inversión actualizado a valor presente. Esto permite determinar qué tan eficiente es la decisión de inversión. El criterio utilizado en BHP es que el REC debe ser mayor que 1.

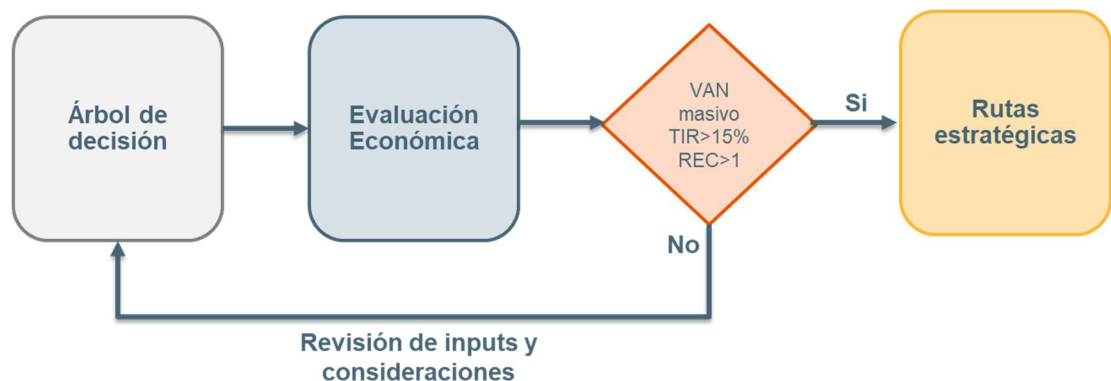


Figura 8: Flujo de definición de rutas estratégicas

Mayor información sobre los inputs requeridos en cada una de las etapas y sus posibles impactos en la evaluación se detalla en el capítulo siguiente.

¹⁰ BHP Guidance note. 2019. Capital prioritisation guidance note. Versión 1.0

6. Antecedentes

La extracción de minerales está definida por parámetros y condiciones económicas, geológicas y técnicas que hacen atractiva la actividad minera, es decir, que generen un beneficio económico a los que realicen dicha actividad.

La definición de mineral, está relacionada directamente al atractivo económico que tiene su extracción. Una consecuencia directa de adoptar una definición económica de mineral es que habrá más de una propiedad inherente de los materiales mineralizados que permitan determinar el atractivo económico, además de factores externos.

Los factores externos estarán determinados por el mercado, que se traducen en precios y factores que impacten en los costos de extracción.

Las propiedades inherentes de los materiales, determinarán cuanto de lo extraído se transformará en un producto que sea comercializable en un determinado mercado, como la cantidad del elemento de interés (por ejemplo, cobre), recuperación del elemento de interés (recuperación metalúrgica) o calidad del producto final (impacto directo en el precio de venta)

El valor económico del mineral extraído en el tiempo, se traducirá directamente en proyecciones de flujo de caja, dado que el resultado de extraer genera ingresos por periodo, y para generar estos ingresos se incurrirá en ciertos costos. Esto conlleva a que se quieran maximizar estos flujos en el tiempo, por lo que se toman dos definiciones:

- El material extraído se tratará como mineral si es que este contribuye con un ingreso económico.
- La minería debe realizarse de tal forma que maximice la extracción de minerales en el tiempo, por lo tanto, los flujos de caja.

Este capítulo muestra la información relevante para determinar la maximización de flujos de caja en el tiempo, y como se utiliza esta información para tal propósito

6.1 Modelo Geológico de Compañía Minera Cerro Colorado

Cerro Colorado es un depósito del tipo pórfido cuprífero que está localizado en el cinturón metalogénico del Paleoceno-Eoceno, en la Región de Tarapacá dentro de la ventana estructural llamada "Mamiña", con 3 sistemas de estructuras principales: NO, NE y NS. El contexto geológico principal se describe más abajo y se muestra en la Figura 9.

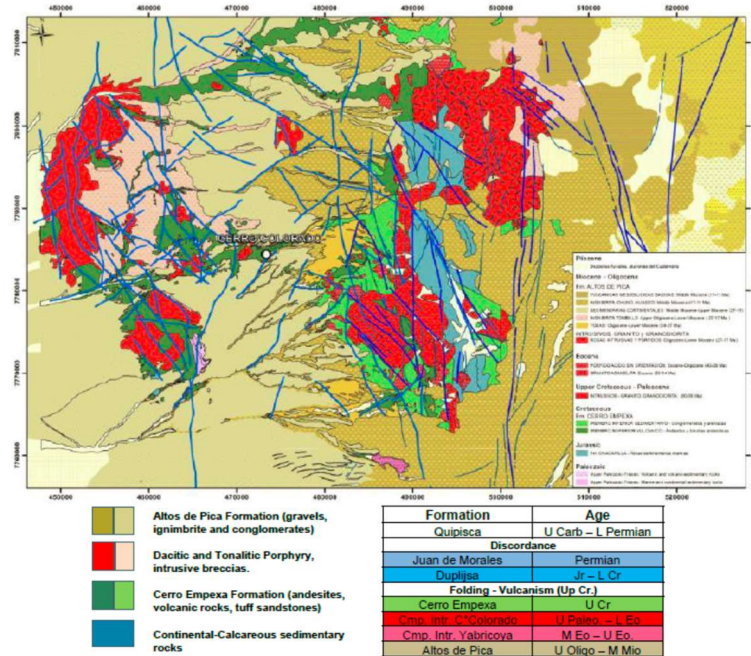


Figura 9: Geología regional del distrito de CMCC

Mineralogía

En un depósito como el de CMCC la zona de mineralización depende del control de las leyes de cobre, lo que es natural debido a que la construcción de este atributo geológico depende directamente de los minerales con contenido de cobre.

Los tipos de minerales que contienen cobre en el depósito se describe a continuación.

- Lixiviado u Óxidos Negros: capa de baja mineralización y alto contenido de hierro ubicada sobre los óxidos con un grosor entre 25m y 75m que contiene distintas cantidades de hematita (sobre 30%) y menor contenido de limonita y jarosita. Los óxidos de hierro presentes están diseminados y en rellenos de fracturas, ocupando la posición de sulfuros que originalmente se habían formado en esas posiciones.
- La zona de óxidos está definida como el material con una razón entre Cobre Soluble (CuS) y Cobre Total (CuT) mayor o igual a 0.5. La crisocola es la mena dominante de óxido de cobre con un menor contenido de brocantita. También se pueden encontrar trazas de libethenita, malaquita, cuprita y tenorita.
- Los sulfuros secundarios o supérgenos se ubican en un área en la cual la calcosina y menor contenido de covelina son encontradas, y el contenido de calcopirita es nulo o en trazas, es decir, se definirá sulfuro supérgeno si es que el contenido de cobre aportado por calcopirita es menor o igual al 20% con respecto al contenido de cobre total aportado por calcosina y covelina.
- Zona transicional, donde se encuentran los minerales Mixtos Sulfuros Hipógenos (MSH), se encuentra entre la zona del mineral supérgeno e hipógeno, este sector

también es llamado de bajo enriquecimiento. Se define por ocurrencias continuas de calcopirita y contenidos adicionales de calcosina y covelina. Se definirá como MSH si es que el contenido de cobre aportado por calcopirita es mayor o igual al 20% y menor o igual a 80% con respecto al contenido de cobre total aportado por calcosina y covelina.

- Finalmente, la mineralización hipógena está representada por pirita acompañada por calcopirita y menor contenido de covelina y molibdenita. Los sulfuros hipógenos están depositados en las unidades de pórfidos y breccias en forma diseminada o en venas. El sulfuro hipógeno se define si es que el contenido de cobre aportado por calcopirita es mayor o igual al 80% y el aporte de cobre proveniente de calcosina y covelina es menor al 20%.

Dada la definición de la mineralogía presente en el depósito de CMCC, los tipos de minerales podrán ser procesado en distintas plantas de procesamiento de acuerdo a las características físicas y químicas de estos, además del potencial beneficio económico que estos minerales pueden generar al ser alimentados al proceso que entregue el mayor margen al momento de recuperar cobre. A continuación, se muestran los tipos de minerales descritos anteriormente y sus posibles destinos de procesamiento.

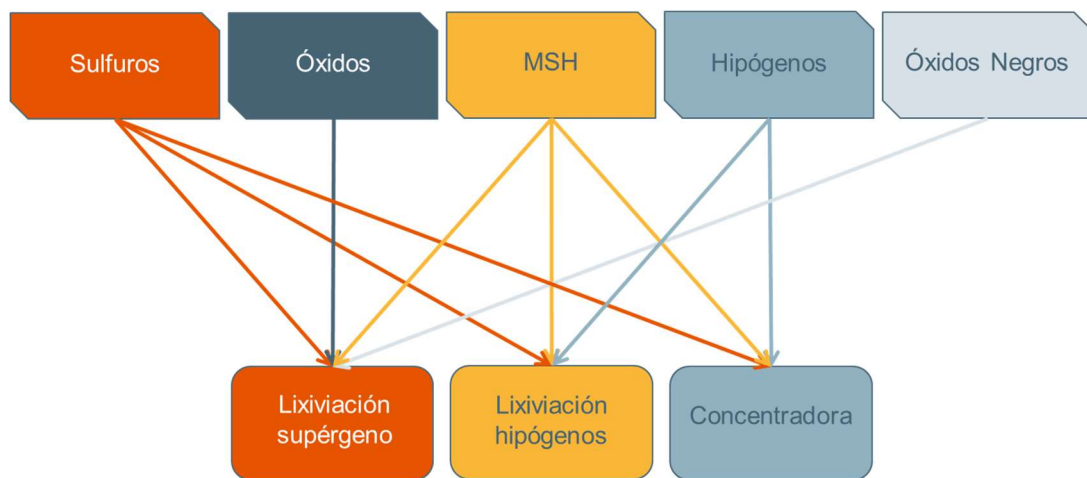


Figura 10: Tipos de minerales y posibles destinos de procesamiento

6.2 Input Económicos

La información económica a utilizar está relacionada a la valorización que se le da al producto final que se tranzará en el mercado de metales, en este caso cobre, y el costo que se incurrió para obtener este producto.

El precio del cobre utilizado para la determinación de valor económico del material extraído, y finalmente los flujos de caja, es una proyección de largo plazo. Esta proyección se obtiene del balance entre la demanda de largo plazo y la oferta de cobre proyectada, el precio final será aquel que en un escenario plausible induzca un proyecto minero que aporte a la oferta a VAN neutral de la demanda global. Este precio se llamará precio ancla o precio de largo plazo y se utilizará para la maximización de flujos de caja o, en otras palabras, la optimización de un proyecto minero.

Otra variable relevante en la obtención de valor de un proyecto minero es el costo en que se debe incurrir para la extracción de mineral y obtención del producto final. El costo sigue la estructura de la cadena de actividades que son necesarias realizar para obtener el producto final. Los costos se pueden dividir en los siguientes grupos de actividades

- Costo de mina
- Costo de proceso
- Costos generales y de administración
- Costo de venta
- Capitales de inversión

El costo de mina incluye el costo de todas las actividades necesarias para extraer el material de la superficie terrestre y que será llevado a procesar o será descartado. En una operación minera a rajo abierto estas actividades serán las siguientes:

- Perforación: actividad en la cual se realizan perforaciones cilíndricas en la roca que albergarán los explosivos que luego se utilizarán para la tronadura.
- Tronadura: proceso de quebrar la roca a través de uso de explosivos con el objetivo de realizar una voladura secuencial y controlada, que libere y reduzca el tamaño de roca.
- Carguío: proceso en que la roca quebrada en tronadura se carga, utilizando equipos mayores como palas de cable, palas hidráulicas o cargadores frontales, a un equipo de transporte.
- Transporte: acción de llevar el material quebrado y cargado a destino, como, por ejemplo, a una planta de tratamiento si es mineral o a botadero si es material sin interés económico (o lastre).

El costo mina se medirá en dólares por tonelada (US\$/t) para reflejar todo el material que fue extraído y llevado a algún destino dentro de la operación minera.

El mineral que sea enviado a proceso, deberá pagar el costo que involucran las actividades de procesamiento, estas incluyen la disminución de tamaño de la roca a un tamaño donde es posible obtener el metal a través de algún proceso químico, y las actividades donde ocurren los procesos químicos. En la industria del cobre existen dos procesos comúnmente utilizados para la obtención del metal: lixiviación en pilas – electro-obtención y flotación – refinación.

En el caso de la lixiviación el costo de proceso involucra las siguientes actividades:

- Chancado: actividad donde se reduce el tamaño de roca, para dejar caras libres de mineral que permitan las reacciones químicas necesarias para obtener cobre.
- Aglomeración: en esta etapa el material ya disminuido de tamaño es tratado con reactivos para formar partículas aglomeradas de alta porosidad, buscando

homogeneizar el tamaño de partículas (ligar finos con gruesos). Se da inicio al proceso químico de obtención de cobre.

- Apilado: el material ya aglomerado, se deposita formando pilas cubriendo un área y una altura determinada, de tal forma de regarlo con reactivos (ácido) y soluciones que contengan cobre recirculado (refino). Al regar el material apilado, reaccionará el mineral que contiene el cobre disolviéndolo en el tiempo, y percolando una solución rica en iones de cobre (PLS).
- Extracción por solventes (SX): en esta etapa la solución rica en iones de cobre, se concentra y purifica (separa los elementos disueltos entre los de interés y los de descarte), mediante un reactivo orgánico.
- Electro-obtención (EW): la solución concentrada es enviada a celdas de electro-obtención donde se hace circular una corriente eléctrica de muy baja intensidad. Al interior de las celdas se disponen ánodos (+) por donde entra corriente eléctrica y cátodos (-) por donde sale esta corriente eléctrica. Los iones de cobre (cationes) presentes en la solución serán atraídos por el cátodo, depositándose sobre él. Se obtiene una placa de cobre, que es el producto final del proceso.

El costo de chancado, aglomeración y apilado se mide en dólares por tonelada de mineral tratado (US\$/t mineral tratado). El costo de SX y EW se mide en dólares por libra de cobre recuperado (US\$/lb).

En el caso del proceso de flotación, las etapas involucradas son las que siguen:

- Chancado: proceso con un objetivo similar al buscado en lixiviación
- Molienda: luego de que el material es disminuido de tamaño en el chancado, este pasa a un sistema de molinos, donde el objetivo es disminuir el tamaño de partícula a ultra fina (menor a 0.18mm), de tal forma de exponer al máximo el elemento que contiene cobre.
- Flotación: las partículas generadas en la molienda, son enviadas a reactores, donde se agregan reactivos que producen burbujas y tienen como objetivo depresar al fondo de la piscina el material sin interés económico, y las partículas de interés (que contienen cobre) sean atraídas por las burbujas, estas floten y sean separadas del agua contenida en los reactores. Las burbujas con las partículas de cobre caerán fuera de los reactores y se rescatarán en canaletas, y se enviarán al siguiente proceso.
- Espesamiento: El producto resultante de la flotación, se envía a grandes estanques (espesadores), buscando separar el material sólido del agua. El resultado final es una mezcla sólida de menor contenido de agua llamada pulpa. Este proceso se realiza para el material de alto contenido de cobre (pulpa de concentrado de cobre) y el material de descarte, aquel que fue depresado en el proceso de flotación (cola o relave).
- Filtrado: La pulpa de concentrado de cobre se envía a un sistema donde se extraerá aún más el agua contenida. En general éstas son prensas que atrapan el material sólido y se descarta el agua para ser enviado nuevamente a proceso.

- Relaves: el material descartado en el proceso de flotación es enviado a un tranque, donde se contiene el material descartado. Un tranque de relaves está formado por un muro de contención, construido normalmente con la fracción gruesa del relave, y una cubeta. En la cubeta los sólidos finos sedimentan y en la superficie se forma una laguna de aguas claras.

El costo de procesos de flotación se estima en dólares por tonelada de mineral tratado (US\$/t mineral tratado).

Los costos generales y de administración, son aquellos costos relacionados a la administración de la operación/compañía minera, se asocia a las actividades anexas que no son propias del proceso de extracción (gerencia, investigación, estudios, recursos humanos, etc.). Este costo se estima en dólares por tonelada de mineral tratado.

Costo de venta: son los costos asociados a marketing (administración de venta), transporte del producto a destino final (in-land y out-land) y en el caso de venta de concentrado costos de tratamiento y costos de tostado (TCRC), que es un cargo hecho por las fundiciones al producto adquirido.

A parte de los costos revisados previamente, los capitales juegan un rol fundamental en el potencial crecimiento de CMCC, estos se clasifican en:

- Capitales de inversión es un término que se utiliza para designar el dinero en el desarrollo de un nuevo proyecto o como una inversión de largo plazo.
- Capitales de sostenibilidad se refiere a la inversión de capital en el corto plazo que permite a CMCC continuar con operación.

6.3 Input de Planificación Mina

La capacidad de extracción y tratamiento dependerá de las variables económicas descritas anteriormente. Como el objetivo es maximizar los flujos de caja en el tiempo o VAN, existirá un punto óptimo entre la capacidad de extracción y la cantidad de cobre producido.

En el caso de la mina se determinarán las capacidades desde la perforación hasta el transporte. En esta cadena de actividades también se debe buscar la capacidad óptima, que desencadenará en la determinación de la cantidad total de equipos mina necesarios para la extracción.

Los atributos principales para la determinación de número de equipos y balance de tamaño y capacidades son los siguientes

- Disponibilidad: fracción de tiempo en que el equipo está preparado mecánicamente para ser utilizado en la actividad que le corresponde.
- Utilización: fracción de tiempo en que el equipo está siendo usado en las actividades para el cual fue diseñado.
- Rendimiento: es la tasa de producción, en toneladas en el tiempo que efectivamente el equipo fue usado para realizar la tarea correspondiente. Se mide

en toneladas por hora (t/hr). Esta depende directamente de la capacidad de diseño de los equipos.

Dependiendo de la actividad dentro de la mina, el rendimiento de los equipos dependerá de distintos factores.

- **Perforación:** El rendimiento se verá afectado en mayor forma por la dureza de la roca y el diámetro de perforación. La utilización es afectada mayormente por movimientos del equipo a grandes distancias. Estos tendrán un impacto directo en el costo final de la actividad
- **Tronadura:** El factor de carga (cantidad de explosivos por tonelada tronada) y la malla de perforación son los factores determinantes que impactarán directamente en el costo de tronadura.
- **Carguío:** el rendimiento de carguío se verá afectado por la granulometría de la roca tronada y capacidad del balde del equipo de carguío. La disponibilidad y utilización serán determinantes en el costo final de esta actividad. El traslado de los equipos de carguío es una de las actividades que más impactan en la utilización. Las toneladas a cargar determinaran el tamaño de equipo a utilizar (capacidad y rendimiento de diseño).
- **Transporte:** El tiempo de ciclo, conformado por tiempos operacionales (tiempo de carga y descarga, tiempos de acuatamiento y espera) y el tiempo de viaje a destino, es determinante en el rendimiento del transporte. La utilización es otro factor determinante, en este caso dependerá directamente del carguío y los puntos de destino (colas).

Como esta es una cadena de producción, cada actividad que es precedente puede afectar a la que sigue, por ejemplo, la baja disponibilidad de perforación y tronadura, puede dejar sin material quebrado a la operación, con el consiguiente efecto de que no hay material para cargar, bajando la utilización del carguío y por ende también la del transporte. Otro ejemplo, es que una baja disponibilidad de equipos carguío puede llevar consigo a que la utilización de la flota de transporte disminuya. Esto afecta a la ejecución del plan, llevando consigo a una baja en producción y también puede aumentar los costos dada la subutilización de la cadena productiva.

6.4 Input de Planificación de Procesos

Similar a la cadena productiva en la mina, la capacidad de procesamiento en la planta será un punto crucial en el objetivo de maximizar el VAN. La capacidad de cobre producido dependerá directamente del balance entre la capacidad de la mina y la capacidad de la planta de beneficio.

Los atributos principales de la capacidad de la planta son los siguientes

- **Disponibilidad:** fracción de tiempo en que los equipos fijos de la planta están preparados mecánicamente para ser utilizados en la actividad que le corresponde.
- **Utilización:** fracción de tiempo en que los equipos fijos de la planta están siendo usado en las actividades para los cuales fueron diseñados.

- Rendimiento: es la tasa de producción, en toneladas en el tiempo, que efectivamente los equipos fijos fueron usados para realizar la tarea correspondiente. Se mide en toneladas por hora (t/hr). Esta depende directamente de la capacidad de diseño de los equipos.

En el caso de la lixiviación:

- Chancado: el rendimiento es determinante en esta actividad. Se mide en toneladas de mineral chancado por hora, y depende de la capacidad de diseño. Por otro lado, la utilización y disponibilidad determinarán el tiempo en que el chancado estará efectivamente operativo.
- Aglomeración: similar al chancado el rendimiento se medirá por el tonelaje de mineral aglomerado por hora. En general esta etapa no debe ser cuello de botella, por lo que se sobredimensiona con respecto al chancado.
- Apilado: El apilado deberá tener un rendimiento mayor a lo que se aglomera, para no detener la producción aguas abajo y sub-utilizar la capacidad de chancado.
- Extracción por solventes (SX) y Electro-obtención (EW): como punto final, el rendimiento se medirá por toneladas de cátodos producida por hora. En esta etapa el dimensionamiento es importante para mantener una cantidad y calidad de cátodos alta, que paga más créditos.

En el caso de la flotación:

- Chancado: similar al caso de lixiviación.
- Molienda: Este proceso es el más demandante en términos de energía. Los molinos utilizados son de grandes dimensiones, por lo que se debe incurrir en un alto gasto para la construcción y operación. El rendimiento del circuito de molienda dependerá directamente de la dureza del mineral tratado, por lo que se buscará maximizar la disponibilidad y utilización de este circuito, y se diseñará de tal forma de que se pueda maximizar el mineral tratado, buscando el balance con el costo de procesamiento.
- Flotación: las celdas de flotación deberán ser capaces de recibir todo el material proveniente del circuito de molienda. Estas no deben ser el cuello de botella del proceso. Se busca maximizar la utilización y disponibilidad de las celdas, y si es necesario se agregarán más reactores al proceso.
- Espesamiento: El rendimiento y utilización es clave en las piscinas espesadoras. Estas dependen directamente de que tan fino es el material proveniente de la flotación. Un buen diseño de estas piscinas logrará maximizar la producción del concentrado de cobre.
- Filtrado: El rendimiento de la planta filtrado es clave para la maximización de producto traído desde el proceso de flotación.
- Relaves: el tratamiento de relaves es un proceso que tiene grandes aristas de seguridad y medioambientales. La operación del tranque de relaves es clave para

no aumentar los costos, desde el punto de recuperar agua para el proceso y de la construcción del tranque. Se tratan las expansiones de tranque (una nueva muralla o peralte) como capital de sostenibilidad del proceso, por lo que tiene un gran impacto en los flujos de caja del proyecto.

Otro punto importante es la recuperación global de cobre en este proceso. De la cantidad de cobre enviado a la planta de beneficio, no se obtiene el 100%, si no que sólo una fracción de esta. El proceso debe estar diseñado de tal forma de que se maximice esta recuperación, y se traduzca en cobre total producido, que es finalmente lo que determinará los ingresos del negocio minero.

En general los materiales del tipo óxido se procesarán por lixiviación dado que maximizan su recuperación y los materiales tipo sulfuro se procesarán por flotación. Esto dado los atributos de estos materiales que permiten que las reacciones químicas tengan un mejor desempeño para poder obtener la mayor cantidad de cobre posible. En lixiviación también se pueden procesar materiales sulfuros, pero se debe diseñar el proceso de tal forma de que esto traiga mayor beneficio que procesarlos en una concentradora (flotación).

7. Análisis de oportunidades para Compañía Minera Cerro Colorado

Para entender el potencial total de crecimiento de CMCC, se debe realizar la identificación de los posibles escenarios futuros de crecimiento de la operación que nos permitirá maximizar el valor del recurso, para llevar a cabo esta etapa, se desarrolló el análisis de oportunidades, incluyendo el taller presencial multidisciplinario, tal como se describe en la metodología de análisis de oportunidades en el Capítulo 5 Sección 5.1. A continuación, se muestran los resultados de cada paso.

7.1 Definir el Problema a resolver

A través de un taller presencial multidisciplinario, CMCC definió el problema a resolver para la operación en el largo plazo y se basa en la siguiente declaración:

“Identificar el crecimiento óptimo de CMCC que maximice el valor del activo, con el objetivo de extender la vida útil de la operación, a través de una operación sostenible, estable, productiva y de bajo costo”

7.2 Planteamiento de Oportunidades

Para realizar un análisis más focalizado en esta sección, se definieron cinco pilares claves en el taller presencial multidisciplinario, que se alinean a la declaración expuesta en el punto anterior. Estos focos son: ingeniería de recursos, costos, geociencias, intensidad de capital y otros.

Se identificaron 113 planteamientos de oportunidades que fueron agrupados en las categorías antes señaladas, dando como resultado la siguiente tabla resumen.

Área Clave		Oportunidades Identificadas
1	Ingeniería de Recursos	Lixiviación mineral de hipógeno
2	Ingeniería de Recursos	Concentrar mineral de hipógeno
3	Ingeniería de Recursos	Lixiviación de ROM
4	Ingeniería de Recursos	Capturar y Procesar material pozo de polvos
5	Ingeniería de Recursos	Aumento de temperatura en etapa reposo del proceso de lixiviación
6	Ingeniería de Recursos	Disminuir granulometría del mineral
7	Ingeniería de Recursos	Levantamiento de cuellos de botella y posibles mantenciones mayores de equipos
8	Ingeniería de Recursos	Análisis de productividad de la mina vs optimización de mezclas de mineral
9	Ingeniería de Recursos	Identificación y selectividad de minerales (Ejm: solución tecnológica “precision mining”)
10	Ingeniería de Recursos	Opción de minería subterránea (alta razón estéril mineral)
11	Ingeniería de Recursos	Mejorar productividad de equipos mina, reestimación tipo de flotas
12	Ingeniería de Recursos	Análisis de la restricción alimentación vs inversión en equipos por la integridad de los equipos.
13	Ingeniería de Recursos	Análisis entre riegos y productividad de la autonomía de equipos mina (perforadoras)
14	Ingeniería de Recursos	Reemplazo de la energía tradicional por energía verde (24/7)
15	Ingeniería de Recursos	Sinergias de energía con otras faenas
16	Ingeniería de Recursos	Analizar opciones de sistemas de transporte (Ejm: sistema convoy, sistema trolley, correas)
17	Ingeniería de Recursos	Aumento ángulos globales de talud

18	Ingeniería de Recursos	Estrategia de desagüe del fondo mina (acceso minerales, abastecimiento de agua), disminución del consumo de agua de Lagunillas
19	Ingeniería de Recursos	Análisis de realizar tronadura para ROM
20	Ingeniería de Recursos	Análisis de aumento de la altura de las pilas de lixiviación
21	Ingeniería de Recursos	Revisar nuevas áreas de apilamiento en la mina
22	Ingeniería de Recursos	Analizar procesamiento de lixiviación in situ
23	Ingeniería de Recursos	Optimización consumos de energía en horarios punta
24	Ingeniería de Recursos	Sinergias con empresa HMC (minerales, agua, arriendo o compra de faena)
25	Ingeniería de Recursos	Evaluación la opción de eliminación de campamento
26	Ingeniería de Recursos	Revisión secuencia de crecimiento de CMCC con los proyectos de extensión de la lixiviación.
27	Ingeniería de Recursos	Solución de relaves no convencionales, si la opción es una concentradora como proceso.
28	Ingeniería de Recursos	Optimización de diseños de fases
29	Ingeniería de Recursos	Caracterización de stocks, remanejo de sobretamaños
30	Ingeniería de Recursos	Aumentar de eficiencia de corriente en la planta de EW.
31	Ingeniería de Recursos	Eficiencia consumo diésel de camiones.
32	Ingeniería de Recursos	Analizar la posibilidad de maquilas (compra y venta).
33	Costos	Seguimiento de los costos claves e insumos críticos
34	Costos	Integración proyectos CIO y MCoE para la mejora en toma de decisiones.
35	Costos	Revisión y optimización de contratos como un modelo de negocio más eficiente en BHP .
36	Costos	Asegurar la correcta gestión, uso y entendimiento de los contratos.
37	Costos	Definir FTE óptimo (interno y externo).
38	Costos	Revisar la ley de corte por proceso y criterio de definición
39	Costos	Estrategia de las flotas 793 (de SPC o MEL) a CMCC
40	Costos	Movimiento de Palas de MEL a CMCC
41	Costos	Optimización de inventarios (stock, W&I)
42	Costos	Piloto de tecnología o nuevos equipos para CMCC (Ejm: camiones, correas, etc.), aprovechar sinergia con vendor.
43	Costos	Evaluar alternativas de optimización del tiempo de ciclo de pilas (sin disminuir recuperación) por mineralogía (Sulfuros con sal)
44	Costos	Pilotaje de la calcopirita con stock hipógenos de 20Mt en área nueva aprovechar de procesar más mineral
45	Costos	Opciones de mejora para estandarizar la disciplina operacional
46	Costos	Mejora y estandarización de la estrategia de mantenimiento
47	Costos	Maximizar el uso de la capacidad latente (SX&EW, uso de área apilable planta 2 hacia botadero, etc.)
48	Costos	No sacrificar el futuro por decisiones del corto plazo
49	Costos	Optimizar el uso de insumos (modelo de consumo de ácido, reactivos SX, tronadura, energía)
50	Costos	Optimización de HH útiles y trabajables (ingresos de área, firma documentos, mantenciones, accesos, etc.)
51	Costos	Búsqueda de eficiencias energéticas e hídricas
52	Costos	Tener un plan maestro con diversos proveedores
53	Costos	Automatización de operaciones y procesos
54	Costos	Optimización del número de personas en faena (uso de campamento) / trabajo remoto
55	Costos	Reducción de ausentismo laboral
56	Costos	Revisión de costos indirectos (administración, prevencionistas, etc.) en contratos con proveedores

57	Costos	Inclusión de lecciones aprendidas de mineras benchmark en cuanto a costos y productividad
58	Costos	Evaluar la habilitación de áreas cercanas para reducir distancias de acarreo
59	Costos	Mayor control en el consumo de insumos por parte de la operación (área operativa dueñas del proceso)
60	Costos	Aumentar el uso en la iniciativa de suministros desde China. (Ejm. Correas, neumáticos, etc.)
61	Geociencia	Analizar nuevos procesos de lixiviación aplicando temperatura en las soluciones.
62	Geociencia	Analizar nuevas formas para lixiviar por ejm: ácido bórico
63	Geociencia	Mejorar el reconocimiento de mineral hipógeno a través de estrategia de perforación
64	Geociencia	Reconocerlos botaderos de ripios
65	Geociencia	Incorporar actualizaciones y mejores prácticas de modelo geotécnico
66	Geociencia	Actualización de modelos geometalúrgicos
67	Geociencia	Lixiviación óxidos negros, que permitirá aumentar producción o bajar costos.
68	Geociencia	Optimizar rangos de Cu lixiviable en mineral tipo MSH
69	Geociencia	Revisión de parámetros geometalúrgicos para la concentradora, para obtención de sub-productos (Au en MSH)
70	Geociencia	Adelantar medidas de cierre - drenaje ácido de los botaderos y pilas (modelo pirita)
71	Geociencia	Buscar el cuerpo de alta ley de mineral de hipógeno
72	Geociencia	Desafiar los resultados del área de exploración. (Buscar nuevos áreas del depósito)
73	Geociencia	Evaluar "Sorting" de minerales antes que lleguen al proceso
74	Geociencia	Utilizar reactivos que permitan aumentar la recuperación, mejorando la permeabilidad (etapa de aglomeración)
75	Geociencia	Aumento de temperatura en sistema de aireación en las pilas (2% beneficio)
76	Geociencia	Opción de compra mineral (o soluciones) a terceros
77	Geociencia	Venta de agua y sal a terceros (planta desaladora)
78	Geociencia	Lixiviación Secundaria de Ripios
79	Intensidad de Capitales	Revisión de modelos comerciales (leasing, sinergias, equipos móviles, fijos, infraestructura, suministro de recursos)
80	Intensidad de Capitales	Evaluación industrial de iniciativas (Fase 0) por ejm pilotaje industrial
81	Intensidad de Capitales	Evaluar perfil de riesgo de iniciativas y proyecto (directrices corporativas)
82	Intensidad de Capitales	Priorización de integridad de los activos (incluyendo pilares de tecnología)
83	Intensidad de Capitales	Alternativas de buscar sinergias con empresas en el distrito minero de CMCC (producción/suministro)
84	Intensidad de Capitales	Leasing de equipos móviles y fijos
85	Intensidad de Capitales	Aprovechar pilotajes en otras operaciones, usando la infraestructura para hacer pruebas de mineral de CMCC
86	Intensidad de Capitales	Incluir iniciativas del área de innovación.
87	Intensidad de Capitales	Ingeniería directa con proveedores de equipos
88	Intensidad de Capitales	Evaluar hacer de CMCC un Joint Venture
89	Intensidad de Capitales	Pilotaje que necesiten otras compañías que se ejecuten en CMCC
90	Intensidad de Capitales	Compra de equipos usados
91	Intensidad de Capitales	Venta de equipos/componentes
92	Intensidad de Capitales	Venta de material descartados o deshechos

93	Intensidad de Capitales	Utilizar benchmark de operaciones similares a CMCC que sean eficientes en ejecución de capital
94	Intensidad de Capitales	Revisión del marco de proyectos para disminuir capital buscando sinergias con la operación, por ejemplo movimiento de tierra que se haga con equipo propio
95	Intensidad de Capitales	Revisar compromisos de RCA
96	Intensidad de Capitales	Usar proceso de Integridad de activos, para hacer una actualización de la infraestructura actual (revisión cuellos de botella)
97	Intensidad de Capitales	Aumentar capacidad de tratamiento con la infraestructura actual (optimizar costos de cuellos de botella)
98	Intensidad de Capitales	Generar contratos tipo "marco" para construcción
99	Otros	Internalización o Externalización (mina, agua, campamento, mantenimiento)
100	Otros	Externalización (material, chancado y transporte)
101	Otros	Desarrollar agua con posibilidad de venta a terceros
102	Otros	Sinergias de suministros y transporte con empresas de la región
103	Otros	Venta producto intermedios (polvo o borra anódica)
104	Otros	Reciclaje (economía circular)
105	Otros	Revisar plan estratégico comunidades específico de CMCC para asegurar futuro (aumentar la empleabilidad de las comunidades)
106	Otros	Plan de desarrollo colaboradores de la primera región
107	Otros	Integración sistemas de información de captura datos (mina/planta)
108	Otros	Actualización de la red OT
109	Otros	Minimizar personal administrativos en faena (trabajo flexible – trabajar desde la casa)
110	Otros	Infraestructura para soportar cambios de tecnología
111	Otros	Creación de centro logístico abastecimiento minero (bodega)
112	Otros	Sistema cocinar y enfriar (permitirá eliminar cocinar en faena)
113	Otros	Desafiar la estrategia de permisos actuales

Tabla 1: Oportunidades identificadas en el taller presencial

7.3 Clasificación de Oportunidades

Se procedió a realizar la clasificación de las oportunidades identificadas en el punto II anterior, dando como resultado la siguiente clasificación:

Clasificación de oportunidades	Cantidad
Decisiones	100
Hechos	11
Riesgos	2

Tabla 2: Clasificación de oportunidades

En el Anexo N°1 se muestra el detalle de esta clasificación de oportunidades identificadas en el punto II.

7.4 Clasificación de las Decisiones

Una vez identificadas las 100 decisiones provenientes del punto III anterior, se deben reclasificar, en tácticas, estratégicas y políticas, tal como se comentó en el capítulo anterior, dando como resultado la siguiente tabla:

Clasificación de decisiones	Cantidad
Tácticas	54
Estratégicas	44
Políticas	2

Tabla 3: Clasificación de decisiones

En el Anexo N°1 se muestra el detalle de esta clasificación de las decisiones del punto III.

7.5 Generación de la Tabla Estratégica

Ya identificadas las decisiones estratégicas (punto IV anterior), se clasifican de acuerdo al área del negocio a la que impactan y se construye la tabla estratégica separándolos por grupos estratégicos, que definirá finalmente el número de opciones que se analizarán para resolver el problema definido originalmente, estos casos se ordenarán en un árbol de decisión, esto se muestra en el Capítulo 8 (Figura 11). En el caso estudiado en este documento la tabla estratégica es como se muestra a continuación.

Proyectos de expansión	Planificación	Lixiviación de nuevos materiales	Capacidad Latente	Equipos mina	Modelamiento de Recursos
Acceso a mineral bajo infraestructura planta	Cambio de leyes de corte metalúrgicas	Lixiviación de ripios	Nueva área Lixiviación	Reemplazo de flota mina	Lixiviación de óxidos negros
Acceso a mineral bajo área de chancado	Áreas de botadero/stock con menor distancia de transporte	Lixiviación de material de pozo de polvos	Flexibilización de restricciones metalúrgicas	Uso de Convoy	Lixiviación de material transicional (sobre 30% de calcosina)
Acceder a mineral bajo área planta y chancado simultáneamente	Cambio de ángulo de talud			Uso de camiones con asistencia Trolley	Lixiviación de material transicional (sobre 40% de calcosina)
Lixiviación de mineral hipógeno (Calcopirita)	Análisis de diseños de fases			Reemplazo de camiones por correas transportadoras	
Flotación de mineral hipógeno (Calcopirita)					
Proyectos de eficiencia hídrica					

Tabla 4: Tabla Estratégica con opciones clasificadas por grupos estratégicos

Esta tabla estratégica será analizada y priorizada en el ciclo de planificación vigente de Cerro Colorado, para poder tener mayor foco en las decisiones estratégicas críticas futuras del negocio. No todas las opciones serán analizadas en este ejercicio, debido a que algunos casos requieren más tiempo de elaboración debido a su complejidad.

7.6 Descripción de los grupos estratégicos

La tabla estratégica descrita en el Capítulo 8.2 llevó al análisis de más de 300 opciones factibles. La evaluación de estas opciones tiene distintos niveles de profundidad, algunos casos tendrán un detalle mayor incluyendo un completo plan de producción, otros casos pueden ser analizados sólo por su nivel de factibilidad de implementación. En ningún caso las opciones son descartadas por su nivel de riesgo, es por esto que la metodología descrita identifica Decisiones, Riesgos, Hechos e Incertidumbres.

La descripción de los grupos estratégicos es la siguiente:

I. Proyectos de expansión

Son aquellas decisiones que extienden la vida de la operación con una inyección de Capital mayor.

- a. Acceso a mineral bajo infraestructura planta: la oportunidad existe en remover las pilas de lixiviación de planta 1 en CMCC y procesar los minerales supérgenos bajo esta infraestructura.
- b. Acceso a mineral bajo área de chancado: de manera similar al punto anterior, la idea es acceder a los minerales concentrados bajo el área de chancado.
- c. Acceso a mineral bajo infraestructura planta y chancado simultáneamente: en los casos anteriores estas opciones se analizan de forma individual y buscando la mejor secuencia temporal entre ellos, en este caso la idea es acceder al mineral en ambas áreas simultáneamente.
- d. Lixiviación de mineral hipógeno: la idea es implementar una nueva tecnología de lixiviación de mineral hipógeno (calcopirita) que obtenga una recuperación metalúrgica mayor al 65%. Hoy la recuperación de este tipo de mineral en lixiviación no supera el 35%.
- e. Flotación de mineral hipógeno: el objetivo es la instalación de una planta concentradora de cobre que permita procesar este tipo de mineral.
- f. Proyectos de eficiencia hídrica: Existen proyectos que ayudan a minimizar el uso de agua en el proceso extractivo de CMCC. Si bien estos proyectos no extienden por sí mismos la vida de CMCC son habilitadores de una potencial expansión, dado que no sólo bajan los costos operacionales, sino que tienen un efecto político y social importante si es que se considera extender los permisos de operación de CMCC.

II. Planificación

En esta sección se incluyen las alternativas que cambian directamente los planes de producción y requieren un cambio en la planificación de estos.

- a. Cambio de leyes de corte metalúrgica: existe restricciones del cobre contenido en el material enviado a proceso, dada la recuperación de estos

materiales. En este caso se desafía esta restricción enviando a proceso materiales que tengan menor ley que la metalúrgica, pero que sean económicamente atractivos.

- b. Áreas de botadero/stockpiles con menor distancia de transporte: al buscar estas nuevas áreas, con nuevos diseños de botadero y/o stockpiles se podría disminuir el tiempo de ciclo de transporte, disminuyendo de esta forma el costo operacional, aumentando el valor económico de CMCC.
- c. Cambio de ángulos de talud: la opción existe al aumentar los ángulos de talud, permitiendo de esta forma disminuir la extracción de lastre (bajar costos de operación y capital), accediendo de forma más rápida a mineral (adelantar ingresos en el tiempo).
- d. Análisis de diseños de fases: con la nueva información del modelo geológico se revisarán las nuevas fases, para optimizar la razón estéril/mineral y ver oportunidades de capturar mejores leyes.

III. Lixiviación de nuevos materiales

Son aquellas opciones que incluyen nuevos materiales al proceso de lixiviación, pero no extienden la vida de la operación.

- a. Lixiviación de ripios: la idea es procesar nuevamente los materiales que fueron descartados luego de que ya fueron lixiviados una vez.
- b. Lixiviación de material de pozo de polvos: durante el proceso de chancado y aglomeración se genera material de menor granulometría que es descartado y depositado en un pozo. Este material se puede re-introducir en el proceso gradualmente y obtener beneficios económicos.

IV. Capacidad latente

Incluye opciones que harían uso de la capacidad latente en la nave de electro-obtención de CMCC.

- a. Nueva área de lixiviación: permite aumentar la cantidad de mineral tratado para poder maximizar el uso de la nave de obtención de cobre.
- b. Flexibilización de restricciones metalúrgicas: para poder obtener la mayor recuperación metalúrgica se requieren ciertas condiciones de tratamiento y características del mineral a procesar. Estas se traducen en restricciones del tipo mineral a alimentar, las que pueden llevar a un aumento en los costos de extracción y condicionar la secuencia minera. La flexibilización de estas restricciones, puede llevar a un cambio en los costos mina a cambio de una baja en la recuperación metalúrgica, o una reacción rápida en la planta de procesamiento.

V. Equipos mina

Considera las opciones que cambia el manejo de materiales en la mina.

- a. Reemplazo de flota mina: se analiza el tiempo óptimo de reemplazo de la flota mina. Además, se revisan alternativas de cambio de la capacidad de la flota de carguío y transporte.
- b. En los casos de cambio de manejo de material, como los convoys, trolley y transporte por correa, estos escenarios se modelarán realizando sensibilidades en la variable de costo mina.

VI. Modelamiento de Recursos

Toma en cuenta la lixiviación de nuevos minerales, pero que requiere una caracterización geológica y geometalúrgica mayor.

- a. Lixiviación de óxidos negros: los óxidos negros son un material del tipo lixiviado que contiene mineral óxidos, pero además tienen un porcentaje de hierro. Estos materiales pueden ser tratados en lixiviación bajo ciertas características de tratamiento.
- b. Lixiviación de mineral transicional con contenidos de calcosina sobre 30% y 40%: este tipo de material tienen un bajo contenido de sulfuro supérgeno (calcosina) y que deben ser tratados y preparados para ser lixiviados de manera distinta a la convencional.

8. Análisis de escenarios para Cerro Colorado

Los grupos estratégicos descritos en la sección anterior dan paso a una serie de casos que buscan obtener el mejor valor para Cerro Colorado en global.

Para obtener este valor, se utilizará Valor Actualizado Neto (VAN) como indicador principal de valor además de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Razón de Eficiencia de Capital (REC).

En este capítulo se analizarán las consideraciones utilizadas para cada uno de los casos estudiados, y luego se revisarán los resultados comparativos entre los casos descritos.

8.1 Descripción de casos estudiados para CMCC

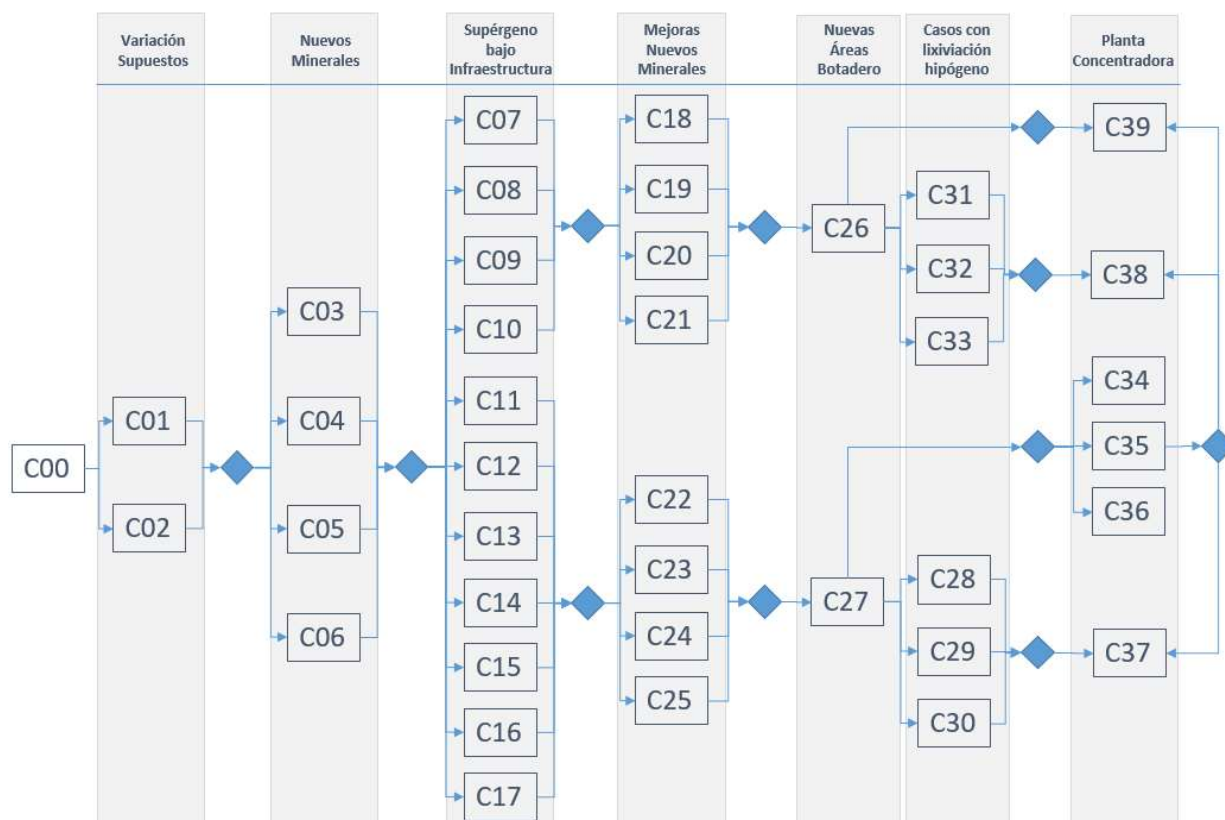


Figura 11: Árbol de decisión de casos desarrollados para CMCC

A continuación, en la Tabla 5 se describen los casos del árbol de decisión de la Figura 11.

Clasificación	Caso	Descripción
Caso Base	C00	Caso base de CMCC
Variación de supuestos	C01	Extensión de la vida de la mina sin capitales extras
	C02	Optimización de fases mineras
Nuevos minerales marginales	C03	Incluye minerales MSH con 40%-50% de cobre lixiviable
	C04	Incluye minerales MSH con 30%-50% de cobre lixiviable
	C05	Incluye minerales MSH con 40%-50% de cobre lixiviable, y óxidos negros
	C06	Incluye minerales óxidos negros

Supérgeño bajo infraestructura	C07	Mineral bajo las pilas (MBP) con capacidad de procesamiento de 12Mt
	C08	MBP con capacidad de procesamiento de 17Mt
	C09	MBP con capacidad de procesamiento de 21Mt
	C10	Mineral bajo área chancador (MBC) con capacidad de procesamiento de 21Mt
	C11	Secuencial MBC y MBP con capacidad de procesamiento de 21Mt
	C12	Conjunto MBP y MBC con capacidad de procesamiento de 12 Mt
	C13	Conjunto MBP y MBC con capacidad de procesamiento de 17 Mt
	C14	Conjunto MBP y MBC con capacidad de procesamiento de 21 Mt
	C15	Secuencial MBP y MBC con capacidad de procesamiento de 12Mt
	C16	Secuencial MBP y MBC con capacidad de procesamiento de 17Mt
C17	Secuencial MBP y MBC con capacidad de procesamiento de 21Mt	
Mejoras que incluye nuevos minerales	C18	El mejor caso de C07 al C10 se incluye minerales MSH con 40%-50% de cobre lixiviable.
	C19	El mejor caso de C07 al C10 se incluye minerales MSH con 30%-50% de cobre lixiviable.
	C20	El mejor caso de C07 al C10 se incluye minerales MSH con 40%-50% más óxidos negros de cobre lixiviable.
	C21	El mejor caso de C07 al C10 se incluye minerales óxidos negros
	C22	El mejor caso de C11 al C17 se incluye minerales MSH con 40%-50% de cobre lixiviable.
	C23	El mejor caso de C11 al C17 se incluye minerales MSH con 30%-50% de cobre lixiviable.
	C24	El mejor caso de C11 al C17 se incluye minerales MSH con 40%-50% más óxidos negros de cobre lixiviable.
	C25	El mejor caso de C11 al C17 se incluye minerales óxidos negros
Nuevas áreas botaderos	C26	El mejor caso C18 al C21, incluyendo optimización tiempos de ciclos por nueva área de botaderos
	C27	El mejor caso C22 al C25, incluyendo optimización tiempos de ciclos por nueva área de botaderos
Casos con lixiviación de hipógenos	C28	C27 más lixiviación de hipógenos a una capacidad de procesamiento de 21Mt
	C29	C27 más lixiviación de hipógenos a una capacidad de procesamiento de 32Mt
	C30	C27 más lixiviación de hipógenos a una capacidad de procesamiento de 42Mt
	C31	C26 más lixiviación de hipógenos a una capacidad de procesamiento de 21Mt
	C32	C26 más lixiviación de hipógenos a una capacidad de procesamiento de 32Mt
	C33	C26 más lixiviación de hipógenos a una capacidad de procesamiento de 42Mt
Planta concentradora para procesar hipógenos	C34	C27 más planta concentradora a una capacidad de 60ktpd
	C35	C27 más planta concentradora a una capacidad de 90ktpd
	C36	C27 más planta concentradora a una capacidad de 120ktpd
	C37	C27 mas mejor caso C28 al C30 y el mejor caso C34 al C36
	C38	C26 mas mejor caso C31 al C33 y el mejor caso C34 al C36
	C39	C26 y el mejor caso C34 al C36

Tabla 5: Descripción casos estudiados en CMCC

La descripción detallada de las consideraciones definidas en cada uno de los casos de la Figura 11, se puede encontrar en el Anexo N°2.

8.2 Análisis de los casos estudiados para CMCC

Se han presentado variados casos que buscan aumentar el valor de la operación minera de Cerro Colorado. Estos casos fueron descritos en el capítulo anterior y cada uno de ellos fue evaluado económicamente, buscando indicadores que ayuden a decidir cuáles son las mejores opciones de generación de valor. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

8.2.1 Escenario Base

La optimización del caso base debe buscar la maximización del valor económico de la operación, bajo factibilidad técnica y operativa. Son tres casos los que se analizaron, la primera opción sin mejoras operativas (C00), un segundo caso donde se busca la opción de extender la vida de operación sin incluir nuevos capitales de inversión, incluyendo 2 fases de extracción adicionales dentro del área aprobada ambientalmente en la mina, generando mayor volumen de mineral (C01) y un último caso donde se optimiza el diseño de fases, específicamente la fase 124, restringiendo la vida de la mina al permiso de operación actual y que permita maximizar la extracción de mineral con mejores leyes (C02).

Los siguientes gráficos muestran los resultados del análisis realizado para el escenario base.

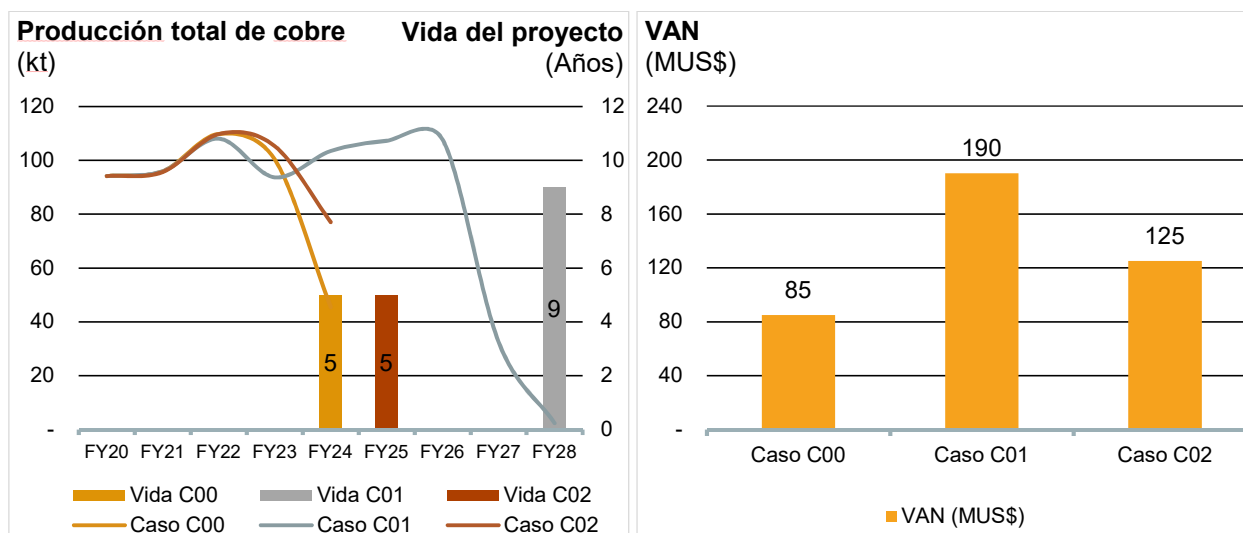


Figura 12: Producciones de cobre y VAN de las opciones del escenario Caso Base

En estos casos no se consideran capitales de inversión, por lo que el indicador económico más importante es el VAN que genera cada una de las opciones. Es posible observar que el mayor valor generado está dado por el caso C01, que extiende la vida de la operación por 3.5 años, debido a la inclusión de dos fases adicionales que aportan más mineral al proceso (~40% más de mineral). Para poder extraer el mineral, el movimiento mina es mayor que los otros dos casos, lo que implica mantener en operación equipos mina por más tiempo, específicamente camiones de extracción, lo que significa un gasto mayor en

esta opción. Para ejecutar este caso se debe solicitar un nuevo permiso medioambiental, presentando un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) a la autoridad, para poder extender la operación más allá de diciembre 2023 (permiso actual). Para llevar a cabo este proceso se debe completar la ingeniería del proyecto (2 años de estudios), para presentar un caso robusto a las autoridades y obtener la aprobación, que en general toma aproximadamente 3 años en la tramitación. Además, es necesario buscar una fuente de agua no continental para asegurar la aprobación del permiso, lo que representa una gran inversión si se considera una planta de tratamiento de agua de mar, ya sea por construcción propia o un contrato con terceros. Esto haría que el caso no fuese atractivo, dado que el periodo de producción no pagaría el capital necesario para la construcción de la planta.

El caso C00 es el que presenta la menor producción, generando flujos de caja menores que los otros casos, por lo que presenta el menor VAN. Esto a pesar de que tiene un menor número de camiones en operación, dado que debe extraer menos material en el tiempo. Este ahorro en costo operacional no es suficiente para equiparar la menor producción que se obtiene. Por lo tanto, el caso es considerado el menos atractivo de los tres.

Finalmente, el caso C02 presenta un movimiento mina mayor al Caso C00 (50Mt más en toda la vida de la mina), por lo que requiere un número mayor de camiones de extracción (la mayor diferencia es de 6 camiones extras en el FY22) para poder mover la totalidad del material en la fase 124 optimizada. Esto no implica una inversión dado que se utiliza la flota actual disponible en CMCC. Por lo tanto, este caso presenta un mayor costo operacional, con el objetivo de poder aumentar la producción de cobre, a través de ir en búsqueda del mineral de mayor ley de la fase 124. Los ingresos generados por esta mayor producción pagan el costo adicional, generando flujos de caja mayores alcanzando un VAN de US\$125M, que es un valor intermedio entre los casos descritos anteriormente. Esta alternativa finaliza la producción en diciembre 2023, manteniendo las condiciones del permiso vigente de CMCC, por lo que no es requerido una nueva tramitación, estudios, ingenierías y capital de inversión.

Se buscaron alternativas al Caso C02, como por ejemplo incluir nuevos minerales al proceso, esto son los Casos C03, C04, C05 y C06. Si bien generan valor, no son mayores al caso de rediseño de la fase 124. Esto es debido a que los nuevos minerales incluidos en aquellos casos tienen menor ley y menor recuperación metalúrgica que el caso que busca encontrar minerales con un nuevo diseño. Estas alternativas se mantendrán como opción para los casos que permita extender la vida más allá de 10 años. Los casos de incluir nuevos materiales se mantendrán como opción para aquellos casos con una vida de mina de más largo aliento.

8.2.2 Escenario de extracción de mineral bajo pilas de lixiviación (MBP)

Los casos analizados en el punto anterior, se observó que la extensión de la vida de la mina genera beneficio económico para CMCC, por lo que se genera un apetito en buscar proyectos que extiendan la vida de la operación más allá de 3.5 años. Dentro de los escenarios posibles de crecimiento existe la opción de acceder a mineral bajo infraestructura existente. El escenario presentado en esta sección muestra los casos donde se extrae mineral bajo el área de apilado en la operación. Al hacer esto existen opciones de reemplazar la infraestructura que se remueve, lo que tiene una implicancia

en la capacidad de tratamiento y la intensidad de capital, o no reemplazar la infraestructura, con similar efecto.

Una de las condiciones para extender la operación es encontrar una alternativa de suministro de agua, debido que el acceso a agua continental termina en diciembre del 2023. Dentro de los compromisos públicos de BHP para hacer sus operaciones sustentables es reducir progresivamente el uso de agua continental, es por este motivo que la opción es utilizar agua de mar, lo que implica construir una planta de tratamiento y la línea que impulsará el agua desde la costa a CMCC. Hay dos posibilidades para financiar la construcción de la planta de tratamiento, la primera es que sea 100% construida con capital propio y la segunda es que la construcción sea financiada por un tercero, pagando una tarifa por operación y por el capital de inversión. Esta última alternativa se hace más atractiva para CMCC debido a que el capital inicial de la planta es intensivo que reduce el atractivo de la opción de extender la vida de la mina.

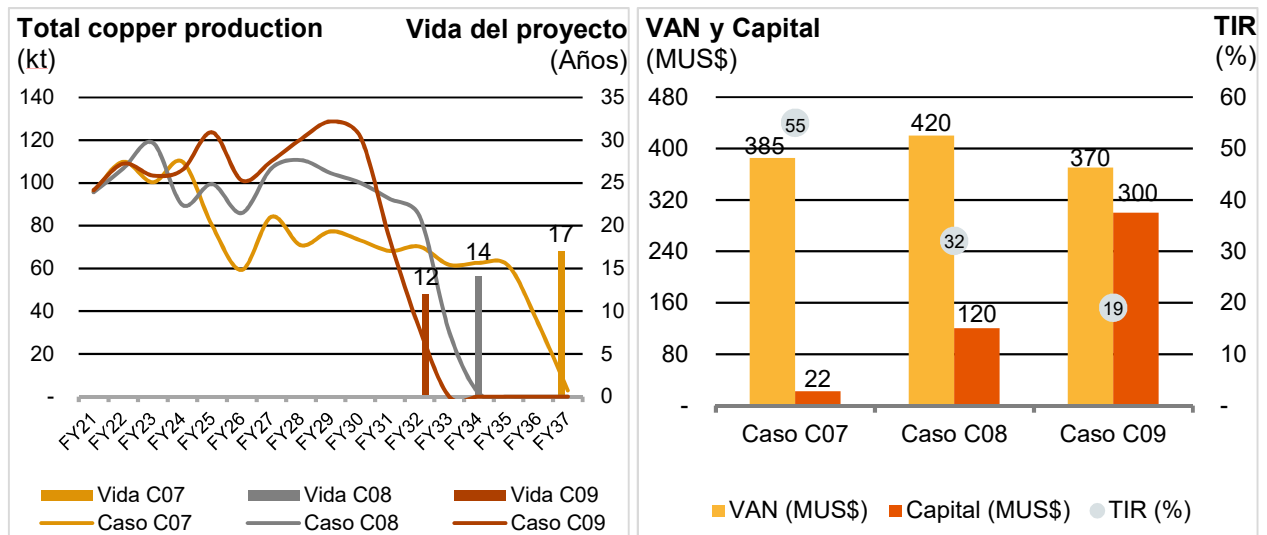


Figura 13: Resultados del escenario de extracción mineral bajo las pilas de lixiviación (MBP)

En la opción de reemplazar la infraestructura que se remueve, se tiene el Caso C09, donde la intensidad de capital alcanza US\$300M que básicamente incluye adicionar un área nueva de apilamiento y la infraestructura de conexión del proceso, por este nuevo acondicionamiento la capacidad de tratamiento alcanza los 21Mt por año. En los casos C07 y C08 no se reemplaza la infraestructura que se remueve, teniendo por consiguiente una capacidad de tratamiento menor. El Caso C08 asume que se podrán tratar 17Mt de mineral por año, cambiando la disciplina de tratamiento e invirtiendo en conexiones y correas del área de chancado, con una intensidad de capital de US\$120M aproximadamente y el caso C07 asume una menor inversión, debido a que solo debe realizar un manejo de soluciones en el proceso, logrando tratar 12Mt por año como máximo de mineral apilado, quedando capacidad ociosa en el chancado.

Los resultados obtenidos muestran que la vida de la mina más extensa es para el caso de tratamiento de 12Mt y la de menor es la de 21Mt, esto viene dado a que todos los casos procesan la misma cantidad de mineral en total, pero a un ritmo distinto. Es importante notar que el caso con mayor tratamiento (C09) debe mover más material en

la mina por año, con un máximo de 120Mt, para poder alcanzar los niveles de producción mostrados en la Figura 13. Esto es mucho mayor que en el caso C08 donde se mueve como máximo 100Mt por año y el caso C07 que no supera los 95Mt de movimiento mina por año. Esto tiene una implicancia en la flota de camiones, debido a que a mayor movimiento se requiere un número de camiones mayor, y por consiguiente inversiones mayores en términos de la flota de equipos mina.

El caso C07 de menor movimiento tiene un máximo de 36 camiones, es decir, no hay inversión en adquisición de camiones adicionales, pues se utiliza la flota actual de CMCC. El caso C08 alcanza un máximo de 46 camiones, por lo que se debe incurrir en una inversión de 5 camiones en el FY25. Finalmente, el caso C09 presenta la adquisición de 13 camiones entre el FY23 y FY25 alcanzando un máximo de 54 camiones y una pala eléctrica de 73 yd³ en el FY24. Cada adquisición de camión es aproximadamente US\$5M y la pala US\$30M.

Otro punto a considerar es el consumo de agua que requiere cada una de las opciones analizada. Se consumirá mayor agua en el caso que la tasa de tratamiento sea mayor, tomando en cuenta que el suministro de agua se pagará a un tercero este punto cobra relevancia. El caso de 12Mt de tratamiento consume ~85 l/s, el caso de una capacidad de proceso de 17Mt consume una tasa de ~100 l/s y el caso de mayor capacidad de proceso tiene una tasa de consumo de agua de ~125 l/s. El costo operacional del proceso aumenta dada las tarifas que se negocian con un tercero de aproximada US\$7 l/s.

Los resultados económicos muestran que el mayor VAN es el caso C08 (ver Figura 13), esto viene dado por que la producción de cobre es suficiente para poder pagar la inversión inicial de US\$120M, los costos operacionales y la inversión en equipos mina, este caso además muestra una TIR de 32% y un REC de 1.16, que hace aún más atractivo el caso bajo los criterios de BHP. El caso C09, a pesar de que produce más cobre, no se ve beneficiado debido a que la intensidad de capital es mayor y el costo operacional en que se debe incurrir para alcanzar esos niveles de producción es mayor que el caso C08, en este caso el VAN es de US\$370M con una TIR del 19% y un REC de 0.65. Finalmente, el caso C07, a pesar de mover menos material, reduciendo los costos operacionales y tener un capital inicial de intensidad más baja produce mucho menos cobre en el tiempo, lo que hace que los flujos generados no sean los suficientes para superar al caso C08, sin embargo, tiene una TIR saludable (55%) y un REC de 2.95. Es por esto que el caso más atractivo es aquel de capacidad de tratamiento de 17Mt (C15).

Existe un desafío adicional para el caso C08, que es el que presenta los mejores indicadores económicos, este es lograr las recuperaciones metalúrgicas de cobre apilando el material en las pilas de lixiviación a mayor altura. Actualmente CMCC opera con pilas a 6m de altura, con un proceso de pre-tratamiento y tiempos de procesamiento específicos en esta condición. Si es que hay un cambio de altura se deben revisar los parámetros metalúrgicos de operación de las pilas a través de pruebas de laboratorio, pruebas piloto e industriales. Se estima que podría haber una pérdida de 15 puntos de recuperación si es que no hay un manejo del cambio adecuado para esta nueva forma de operar, el impacto económico sería de ~US\$65M. Los casos C07 y C09 operan con las condiciones actuales, esto es posible dado que se tiene consideradas las áreas suficientes para no sobrepasar los 6m de altura de apilado.

Existe otro beneficio de extender la vida de la operación de CMCC, que es el retraso de la ejecución del cierre de la mina que tiene un costo de ~US\$200M, por lo que es conveniente invertir US\$120M (MBP) en el mediano plazo, obteniendo beneficio económico y no incurrir en el costo de cierre de la operación, que por lo demás tiene un costo de reputación, que no se ha medido económicamente en este estudio.

Existen beneficios que no se han medido en este escenario, que es la posibilidad de bajar el costo operacional, específicamente el costo mina, cambiando la forma del manejo de materiales. Se estima que se podría bajar entre 5% y 15% el costo mina si se implementa autonomía de camiones, correas transportadoras, trolleys y/o sistema de convoys, de esta forma haciendo aún más atractivo los casos descritos en esta sección.

8.2.3 Escenario de extracción mineral bajo área chancado (MBC)

Existe otro sector en CMCC donde hay mineral supérgeno disponible, que se encuentra bajo el área de chancado actual. El mineral en este caso presenta mayor ley de cobre que en el escenario MBP, es por esto que es necesario analizar la opción de procesar este material antes de ingresar al área de pilas, descartando la remoción de la infraestructura de aquel sector. Sin embargo, al ingresar al mineral bajo el área de chancado se deberán dismantelar estas instalaciones con su consiguiente reemplazo en otro sector, lo que significa un aumento en la intensidad de capital del proyecto en comparación al escenario estudiado previamente. Es decir, analizar la opción de acceder a mayores leyes de cobre, para obtener mayores producciones iniciales a cambio de una mayor intensidad de capital de inversión.

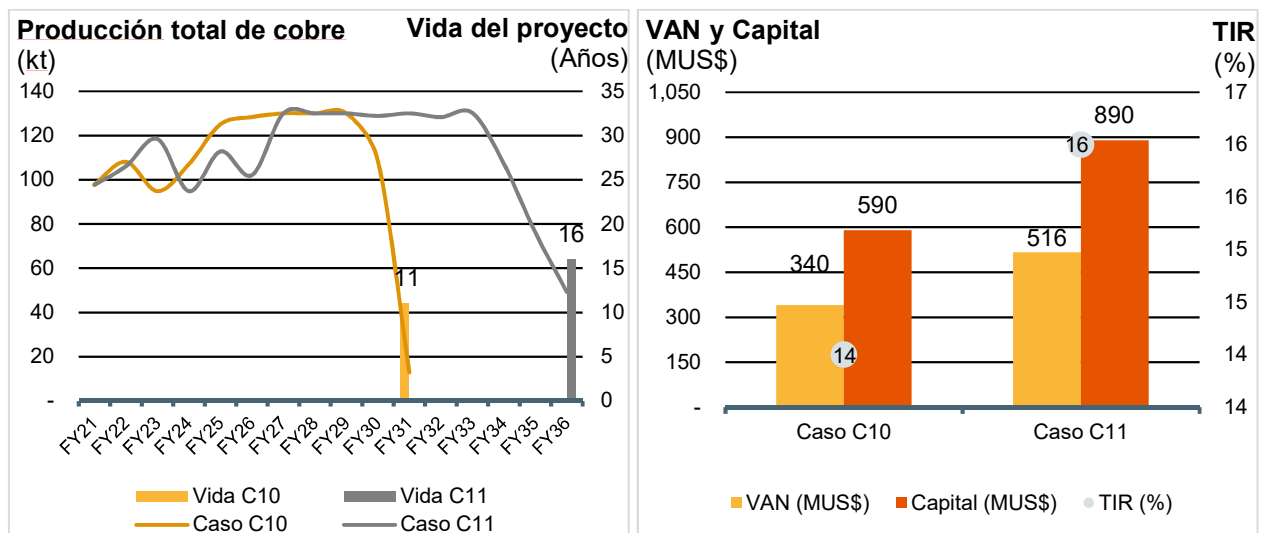


Figura 14: Resultados del escenario de extracción mineral bajo área chancado (MBC)

El caso C10 tiene una capacidad máxima de tratamiento de 21Mt debido a que no se remueve el área de apilado como en el escenario descrito en la sección anterior. Este caso tiene una vida de la mina de 11 años y alcanza un máximo de movimiento mina de 120Mt en el FY24, con un peak de 54 camiones en operación, por lo tanto, se deben comprar 13 camiones entre el FY23 y FY26, además de una pala eléctrica de 73 yd3, lo que significa un capital adicional de sostenibilidad de US\$95M en equipos durante la vida de la operación.

Los resultados económicos de esta opción indican que el proyecto agrega valor a CMCC con un VAN total de US\$340M, además es posible observar que la intensidad de capital alcanza US\$590M, este valor es mayor que en el caso de desmantelar las pilas, dado que el área de chancado incluye más infraestructuras a remover y que se deben reemplazar. La TIR en este caso alcanza 14% y el indicador REC un 0.3.

Dado que ya se ha demostrado que el escenario MBP entrega valor, es necesario estudiar la opción en conjunto de acceder primero al mineral bajo el área de chancado y luego a aquel bajo las pilas, reemplazando ambas infraestructuras en otra zona de la mina manteniendo la máxima capacidad a procesar, que corresponde al caso C11. La vida de la mina en este caso es de 16 años, presentando un movimiento mina máximo y perfil de adquisición de equipos similar al caso C10, pero el uso de capital en esta opción es más eficiente dado que los nuevos equipos adquiridos serán operados por mayor tiempo que en el caso anterior. Esta alternativa muestra un VAN que alcanza US\$516M, sin embargo, la intensidad de capital aumenta a US\$890M debido a lo descrito anteriormente, por lo que el indicador REC alcanza sólo 0.5 y una TIR de 16%, por lo tanto se concluye que una alternativa en conjunto debe seguir siendo analizada, para ver si se obtienen resultados mejores a este (C11) o al mejor caso del escenario MBP, dado que la extensión de vida además retrasa la inversión del Plan de Cierre, y da la posibilidad de negociar mejores tarifas para el suministro de agua y energía con un tercero.

Si bien estos casos tienen un aumento de producción de cobre alcanzando la capacidad máxima de la nave de electro-obtención, 130kt de cátodos por año, se requiere incurrir en un gasto mayor en la mina, por los niveles de movimiento y equipos requeridos, y en la planta pues se necesitan más recursos para procesar 21Mt, lo que disminuye los flujos en el tiempo obteniendo tasas de retorno no muy atractivas según el criterio de BHP.

8.2.4 Escenario de extracción simultánea MBP y MBC

Como ya se ha concluido en las secciones anteriores existe valor en acceder al mineral bajo la infraestructura actual de CMCC. Es más, la extensión de vida de la operación no sólo entrega valor por el aumento de producción de cobre en el tiempo, sino que entrega opcionalidad para desplazar el costo de cierre y negociación con terceros para suministro de recursos estratégicos. Es por esto que toma relevancia analizar el escenario de extracción simultánea de minerales bajo el área de pilas y chancado con distintas capacidades de procesamiento a 12Mt, 17Mt y 21Mt que corresponden a los casos C12, C13 y C14 respectivamente.

Como es de esperar, el caso C14 presenta una mayor producción que los otros casos dada la capacidad de tratamiento máxima, llenando la nave de electro-obtención a 130kt por 5 años consecutivos (ver Figura 15), sin embargo, esta alternativa debe alcanzar un movimiento de mina de 116Mt promedio por 4 años partiendo el FY24. Para lograr esto se debe adquirir una pala eléctrica de 73yd³ en el FY23 y 14 camiones entre el FY24 y FY26, lo que equivale a US\$100M de capital de sostenibilidad. A pesar del nivel de producción generado en este caso, el VAN no es el mayor en este escenario (ver Figura 15) y sólo alcanza US\$490M debido a la gran intensidad de capital que se debe incurrir y el aumento en costo operacional en la mina. Este caso considera el capital más alto de los 3 casos (US\$890M) que incluye las consideraciones del escenario MBP y MBC para la misma capacidad de apilado. En este caso la TIR alcanza 16% y logra un REC de 0.5.

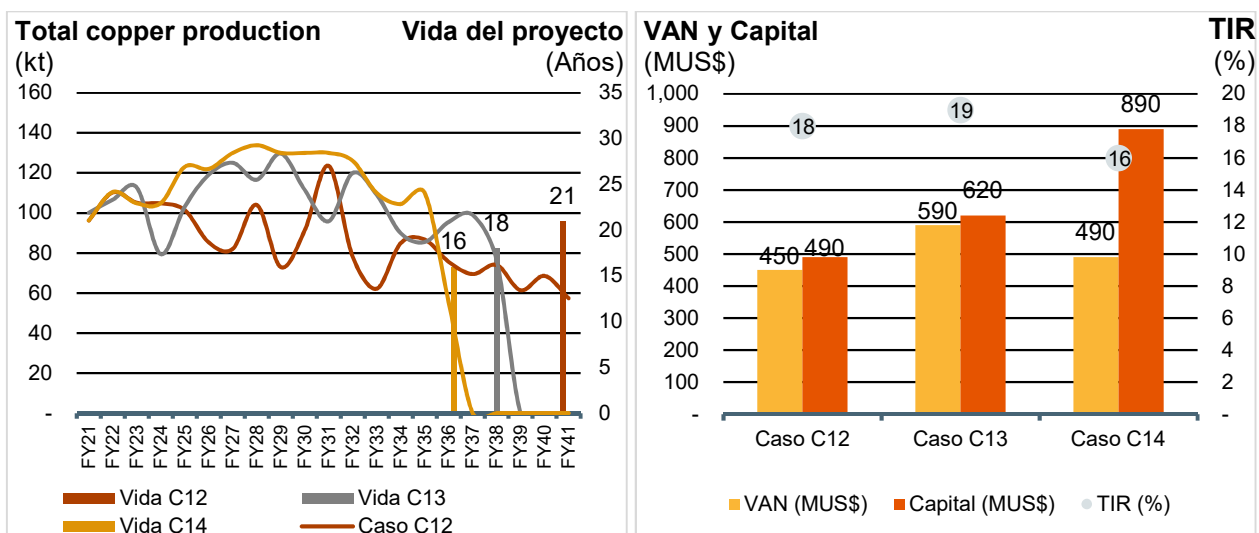


Figura 15: Resultados del escenario de extracción simultánea de mineral MBP y MBC

El caso C13 muestra el mayor VAN en este escenario, alcanzando US\$590M, a pesar de que presenta niveles de producción por año menores que el caso C14. Esto se puede explicar por 3 razones principales, la primera es la intensidad de capital que es requerida para ejecutar este proyecto, dado que se remueve la infraestructura de pilas y no se reemplaza en otra zona de la mina. La segunda razón se debe al costo operacional, principalmente en la mina, debido a que este caso sólo requiere mover un máximo de 95Mt sostenido por 5 años y luego se reduce a 80Mt por 6 años más. Finalmente, el capital de sostenibilidad en la mina es menor, dado que solo se requieren 4 camiones adicionales a los actuales, que implican un gasto de sólo US\$20M.

Por último, el caso C12 es el que presenta la menor intensidad de capital de los 3 casos analizados en este escenario. Esto se explica porque no se reemplaza el área de apilado extraída, y el área de chancado es sustituida por una de menor capacidad correspondiente a 12Mt. Dado este ritmo de alimentación no es requerido una intensidad de movimiento mina mayor, alcanzando un máximo de 95Mt por 5 años y luego reduciéndose a 65Mt por los próximos 6 años, esto implica que sólo se debe incurrir en la compra de 3 camiones adicionales entre el FY25 y FY26. Sin embargo, el nivel de producción de cobre es el menor de los tres casos analizados, obteniéndose ingresos menores donde los ahorros descrito anteriormente no logran que los flujos de caja sean mayores que los otros casos, obteniendo un menor VAN de US\$450M, una TIR de 18% y un REC de 0.67.

Por lo tanto, el mejor caso de esta sección, sólo en términos económicos, es el C13 que presenta un VAN de US\$590M, una TIR de 19% y un REC de 0.8.

Se observa que el capital de inversión es uno de los factores relevantes en la evaluación económica de cada caso. Dado que el escenario MBC es el de mayor intensidad de capital se sugiere analizar una secuencia gradual de extracción de mineral bajo la infraestructura actual de CMCC, es decir, primero extraer el área de apilado, que no requiere mayor capital y luego el área de chancado de tal forma de diferir capital de inversión.

8.2.5 Escenario de extracción secuencial MBP y MBC

En este escenario se estudia, para distintas capacidades de procesamiento, la ejecución de manera secuencial de MBP y luego MBC. Dado que la intensidad de capital es uno de los factores más relevantes en los resultados económicos se desea estudiar un aumento progresivo y desplazado en el tiempo de este tipo de gasto. Tomando esto en consideración, primero se invertirá en la remoción de pilas debido a que el capital de esta opción es menor y luego en la desmantelación y reemplazo del área de chancado. Los casos estudiados en esta sección corresponden a distintas capacidades de tratamiento de 12Mt, 17Mt y 21Mt por año.

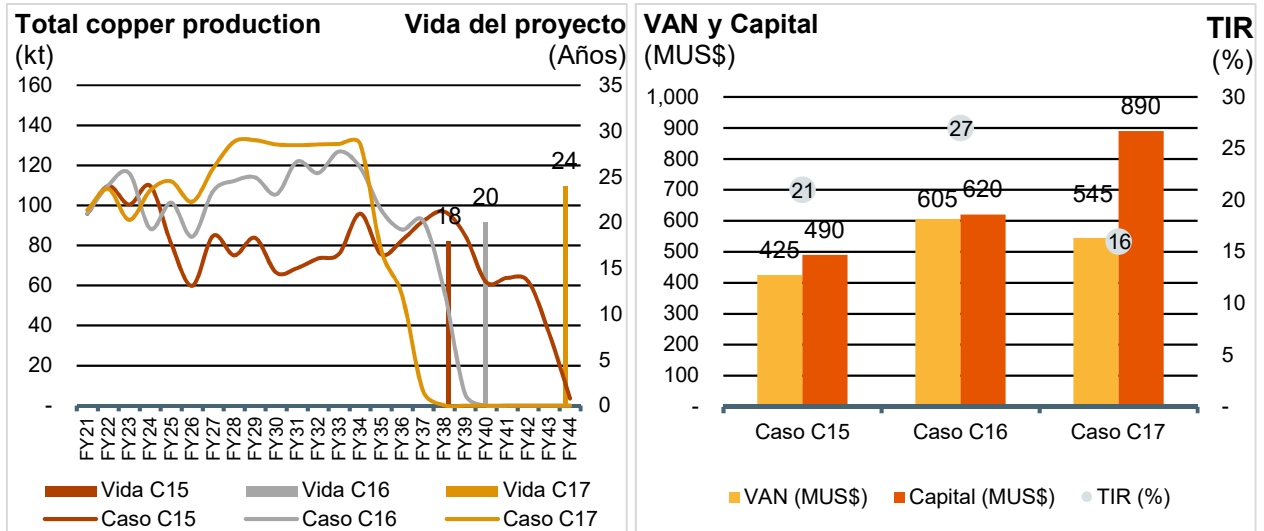


Figura 16: Resultados del escenario de extracción secuencial de mineral MBP y MBC

El caso C15 tiene una capacidad de procesamiento máximo de 12Mt una vez que se remueven las pilas, pues estas no son reemplazadas, por lo que al remover el área de chancado de capacidad actual de 19Mt se reemplaza por un chancado menor. Es por este motivo que la intensidad de capital es el menor de los tres casos estudiados en este escenario. La producción de este caso alcanza un promedio de 80kt en los primeros 10 años, que es la menor tasa de producción en este escenario, debido a que la capacidad de procesamiento es sólo de 12Mt por año. Como el requerimiento de mineral es menor, la intensidad de movimiento mina sólo alcanza 80Mt en los primeros 2 años de ejecución del proyecto y luego disminuye a 60Mt promedio en los siguientes 10 años. Esto tiene implicancias positivas en el requerimiento de equipos, dado que no es necesario adquirir unidades adicionales.

Los resultados económicos muestran una mejora en dos de los indicadores económicos cuando se compara con el caso C12. La TIR y el REC aumentan para el caso C15 a 21% y 0.7 respectivamente, debido al desplazamiento de capital en el tiempo. El VAN en este caso sólo disminuye un 6%, esto ocurre debido a que no se procesan minerales de mejor ley en los periodos iniciales que proviene del área bajo el chancado.

El caso C16 muestra un aumento en producción en comparación al caso C15 con un promedio de 110kt en los primeros 10 años de ejecución del proyecto. En este caso se procesan 17Mt por año, lo que implica que se deben mover 91Mt en los primeros años de operación y bajando a 71Mt como promedio en los siguientes 10 años. Para alcanzar

estos movimientos es necesario adquirir 6 camiones adicionales con un costo de US\$30M. El capital de este caso incluye la remoción del área de apilado, sin reemplazo, y la desmantelación del área de chancado reemplazándolo en otro sector de la mina con la capacidad ya mencionada.

Este caso muestra un VAN de US\$605M, una TIR de 27% y un REC de 1.0, estos indicadores son mayores que los del caso homólogo del escenario descrito en la sección anterior (C13), esto dado principalmente por el retraso de ejecución de capital de MBC y mantener producciones similares.

Finalmente, el caso C17 tiene producciones de 125kt promedio en los 10 primeros años de operación del proyecto. Para lograr estos niveles de producción de cátodos se requiere mover 110Mt en los primeros 3 años y en los siguientes 7 años se mantiene en un régimen de 95Mt, esto implica que se debe adquirir una pala de 73yd³ y 14 camiones en el FY25 por un total US\$100M. El VAN en este caso es de US\$545M, con una TIR de 16% y un REC de 0.5.

8.2.6 Escenario Procesamiento de nuevos minerales marginales y nuevas áreas para lastre

Se han identificado nuevos materiales para procesar en lixiviación, estos corresponden a mineral de transición entre los cuerpos supérgeno e hipógeno (MSH), que se clasifican por su contenido de calcosina y calcopirita, y óxidos con contenido de fierro (óxidos negros). Para analizar el potencial de incorporar estos nuevos minerales al proceso se analizan los escenarios MBP a 21Mt y la secuencia MBP a MPC a la misma capacidad de tratamiento. Se elige esta capacidad, para disminuir la incertidumbre en la recuperación metalúrgica de estos minerales. Esto es primordial dado que estos minerales presentan una recuperación menor que los materiales procesados actualmente en CMCC.

Lo casos de este escenario no requieren un capital de inversión inicial, por lo que se medirá si es que el cobre obtenido es los suficiente para pagar los costos operacionales que significa procesar el mineral adicional y si se genera un valor incremental.

Se evaluaron 4 alternativas para el caso MBP, el primer caso C18 incluye el rango de MSH entre 40% y 50% de contenido de calcosina, el caso C19 incluye minerales MSH entre 30% y 50% de contenido de calcosina, el caso C20 incluye el rango de MSH entre 40% y 50% de contenido de calcosina y óxidos negros y por último el caso C21 incluye sólo los óxidos negros. Estos casos generan un aumento en el VAN, pero no es un incremento material, el máximo valor adicional generado es de sólo US\$15M. Se puede desprender que enviar a estos materiales a proceso, para el escenario MBP paga sus costos de procesamiento generando márgenes positivos. Por otro lado, al considerar estos nuevos minerales como opción para procesar, la intensidad mina disminuye aproximadamente 12Mt por año promedio durante la vida del proyecto, debido que estos minerales ya se encuentran expuestos (no es necesario mover material de sobrecarga o lastre) y entregan una flexibilidad en la mina para poder llenar la capacidad de proceso. El caso que genera mayor VAN es aquel que agrega la mayor cantidad de mineral a proceso, aproximadamente 18Mt adicionales entre MSH con 30% y 50% de calcosina y óxidos negros.

Los casos descritos anteriormente muestran el valor agregado de procesar nuevos materiales, es más se ve que procesar la mayor cantidad de estos materiales es la opción que genera más valor. Se ha observado además que el caso de extraer secuencialmente los escenarios MBP y MBC es el que genera más valor de los escenarios estudiados hasta esta sección. Similar al escenario descrito anteriormente se considera la evaluación de 4 opciones, el primer caso C22 incluye el rango de MSH entre 40% y 50% de contenido de calcosina, el caso C23 agrega minerales MSH entre 30% y 50% de contenido de calcosina, el caso C24 incluye el rango de MSH entre 40% y 50% de contenido de calcosina y óxidos negros y por último el caso C25 agrega sólo los óxidos negros. Como se esperaba estos casos aumentan el valor de CMCC entre US\$69M y US\$85M, siendo este último valor para el caso que incluye todos los materiales (MSH entre 30% y 50% de contenido de calcosina y óxidos negros). El valor generado viene porque a pesar de que los minerales tienen bajas leyes, pagan el costo operacional de procesarlo, y similar al caso anterior entrega flexibilidad en la mina, por lo que se puede disminuir el movimiento total dado a que el material agregado ya está expuesto. El movimiento mina disminuye en promedio 8Mt durante la vida del proyecto.

Finalmente se busca una optimización que permita disminuir el número de camiones de extracción con el consiguiente impacto en un menor costo mina y en adquisición de camiones. Para esto, se analiza una nueva opción de botaderos de lastre, que permita disminuir el tiempo de viaje de los camiones de extracción, aumentando su rendimiento, es decir estudiar la opción que el aumento de rendimiento disminuya el número de total de camiones necesarios para cumplir con el plan. Se evalúan dos casos, uno para la opción MBP (caso C26) y otro para la alternativa secuencial MBP y MBC (caso C27), en los que se incluyó los minerales marginales y se obtuvo mayor beneficio económico.

La ubicación del nuevo botadero, es donde actualmente se encuentra el campamento. La idea es que este sea desmantelado y sea construido uno nuevo en otro sector de la propiedad de CMCC. La construcción y operación de este nuevo campamento se pasará a un tercero, de tal forma que el capital de inversión de la construcción sea pagado como una tarifa en un contrato de mínimo 10 años. Para la opción MBP este caso genera US\$40M de VAN y esto se debe principalmente a una disminución en el número de camiones de extracción, dado que las distancias de acarreo de material disminuyen con el área nueva de botadero, específicamente en este caso se dejan de adquirir 5 camiones comparado con el caso similar que incluye los minerales marginales, es decir no se incurre en una inversión de sostenibilidad US\$25M entre el FY24 y FY27 y el costo operacional de la mina disminuye. Para la opción de extracción secuencial MBP y MBC, el uso de la nueva área de botadero también genera beneficios económicos de US\$55M. En este caso también se dejan de comprar 5 camiones de extracción por la disminución de distancias de transporte de material. Como la vida de la mina es mayor los ahorros muestran un mayor valor agregado en este caso.

8.2.7 Escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno desde secuencia MBP y MBC

Existen recursos disponibles en el depósito de CMCC que no tienen un proceso de tratamiento específico para extraer cobre. En este caso si el mineral primario o hipógeno es procesado en la planta actual de lixiviación de CMCC se obtendrán producciones de

cobre muy bajas por las recuperaciones asociadas a este mineral en este tipo de proceso, terminando en márgenes que no son económicamente atractivos.

En este escenario se busca valorar la implementación de una nueva tecnología de proceso metalúrgico, que es la lixiviación de calcopirita (HYP). Esta forma de obtener cobre está basada en el proceso químico de adición clorhídrica, que aumenta las cinéticas y umbrales de recuperación, alcanzando un máximo de 65% de recuperación de cobre y un ciclo de lixiviación a 400 días.

Este escenario, considera la modificación total de la planta para poder agregar la solución clorhídrica, por lo que se requiere una inversión de ~US\$260M de tal forma que la infraestructura soporte este nuevo proceso. Tomando en cuenta esto, además que se está probando una nueva tecnología y sumado a que procesar a un ritmo de 17Mt exige un cambio de filosofía operacional extra, por lo que se considera conveniente asumir una tasa de apilado de 21Mt como mínimo desde los escenarios MBP y MBC, y de esta forma tener un caso de negocio más robusto.

Adicionalmente, el mineral hipógeno económicamente atractivo extraer para este proceso es de ~700Mt, lo que extendería la vida de CMCC por más de 30 años, lo que permite poder negociar mejores tarifas de agua con un tercero y retrasar materialmente el costo de cierre.

En esta sección se analizarán tres opciones posibles de capacidad de tratamiento, la primera de 21Mt, una segunda de 32Mt y por último una de 42Mt, que corresponden a los casos C28, C29 y C30 respectivamente.

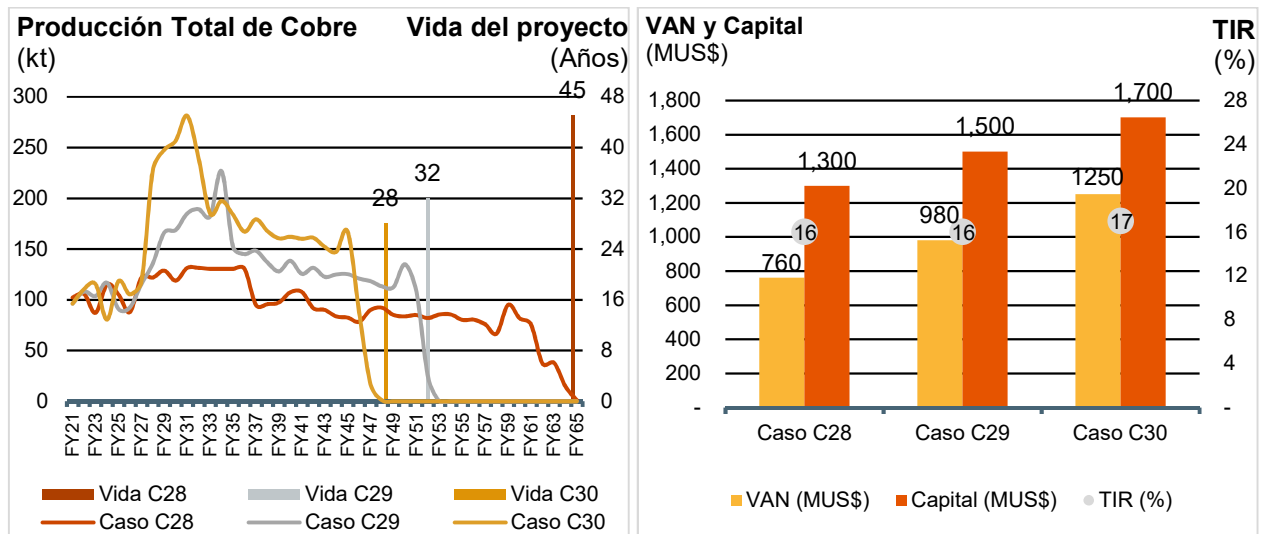


Figura 17: Resultados del escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno

El caso C28 alcanza producciones máximas de aproximadamente 130kt, esto se sostiene por casi 10 años luego de ejecutado el proyecto. El movimiento mina tiene un máximo de 93Mt en el FY25 y luego decrece gradualmente a 70Mt después de 10 años, para mantenerse en 62Mt los siguientes 10 años, y luego disminuir alrededor de 40Mt hasta el final de la vida de la mina. Para poder cumplir con este perfil de movimiento no es necesario adquirir equipos mineros adicionales. Este resultado de bajo movimiento y

menor requerimiento de equipos mina es consecuencia de que el mineral hipógeno está expuesto en el fondo mina y no es necesario remover lastre antes de extraer el mineral.

El capital total necesario es de US\$1,300M, este incluye la remoción de pilas y chancado, reemplazo de esta infraestructura, el acondicionamiento de la planta para el proceso HYP y un área extra de apilado dado que se extienden los ciclos de lixiviación por más de 200 días. Este caso tiene un VAN de US\$760M, con una TIR de 16% y un REC de 0.7.

El caso C29 tiene una capacidad máxima de apilado de 32Mt, llegando a una producción máxima de 225kt y un promedio de 170kt en 10 años luego de ejecutado el proyecto. Para poder obtener esta tasa de producción es necesario mover 96Mt por 10 años, disminuyendo a 68Mt en los siguientes 10, alcanzando un máximo de 55 camiones en el FY31, lo que significa que se deben adquirir 14 camiones a partir del FY25 por un monto de US\$70M. El capital necesario para llevar a cabo este proyecto es de US\$1,500M, que incluye lo descrito para el caso C28, además de capacidad de chancado y área adicional de apilado. El VAN de este caso es de US\$980M, con una TIR de 16% y un REC de 0.7. Este caso no fue restringido por la capacidad de la nave de electro obtención ya que se deseaba entender el máximo potencial de producción de cátodos. El nivel de producción que genera este caso no es factible si no se invierte en la expansión de la nave. Entendiendo que la expansión de esta infraestructura es alrededor de US\$700M, los valores económicos no serían tan atractivos como los que ya se han mencionado si se incurre en este gasto.

Por último, el caso C30, tiene una capacidad de 42Mt de tratamiento de mineral alcanzando 215kt como ritmo de producción promedio en 10 años, con un máximo de 280kt en el FY31. La intensidad de movimiento mina en este caso aumenta significativamente a partir del FY24 con un total movido de 117Mt y se sostiene por 8 años y luego disminuye a 77 Mt promedio en los siguientes 13 años. Este aumento en la intensidad mina hace que el caso requiera la adquisición de 2 palas y 27 camiones entre el FY24 y FY31, alcanzando el máximo número de camiones este último año, es decir, en total se debe adicionar un capital de sostenibilidad de US\$195M por concepto de equipos mina. Con respecto a los indicadores económicos se observa que este caso es el que genera mayor VAN de US\$1,250M, con una TIR de 17% y un REC de 0.8. Al igual que el caso anterior (C19), no es factible alcanzar estos ritmos de producción si no se considera una inversión de expansión de la nave de electro obtención, ya que el capital de inversión sólo involucra los supuestos del caso C29, pero para un tratamiento de mineral mayor, dado que se procesan 42Mt de material.

8.2.8 Escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno desde MBP

Debido a los altos capitales de inversión que se requieren para implementar secuencialmente los escenarios MBP, MBC e HYP, se busca una opción alternativa donde se disminuya la intensidad de capital, pero que tome provecho de las producciones que entrega la implementación de la lixiviación de calcopirita para extender la vida de la mina por más de 25 años. Es por esto que se propone analizar el escenario donde se ejecute secuencialmente MBP y lixiviación de mineral hipógeno. Este último tiene las mismas consideraciones metalúrgicas que se han descrito en el escenario previo.

Se propone analizar tres opciones en este escenario, el caso C31 a un ritmo productivo de 21Mt, el caso C32 a 31Mt y finalmente el caso C33 a 42Mt.

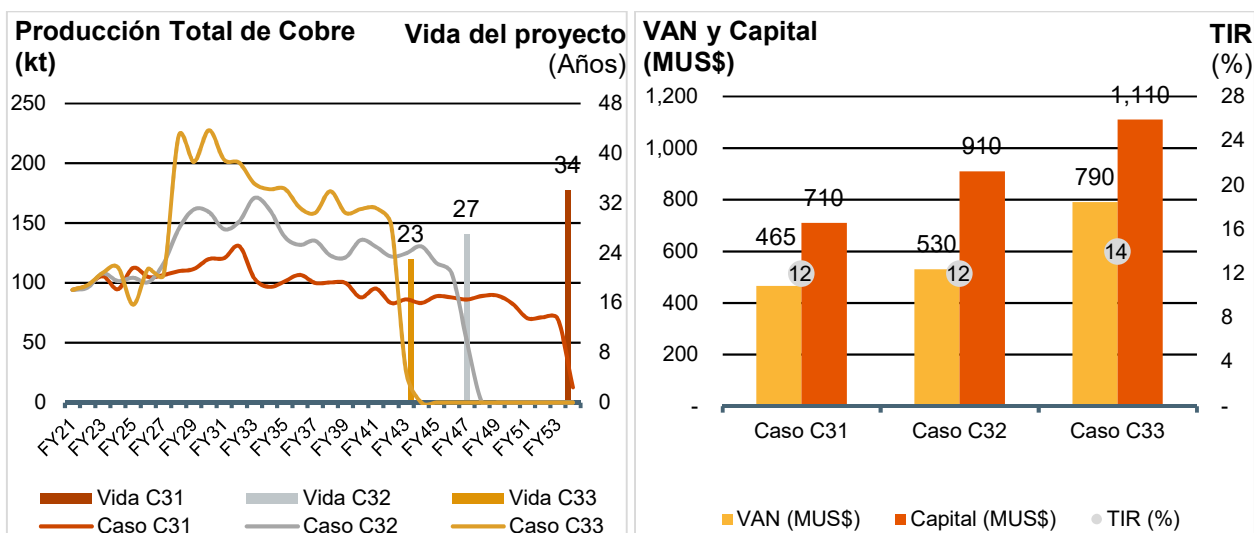


Figura 18: Resultados del escenario de extracción y lixiviación de mineral hipógeno desde MBP

El primer caso que procesa mineral a un ritmo de 21Mt por año, tiene un movimiento mina máximo de 97Mt en el FY23 y se mantiene este ritmo de extracción por 2 años, luego disminuye a 80Mt en los siguientes 5 años, terminando los siguientes años a un ritmo mina de 62Mt por 10 años y luego a 40Mt. De igual forma que en el caso descrito anteriormente (C28), esta opción no requiere adquisición de equipos mina, dada la gran cantidad de mineral hipógeno expuesta en la mina. Con este ritmo en la mina se alcanza a producir 110kt promedio en los 10 primeros años del proyecto. En esta opción el capital de inversión alcanza US\$710M destinados para ejecutar MBP y HYP a 21Mt. El valor generado en VAN es de US\$465Mt, con una TIR de 12% y un REC de 0.3.

El caso C32 alcanza un movimiento mina de 90Mt a partir del FY24 por 7 años, luego la intensidad mina disminuye a 70Mt promedio hasta el final de la vida de la mina. Para alcanzar estos niveles de movimiento es necesario adquirir 10 camiones adicionales entre el FY25 y FY30. De esta forma es posible alimentar la planta a un ritmo de 32Mt de mineral por año y produciendo un promedio de 132kt por año durante la vida de la mina con un máximo de 171kt en el FY33. El capital de US\$910M considera lo mismo que el caso C31, pero agregando mayor capacidad de chancado y área de apilado. Los indicadores económicos de esta alternativa son US\$530M de VAN, una TIR de 12% y un REC de 0.3

El caso de mayor capacidad de apilamiento (C33) tiene un ritmo de producción promedio durante la vida de la mina de 165kt con un máximo de 227kt en el FY30. Para lograr lo comprometido en el plan se requieren 2 pala eléctrica de 73 yd³ extra y adquirir 24 camiones adicionales entre el FY24 y FY29, dado que es necesario mover 110Mt por 7 años al inicio del proyecto, esto implica un capital de sostenibilidad mayor que alcanza los US\$180M. El capital de inversión de ejecución del proyecto alcanza US\$1.110M. Esta opción tiene un VAN de US\$790M, un TIR de 14% y un REC 0.4.

Los indicadores económicos de los casos analizados en este escenario son menores que los obtenidos en el escenario anterior, esto debido principalmente a que el mineral bajo el área de chancado en este escenario no se extrae, por lo que no se obtienen los

beneficios de la mayor ley que presenta este mineral. Por lo tanto, los niveles de producción de estos casos son menores al igual que los flujos de caja. Es decir, la disminución de capital no compensa la disminución de producción de cobre.

8.2.9 Escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC

El aprendizaje que se toma de todos los análisis ya descritos en las secciones anteriores, es que es posible procesar mineral con alto contenido de calcopirita bajo el método de HYP en lixiviación, sin embargo, este proceso presenta recuperaciones máximas de cobre de 65%. Para este tipo de mena históricamente se ha usado el proceso de flotación para obtener cobre de minerales con alto contenido de calcopirita consiguiendo un rango de recuperación metalúrgica de cobre entre 88% y 85%, que es superior a lo comprometido por el método HYP generando mayores ingresos, sin embargo, para esto es necesario construir una planta concentradora que implica una intensidad de capital considerable y áreas de infraestructura para tranque de relaves, cuya construcción y operación resultan de alto costo, alto riesgo y con una tramitación de permisos muy exhaustiva. Además, la operación de una planta concentradora, requiere un incremento en el consumo de recursos estratégicos, para el caso del agua aumenta entre 450 l/s y 1,000 l/s dependiendo de la capacidad de tratamiento. En este caso, dado que la estrategia es que el agua sea provista por un tercero, se debe revisar el contrato para entender las nuevas consideraciones y la variación de las tarifas, este último punto también afectaría los contratos de energía dado que también existirá un aumento en las tasas de consumo, dada la nueva infraestructura de procesamiento. El costo de cierre de la operación también aumenta un 110% debido a que se incluyen las medidas de cierre del tranque de relaves y la desmantelación de las nuevas instalaciones de la concentradora y aumento en cierres perimetrales de las áreas remanentes. Si bien, existe un aumento en este costo, la vida de la mina se extiende, por lo que el costo en términos de valor presente no afecta materialmente la generación de valor.

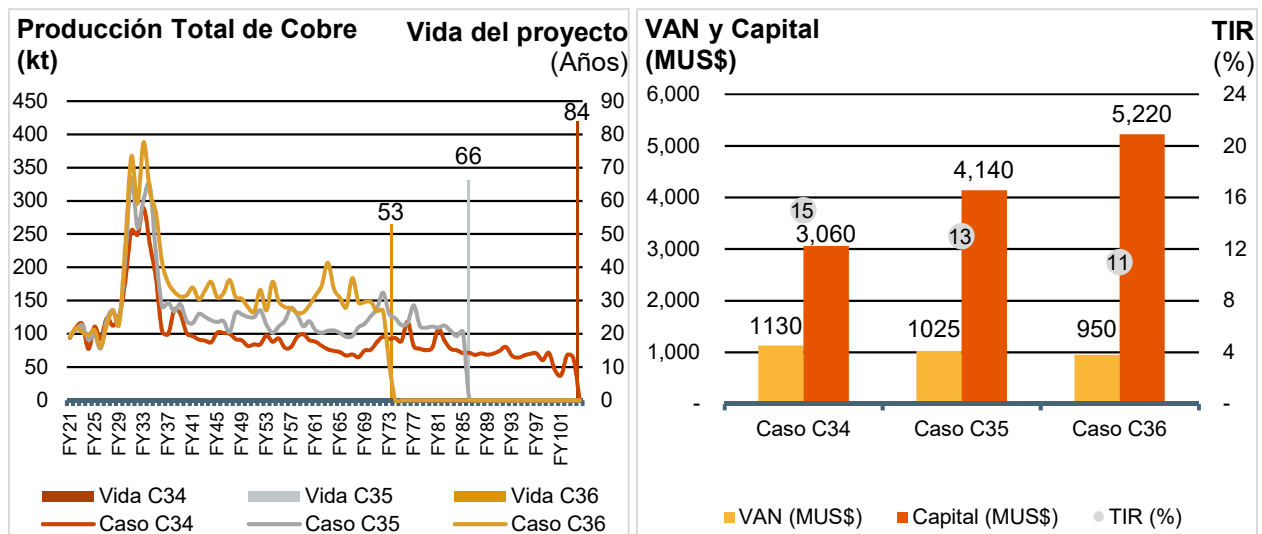


Figura 19: Resultados del escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC

La oportunidad de generación de valor a través de una planta concentradora es analizada en esta sección, tomando en cuenta como base la extracción secuencial MBP y MBC, incluyendo los materiales marginales y la mejora de ubicación de botaderos de lastre.

En este escenario se analizarán 3 capacidades de concentradora, el caso C34 que considera una capacidad de 60ktpd, el caso C35 con una capacidad de 90ktpd y finalmente el caso C36 con una concentradora de 120ktpd, tal como se muestra en la figura 19. En estos casos se procesa el mineral hipógeno a través de concentradora a partir del FY30 y la lixiviación tiene una vida productiva hasta el FY35. El mineral hipógeno enviado a proceso de flotación alcanza ~1.3Bt.

El caso C34 presenta un VAN de US\$1,130M, con una TIR de 15% y un REC de 0.57, el caso C35 tiene un VAN ligeramente menor de US\$1,025M, una TIR de 13% y un REC de 0.36, finalmente el caso C36 logra un VAN de US\$950M, una TIR de 11% y un REC de 0.27. Como es de esperar el caso con mayor producción es el de capacidad de procesamiento de 120ktpd (C36) y el de menor es el de 60ktpd (C34), sin embargo, la intensidad de capital es mucho mayor para el caso C36 (US\$5,220M), y para mantener el ritmo de producción en este caso se debe mover un máximo de 110Mt de material, necesitando adquirir 20 camiones extras entre el FY24 y FY37 por un monto de US\$100M y una pala eléctrica de 73 yd³ adicional por US\$30M, lo que hace este caso más costoso, y los ingresos generados por la mayor producción no generen los flujos suficientes para que este caso sea el más atractivo de este escenario. El caso intermedio de capacidad de 90ktpd (C35), presenta un VAN mayor que el caso descrito anteriormente, esto principalmente dado porque la intensidad de capital es menor. El movimiento máximo alcanzando es de 107Mt, y necesita adquirir 18 camiones y una pala de 73yd³ adicionales por un monto total de US\$120M. Finalmente el caso más atractivo, es aquel que requiere una inversión inicial menor, es decir el caso C34, dado que los flujos generados son suficientes para pagar el capital y los costos operacionales de la nueva planta concentradora. De este análisis se puede desprender que dadas las bajas leyes presentes en el cuerpo hipógeno de CMCC, es necesario balancear correctamente los niveles de producción requeridos con la intensidad de capital, de tal forma de maximizar el valor total de la operación.

8.2.10 Escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC y lixiviación HYP

El escenario descrito en la sección anterior muestra que la construcción de una planta concentradora para procesar minerales hipógenos genera valor para CMCC. Previamente también se mostró que la extensión de la vida de la lixiviación a través del procesamiento de mineral hipógeno utilizando la tecnología HYP es también una estrategia viable de generación de valor. Es por esto que se propone el escenario de implementación del proceso de lixiviación de minerales primarios en conjunto con la construcción de una planta concentradora. Con esto se tomará ventaja total de los minerales primarios, tomando en cuenta que el mineral con mayor ley se enviará a flotación, dada la mayor recuperación en este proceso y se aprovechará la lixiviación para tratar en periodos más tempranos el mineral de más baja ley, que sería enviado a la concentradora más adelante en la vida de la mina, de esta forma aumentando los flujos de caja en periodos tempranos del proyecto.

Los casos que se analizarán en este escenario son los que se describen a continuación: El caso C37 toma como base la extracción secuencial MBP y MBC, incluyendo minerales marginales y la mejora de botaderos, lixiviación HYP a una tasa de 21Mt por año y una concentradora de 60ktpd iniciando producción el FY30, que son las mismas consideraciones de los casos analizados anteriormente. Se estudia un segundo caso (C38), tomando como base la extracción MBP y considerando un retraso en el inicio productivo de la concentradora con primera producción en el FY35 con el objetivo de diferir capital de inversión en el tiempo y dar holgura a la lixiviación HYP que inicia producción en el FY27, además la extracción MBC ocurre al momento de la entrada de la concentradora, de tal forma que las altas leyes ubicadas en este sector ayuden a pagar el capital de inversión de la nueva planta de flotación. Finalmente, se analiza el caso C39 que tiene como base la extracción MBP, con una concentradora de 120ktpd, de tal forma de no incurrir en la inversión de lixiviación HYP buscando bajar la intensidad capital de la opción, compensando la pérdida de la producción de cátodos con cobre en concentrado dando inicio al proceso productivo de la nueva planta en el FY27.

El caso C37 es el más atractivo económicamente hablando de este escenario, generando un VAN de US\$920M con una TIR de 15% y un REC de 0.6. Este caso presenta una producción que alcanza los 300kt en FY30, cuando entra la concentradora en producción y luego se mantiene a un ritmo productivo de 200kt de cobre promedio en los siguientes 10 años. Para lograr estas producciones se debe mover un máximo de 110Mt por año entre el FY27 y FY33, para luego lograr 95Mt de material movido en los años venideros. El caso requiere comprar una pala eléctrica de 73yd³ en el FY27 y 12 camiones entre el FY24 y FY27 lo que se traduce en un total de US\$90M de capital de sostenibilidad. Este caso alcanzará un máximo de número de camiones en operación de 70 en el FY60 (18 camiones adicionales). Este incremento material de equipos mina se debe mayormente a la profundización del rajo de la mina y el aumento en tamaño de los botaderos de lastre.

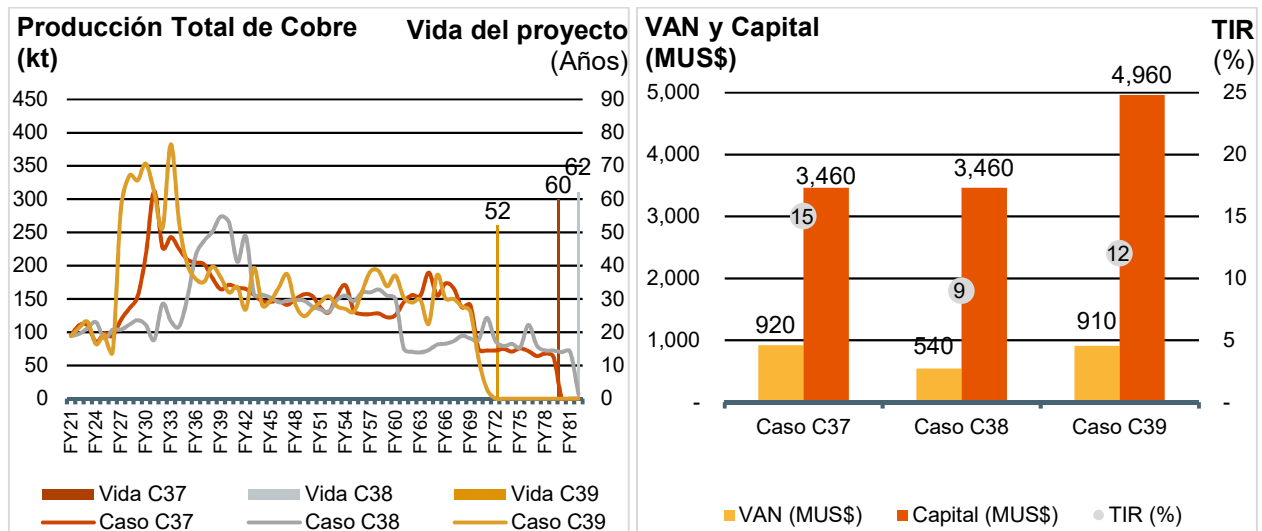


Figura 20: Resultados del escenario de concentradora a partir de extracción secuencial MBP y MBC y lixiviación HYP

El caso C38 tiene como objetivo poder manejar la intensidad de capital en términos de la temporalidad de ejecución de este, buscando oportunidades para el pago de inversión de la concentradora. Comienza la extracción MBP en el FY24 y luego la lixiviación HYP en

el FY27 que extiende este tipo de proceso hasta el FY60. La concentradora inicia producción en el FY35, durante este mismo año se inicia la extracción MBC, esperando que las altas leyes de este sector soporten el pago de la alta inversión de concentradora. Los indicadores económico resultantes son un VAN de US\$540M, una TIR de 9% y un REC de 0.3. Estos resultados se deben principalmente al retraso de producción de los minerales de alta ley de MBC, es decir, el retraso de ejecución de capital no compensa la pérdida de flujos por no procesar antes el mineral de mejor ley en lixiviación. Un efecto similar se tiene en la concentradora, donde el retraso de los flujos por producción de concentrado tiene un impacto mayor que el retraso de ejecución de capital. En este caso las producciones se mantienen alrededor de 100kt promedio por año entre el FY24 y FY30. Luego aumenta a 230kt promedio por año entre el FY31 y FY42, disminuyendo a alrededor de 155kt por año los siguientes años. Este plan requiere mover alrededor de 95Mt por año entre el FY24 y FY35, donde el movimiento total de materiales aumenta a 113Mt durante 7 años y luego disminuye a una tasa de 65Mt de movimiento total. Para esto es necesario adquirir 14 camiones adicionales entre el FY24 y FY32 (US\$70M) y una pala eléctrica de 73yd³ en el FY35. Se alcanza un máximo de 68 camiones en el FY37. Es decir, el capital de sostenibilidad de equipos mina se adelanta en este caso comparado con el caso C37.

Finalmente, se tiene el caso C39 que considera una concentradora entrando en el FY27 y donde no se implementa la lixiviación HYP, pero se aumenta la capacidad de flotación a 120ktpd. La base de este caso es la extracción MBP con una capacidad de procesamiento de 17Mt de tal forma de disminuir el capital de inversión, y similar al caso anterior la extracción MBC es parte de la ejecución de concentradora, para ver la opción de que los minerales de alta ley paguen el capital de inversión de la nueva planta. Para este caso el VAN es US\$910M, una TIR de 12% y un REC de 0.3. Se observa que es el caso que entrega las mayores producciones durante los primeros años de la vida de la mina, aproximadamente 270kt promedio de producción de cobre por año entre el FY27 y FY39, luego la producción disminuye a 165kt promedio en los siguientes 10 años, para estabilizar la producción a un ritmo de 153kt en los siguientes 15 años. Estos niveles de producción resultan bastantes atractivos para un depósito de baja ley como el de CMCC, sin embargo, la alta intensidad de capital requerida, US\$4,960M, que es más elevada que el caso C37, hace que el VAN no sea el mayor de los tres casos. Esta opción además debe mover en total 130Mt entre el FY24 y el FY35, requiriendo la adquisición adicional de 2 palas eléctricas de 73 yd³ en el FY24 por US\$60M y 32 camiones adicionales entre el FY24 y FY32 por un monto de US\$160M, acelerando considerablemente el capital de sostenibilidad necesario para mantener los niveles productivos descritos anteriormente.

Se ha concluido anteriormente que la intensidad de capital de inversión y los niveles productivos deben balancearse de tal forma de maximizar el valor total de CMCC, debido a las bajas leyes de cobre contenidas en el depósito. En este escenario se estudió la forma de poder aprovechar al máximo el cobre disponible, distribuyendo los flujos productivos, de caja y de inversión de capital en el tiempo buscando una mayor generación de valor. Se confirma que la secuencia de extracción MBP y MBC y su temporalidad de ejecución son cruciales en la maximización del VAN, y que es posible tomar provecho del mineral hipógeno disponible, a través lixiviación HYP o una concentradora, para generar mayor valor a la operación de CMCC.

8.2.11 Recomendaciones de Escenarios

En esta sección se analizaron diferentes escenarios, buscando maximizar el valor de CMCC, en función de alternativas de bajo capital de inversión, bajo costo y extensión sostenible de la vida de la mina, aprovechando los distintos minerales disponibles en el depósito. Este análisis tomó en cuenta variados ejercicios que permitieron dar visibilidad a alternativas de rutas estratégicas de crecimiento para la operación. A continuación, se muestra un resumen de los resultados económicos de las alternativas analizadas (Figura 21).

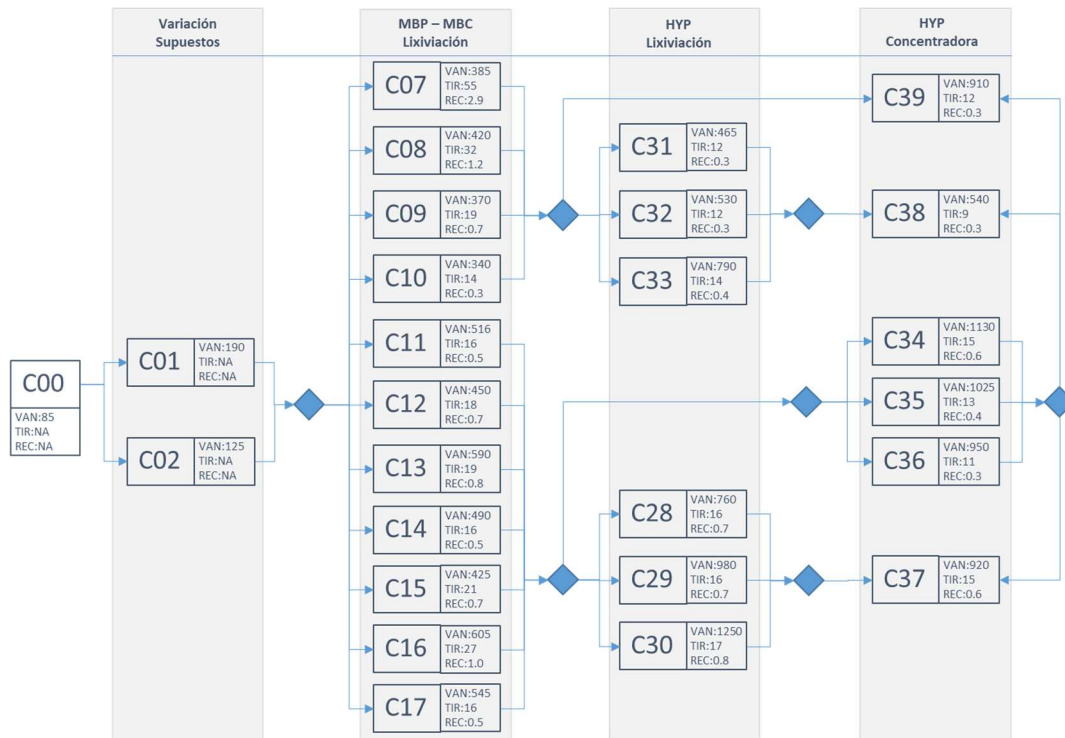


Figura 21: Resumen de resultados económicos de los principales casos analizados

Dados los resultados mostrados anteriormente y bajo los criterios de VAN masivo, TIR > 15% y REC > 1, la recomendación de rutas estratégicas para CMCC son las siguientes

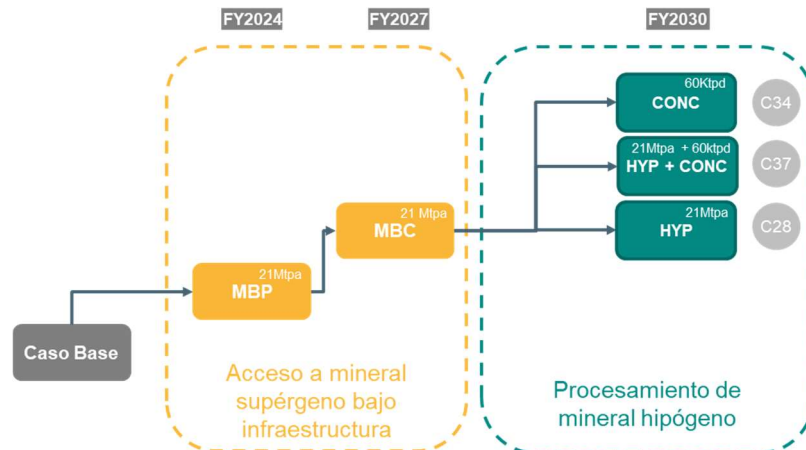


Figura 22: Recomendación de rutas estratégicas para CMCC

1. El caso C34 que incluye como base la extracción secuencial MBP y MBC, el procesamiento de materiales marginales, la mejora de ubicación de botaderos de lastre y una planta concentradora de 60ktpd de capacidad.
2. El caso C37 que toma en cuenta la extracción secuencial MBP y MBC, procesa los materiales marginales, reubica los botaderos de lastre, la implementación de la tecnología HYP de lixiviación a una tasa de procesamiento de 21Mt por año y una planta concentradora de 60ktpd de capacidad.
3. El caso C28 que considera la extracción secuencial MBP y MBC, incluyendo los materiales marginales, la mejora de ubicación de botaderos de lastre y la implementación de la tecnología HYP de lixiviación a una tasa de procesamiento de 21Mt por año.

Si es posible ejecutar estas rutas de crecimiento el mineral procesado aumenta materialmente al igual que el tamaño del rajo de la operación. Esto se puede visualizar en la siguiente figura.

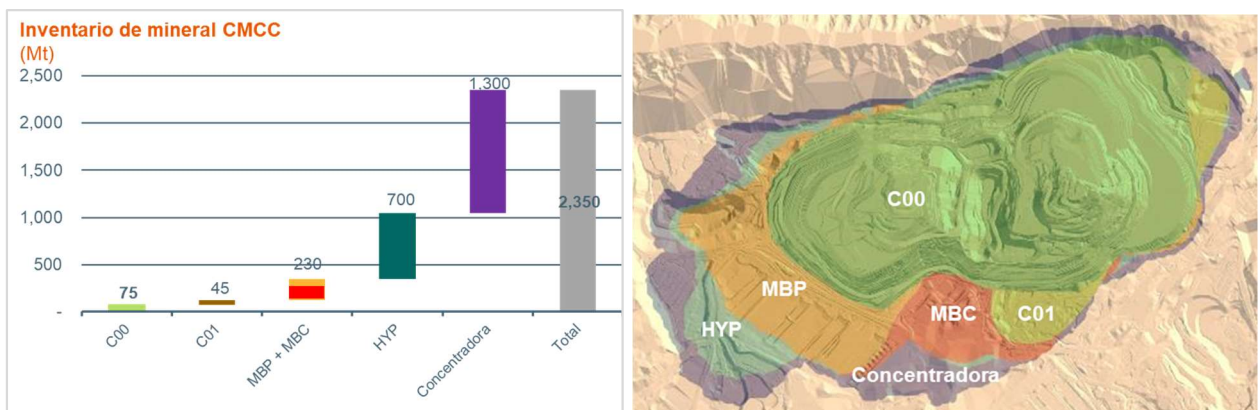


Figura 23: Inventario mineral y crecimiento del rajo CMCC

Cada una de estas recomendaciones presenta oportunidades que podrían mejorar los casos y el valor final de las rutas estratégicas. En los casos que incluyen la ejecución de una planta concentradora, el desafío es optimizar el capital de inversión de tal forma de mejorar los indicadores económicos. Los casos que consideran la implementación de lixiviación HYP tiene una oportunidad de mejora en la madurez de la tecnología, donde se podría tener una recuperación metalúrgica más alta y modelos de cinética de recuperación multivariables que aumenten los flujos productivos en el tiempo.

El análisis presentado en este documento, junto con las recomendaciones de las rutas estratégicas, permiten a la compañía incluir la opcionalidad de crecimiento en la planificación estratégica del Asset. En el caso de BHP este proceso de planificación es cíclico, y año a año va incorporando mayor detalle a las rutas que definen el portafolio de la empresa. En el caso específico de CMCC se presenta como una oportunidad para optimizar los valores ya visibilizados en el estudio de opciones, en otras palabras, que las recomendaciones de rutas estratégicas presentadas anteriormente sean incorporadas en la siguiente fase de planificación, de tal forma de incluir mayor detalle a las iniciativas que forman parte de las rutas, a través de un mejor entendimiento de la información de entrada, como son la intensidad de capital, costos operacionales, temporalidad de

ingreso de cada una de las iniciativas, recuperaciones de cobre de nuevos procesos metalúrgicos, posibles cambios en la filosofía de manejo de materiales en la mina, entre otros. El objetivo principal será que en la siguiente etapa una de las rutas estratégicas se defina como la óptima y que cada una de las opciones pertenecientes a esta ruta se incluya en el portafolio de BHP, es decir que aseguren el financiamiento y recursos para que se inicien las etapas de ingeniería de estudio de proyectos y la ruta sea finalmente ejecutada.

9. Conclusión

El trabajo presentado en este documento se basó en un detallado análisis de oportunidades desarrollado de manera técnica y económicamente robusto que permitió definir las posibles rutas de crecimiento de CMCC, tal como se describe en los objetivos de esta tesis y que permite desplazar en el tiempo el cierre de la operación y su respectivo costo. Las conclusiones principales del estudio se presentan a continuación.

La metodología de análisis de oportunidad utilizada en este trabajo es una herramienta corporativa estratégica empleada transversalmente por las distintas áreas en BHP. Esta permite relevar la importancia a lo largo de toda la organización de buscar nuevas soluciones - en un marco de pensamiento disruptivo - a una problemática específica. Esto entrega una ventaja competitiva con respecto a otras compañías que no cuentan con una metodología similar.

Siguiendo con el análisis de oportunidades es de vital importancia especificar el problema a resolver, ya que esto enmarca las posibles alternativas que se propondrán. Para CMCC se definió la siguiente declaración del problema a resolver “*Identificar el crecimiento óptimo de CMCC que maximice el valor del activo, con el objetivo de extender la vida útil de la operación, a través de una operación sostenible, estable, productiva y de bajo costo*”. Esta declaración fue definida en un taller presencial por un equipo experto y multidisciplinario.

La metodología permitió identificar 113 oportunidades enmarcadas en el problema a resolver, de las cuales 100 fueron definidas como decisiones, 11 como hechos y 2 como riesgos. Las decisiones se clasificaron entre tácticas (54), políticas (2) y estratégicas (44). Estas últimas se priorizaron en términos de factibilidad de implementación y relevancia para la operación.

Al clasificar las decisiones estratégicas por impacto en el área de negocio permitió priorizar y analizar sólo los casos más factibles de evaluar durante esta etapa (Análisis de Oportunidades – OA de BHP), dejando el resto como oportunidades de estudio para el siguiente ciclo. En la tabla se identificaron seis grupos estratégicos: proyecto de expansión, planificación, lixiviación de nuevos materiales, capacidad latente, equipos mina y modelamiento de recursos.

El análisis realizado sobre la tabla estratégica arrojó 40 casos que fueron ordenados a través de un árbol de decisión, que es una herramienta para poder identificar posibles rutas de crecimiento. Este ejercicio permitió clasificar los casos en 10 escenarios, para un mejor análisis comparativo técnico y económico de las opciones.

En base al análisis técnico económico realizado para el Escenario Base, el mejor caso factible resultante es el Caso C02 el cual incluye la optimización de diseños de fases maximizando la extracción de mineral de mejores leyes de cobre, lo que implica una mayor producción comparado con el caso sin la optimización de diseño (C00), por lo tanto, se obtienen mayores flujos de caja. El VAN de este caso es de US\$125M, y no incluye capital adicional de crecimiento ni tampoco de equipos mina.

Se analizó el escenario de extracción de Mineral Bajo Pilas de Lixiviación (MBP), que extiende la vida de la mina generando valor económico. El mejor caso en este escenario es aquel que procesa a un ritmo de 17Mt por año (C08), presentando un VAN de

US\$420M, con una TIR de 32% y un REC de 1.2. El capital de inversión de este caso es de US\$120M que incluye las conexiones y correas de área de chancado, además se considera el capital de adquisición de equipos mina por un monto de US\$25M. Al remover el área de pilas ésta no se reemplaza, por lo que este caso presenta un desafío adicional que es lograr las recuperaciones metalúrgicas de cobre apilando el mineral a mayor altura, se estima que esto no se manejado de forma apropiada se podría disminuir 15 puntos de recuperación lo que implica una pérdida de valor de ~US\$65M.

La opción de extraer Mineral Bajo el Área de Chancado (MBC), se estudió como una alternativa de extensión de vida de la mina, el cual analizó la opción de acceder a mayores leyes de cobre, para obtener mayores producciones iniciales a cambio de una mayor intensidad de capital de inversión. Esto último viene dado a que se debe remover la infraestructura de chancado y ser reemplazada en otro sector de la mina. Los casos presentan un VAN superior al escenario MBC sin embargo la TIR y el REC son menores significativamente (TIR ~15% y REC menor a 0.5).

Dado que la extensión de vida de la operación entrega valor por el aumento de producción de cobre en el tiempo, se buscó la mejor opción de extracción de mineral MBP y MBC, tanto de forma simultánea o de forma secuencial, dando como resultado que la extracción inicial MBP y luego la de MBC es el mejor caso en términos económicos. Este caso (C16) presenta un VAN de US\$605M, una TIR de 27% y un REC de 1.0.

Considerar minerales marginales en el proceso, MSH entre 30% y 50% de calcosina y Óxidos Negros, crean valor para CMCC en ~US\$85M. El valor generado viene porque a pesar de que los minerales tienen bajas leyes, pagan el costo operacional de procesarlo, y entregan flexibilidad en la mina, por lo que se disminuye el movimiento total aproximadamente en 8Mt por año dado a que el material agregado ya está expuesto, disminuyendo de esta forma el costo de extracción.

CMCC cuenta con un volumen de recursos de mineral hipógeno considerable. Una de las opciones de proceso de este material es la lixiviación de calcopirita (HYP) que es una tecnología nueva en la industria minera. El análisis arrojó que el mejor caso factible y económico es el C28. Esta opción extiende la vida de la mina por 45 años procesando ~700Mt de mineral hipógeno, y tiene como base la extracción secuencial MBP y MBC. Los resultados económicos son: VAN de US\$760M, TIR de 16% y un REC de 0.7. El capital de inversión de esta opción es de US\$1,300M, este incluye la remoción de pilas y chancado, reemplazo de esta infraestructura, el acondicionamiento de la planta para el proceso HYP y un área extra de apilado dado que se extienden los ciclos de lixiviación por más de 200 días. Este caso presenta incertidumbre en las producciones debido a la incorporación de una nueva tecnología en el proceso, además, el ritmo de 17Mt exige un cambio de filosofía operacional extra lo que acentuaría el riesgo en el proceso productivo, es por esto que se considera conveniente disminuir el riesgo a la producción desde los escenarios MBP y MBC, continuando con la forma de apilar actual de CMCC a un ritmo de 21Mt por año y de esta forma tener un caso de negocio más robusto técnicamente.

Históricamente en minería se ha utilizado el proceso de flotación para el procesamiento de mineral calcopirítico o hipógeno, ya que las recuperaciones metalúrgicas de cobre que se pueden alcanzar están en el rango de 88% y 85%, que es superior a lo comprometido por el método HYP que es de 65%, lo que permite obtener mayores ingresos si se opta por el primer proceso, sin embargo, la intensidad de capital es mayor en este caso, debido

a la construcción de la planta y tranque de relaves. Por lo tanto, el caso más atractivo de los analizados en este escenario, es aquel que requiere una inversión inicial menor, es decir el caso C34 que tiene como base la extracción secuencial MBP - MBC y una planta concentradora de 60ktpd de capacidad, dado que los flujos generados son suficientes para pagar el capital y los costos operacionales de la nueva planta. La vida de la mina se extiende por más de 50 años y permite enviar a proceso ~1,300Mt de mineral adicionales. De este análisis se puede desprender que dadas las bajas leyes presentes en el cuerpo hipógeno de CMCC, es necesario balancear correctamente los niveles de producción requeridos con la intensidad de capital, de tal forma de maximizar el valor total de la operación. El VAN de esta opción es de US\$1,130M, con una TIR de 15% y un REC de 0.6.

Dado el valor agregado del caso C34, se estudió la opción de procesar mineral hipógeno en dos procesos en forma paralela, por lixiviación y concentración, tomando ventaja total de los minerales primarios, considerando que el mineral con mayor ley se enviará a flotación, dada la mayor recuperación en este proceso y se aprovechará la lixiviación para procesar en periodos más tempranos el mineral de más baja ley, que serían enviados a concentradora más adelante en la vida de la mina, de esta forma aumentando los flujos de caja en periodos tempranos del proyecto. El mejor caso en ese escenario es el C37 que toma en cuenta la extracción secuencial MBP - MBC, la implementación de la tecnología HYP de lixiviación a una tasa de procesamiento de 21Mt por año y una planta concentradora de 60ktpd de capacidad, procesando 1,300Mt de mineral hipógeno. El VAN de esta opción es de US\$920M, con una TIR de 15% y un REC de 0.6.

Una de las condiciones para ejecutar cualquier proyecto en CMCC es asegurar una alternativa de suministro de agua. La mejor opción es tener un contrato BOOT¹¹ para una planta de tratamiento de agua de mar y la línea que impulsará esta desde la costa a CMCC. Esto permite bajar la intensidad de capital de los proyectos de expansión y hace más atractiva la opción. La extensión de vida de la operación de CMCC no sólo entrega valor por el aumento de producción de cobre en el tiempo, sino que entrega opcionalidad para desplazar el costo de cierre que alcanza un monto de ~US\$200M y negociación de tarifas con terceros para suministro de recursos estratégicos, mejorando los índices económicos.

Como conclusión general del estudio las posibles rutas estratégicas para el crecimiento y expansión de CMCC responden a los casos C28, C34 y C37. Cada uno de los casos tiene como paso inicial la ejecución de MBP, es más, todos los escenarios que retrasan o no consideran esta opción generan un valor económico menor, por lo tanto, este proyecto se considera un habilitador del crecimiento de CMCC, inclusive es más atractivo que realizar la ejecución del cierre de la operación en el 2024.

Se identificaron oportunidades para mejorar los indicadores económicos de las rutas estratégicas propuestas, entre estas la optimización del capital de inversión lo que permitiría mejorar el índice REC. Además, a través de un mejor entendimiento de la información de entrada, como son los costos operacionales, temporalidad de ingreso de cada una de las iniciativas, recuperaciones de cobre de nuevos procesos metalúrgicos, optimización de nuevas áreas para la infraestructura en la mina, posibles cambios en la

¹¹ BOOT: Build, operate, own & transfer

filosofía de manejo de materiales, entre otros, permiten robustecer los casos de negocios de cada iniciativa.

La planificación estratégica en BHP es cíclica, y año a año va incorporando mayor detalle a las rutas que definen el portafolio de la empresa lo que robustece el caso de negocio final del Asset. Por lo tanto, es necesario asegurar el financiamiento y recursos para que se inicien las etapas de ingeniería de estudio de proyectos y la ruta sea finalmente ejecutada.

10. Bibliografía

1. BHP Guidance note. 2019. Capital prioritisation guidance note. Versión 1.0.
2. BHP Guidance note. 2019. Opportunity framing guidance note. Versión 1.1.
3. BHP Our requirements document. 2019. Decision evaluation. Versión 6.3.
4. BHP Our requirements document. 2018. Corporate alignment planning. Versión 7.2.
5. FOURIE, G.A. y DOHM, G.C. 1992. Open pit planning and design. En: HARTMAN, L. Mining engineering handbook. Denver, EEUU. Society for Mining, Metallurgy & Exploration Editorial. pp 1274-1297.
6. GENTRY, D.W. y O'NEIL, T.J. 1992. Mine feasibility studies. En: HARTMAN, L. Mining engineering handbook. Denver, EEUU. Society for Mining, Metallurgy & Exploration Editorial. pp 393-404.
7. KING, B. 2004. Integrated strategy optimisation for complex operations. En: OREMODELLING AND strategic mine planning. Perth, Australia. pp 391-397
8. LANE, K. 1988. The economic definition of ore. Londres, Mining Journal Books Limited. pp 1-33
9. LERCHS, H. y GROSSMANN, I. 1965. Optimum design of open-pit mines. En: JOINT C.O.R.S and O.R.S.A. Conference. Montreal, Canadá. Transactions, C.I.M. Volume LXVIII. pp 17-24
10. McCARTHY, P.L. 2002. Setting plant capacity. En: Metallurgical plant design and operating strategies. Sydney, Australia. AusIMM. pp 1-6.
11. WHITTLE, J. 1988. Beyond optimization in open-pit design. En: FIRST CANADIAN conference on computer application in the mineral industry. Quebec, Canadá. pp 331-337

11. Anexos

11.1 Anexo N°1: Clasificación de Oportunidades

La siguiente tabla representa el levantamiento de todas las opciones de oportunidades que se identificaron en el taller presencial de CMCC para resolver el problema definido. Las oportunidades se identificaron como decisión, hecho, incertidumbre o riesgo, y además las decisiones fueron clasificadas como tácticas, estratégicas o políticas.

	Área Clave	Oportunidades Identificadas	Clasificación Oportunidades	Clasificación Decisiones
1	Ingeniería de Recursos	Lixiviación mineral de hipógeno	Decisión	Estratégica
2	Ingeniería de Recursos	Concentrar mineral de hipógeno	Decisión	Estratégica
3	Ingeniería de Recursos	Lixiviación de ROM	Decisión	Estratégica
4	Ingeniería de Recursos	Capturar y Procesar material pozo de polvos	Decisión	Estratégica
5	Ingeniería de Recursos	Aumento de temperatura en etapa reposo del proceso de lixiviación	Decisión	Estratégica
6	Ingeniería de Recursos	Disminuir granulometría del mineral	Decisión	Táctica
7	Ingeniería de Recursos	Levantamiento de cuellos de botella y posibles mantenciones mayores de equipos	Decisión	Táctica
8	Ingeniería de Recursos	Análisis de productividad de la mina vs optimización de mezclas de mineral	Decisión	Estratégica
9	Ingeniería de Recursos	Identificación y selectividad de minerales (Ejm: solución tecnológica "precision mining")	Decisión	Estratégica
10	Ingeniería de Recursos	Opción de minería subterránea (alta razón estéril mineral)	Decisión	Estratégica
11	Ingeniería de Recursos	Mejorar productividad de equipos mina, reestimación tipo de flotas	Decisión	Táctica
12	Ingeniería de Recursos	Análisis de la restricción alimentación vs inversión en equipos por la integridad de los equipos.	Decisión	Estratégica
13	Ingeniería de Recursos	Análisis entre riegos y productividad de la autonomía de equipos mina (perforadoras)	Decisión	Estratégica
14	Ingeniería de Recursos	Reemplazo de la energía tradicional por energía verde (24/7)	Hecho	
15	Ingeniería de Recursos	Sinergias de energía con otras faenas	Decisión	Estratégica
16	Ingeniería de Recursos	Analizar opciones de sistemas de transporte (Ejm: sistema convoy, sistema trolley, correas)	Decisión	Estratégica
17	Ingeniería de Recursos	Aumento ángulos globales de talud	Decisión	Estratégica
18	Ingeniería de Recursos	Estrategia de desagüe del fondo mina (acceso minerales, abastecimiento de agua), disminución del consumo de agua de Lagunillas	Decisión	Táctica
19	Ingeniería de Recursos	Análisis de realizar tronadura para ROM	Decisión	Táctica
20	Ingeniería de Recursos	Análisis de aumento de la altura de las pilas de lixiviación	Decisión	Táctica

21	Ingeniería de Recursos	Revisar nuevas áreas de apilamiento en la mina	Decisión	Estratégica
22	Ingeniería de Recursos	Analizar procesamiento de lixiviación in situ	Decisión	Estratégica
23	Ingeniería de Recursos	Optimización consumos de energía en horarios punta	Decisión	Táctica
24	Ingeniería de Recursos	Sinergias con empresa HMC (minerales, agua, arriendo o compra de faena)	Decisión	Estratégica
25	Ingeniería de Recursos	Evaluación la opción de eliminación de campamento	Decisión	Táctica
26	Ingeniería de Recursos	Revisión secuencia de crecimiento de CMCC con los proyectos de extensión de la lixiviación.	Decisión	Estratégica
27	Ingeniería de Recursos	Solución de relaves no convencionales, si la opción es una concentradora como proceso.	Decisión	Estratégica
28	Ingeniería de Recursos	Optimización de diseños de fases	Decisión	Táctica
29	Ingeniería de Recursos	Caracterización de stocks, remanejo de sobretamaños	Decisión	Táctica
30	Ingeniería de Recursos	Aumentar de eficiencia de corriente en la planta de EW.	Decisión	Táctica
31	Ingeniería de Recursos	Eficiencia consumo diésel de camiones.	Decisión	Táctica
32	Ingeniería de Recursos	Analizar la posibilidad de maquilas (compra y venta).	Decisión	Estratégica
33	Costos	Seguimiento de los costos claves e insumos críticos	Decisión	Táctica
34	Costos	Integración proyectos CIO y MCoE para la mejora en toma de decisiones.	Decisión	Estratégica
35	Costos	Revisión y optimización de contratos como un modelo de negocio más eficiente en BHP	Decisión	Táctica
36	Costos	Asegurar la correcta gestión, uso y entendimiento de los contratos.	Decisión	Táctica
37	Costos	Definir FTE óptimo (interno y externo).	Decisión	Estratégica
38	Costos	Revisar la ley de corte por proceso y criterio de definición	Decisión	Estratégica
39	Costos	Estrategia de las flotas 793 (de SPC o MEL) a CMCC	Decisión	Estratégica
40	Costos	Movimiento de Palas de MEL a CMCC	Decisión	Estratégica
41	Costos	Optimización de inventarios (stock, W&I)	Decisión	Estratégica
42	Costos	Piloto de tecnología o nuevos equipos para CMCC (Ejm: camiones, correas, etc.), aprovechar sinergia con vendor.	Decisión	Táctica
43	Costos	Evaluar alternativas de optimización del tiempo de ciclo de pilas (sin disminuir recuperación) por mineralogía (Sulfuros con sal)	Decisión	Táctica
44	Costos	Pilotaje de la calcopirita con stock hipógenos de 20Mt en área nueva aprovechar de procesar más mineral	Decisión	Táctica
45	Costos	Opciones de mejora para estandarizar la disciplina operacional	Decisión	Táctica
46	Costos	Mejora y estandarización de la estrategia de mantenimiento	Decisión	Estratégica

47	Costos	Maximizar el uso de la capacidad latente (SX&EW, uso de área apilable planta 2 hacia botadero, etc.)	Hecho	
48	Costos	No sacrificar el futuro por decisiones del corto plazo	Riesgo	
49	Costos	Optimizar el uso de insumos (modelo de consumo de ácido, reactivos SX, tronadura, energía)	Decisión	Táctica
50	Costos	Optimización de HH útiles y trabajables (ingresos de área, firma documentos, mantenciones, accesos, etc.)	Decisión	Táctica
51	Costos	Búsqueda de eficiencias energéticas e hídricas	Decisión	Táctica
52	Costos	Tener un plan maestro con diversos proveedores	Decisión	Política
53	Costos	Automatización de operaciones y procesos	Decisión	Estratégica
54	Costos	Optimización del número de personas en faena (uso de campamento) / trabajo remoto	Decisión	Táctica
55	Costos	Reducción de ausentismo laboral	Decisión	Táctica
56	Costos	Revisión de costos indirectos (administración, prevencionistas, etc.) en contratos con proveedores	Decisión	Táctica
57	Costos	Inclusión de lecciones aprendidas de mineras benchmark en cuanto a costos y productividad	Hecho	
58	Costos	Evaluar la habilitación de áreas cercanas para reducir distancias de acarreo	Decisión	Táctica
59	Costos	Mayor control en el consumo de insumos por parte de la operación (área operativa dueñas del proceso)	Decisión	Táctica
60	Costos	Aumentar el uso en la iniciativa de suministros desde China. (Ejm. Correas, neumáticos, etc.)	Decisión	Táctica
61	Geociencia	Analizar nuevos procesos de lixiviación aplicando temperatura en las soluciones.	Decisión	Estratégica
62	Geociencia	Analizar nuevas formas para lixiviar por ejm: ácido bórico	Decisión	Estratégica
63	Geociencia	Mejorar el reconocimiento de mineral hipógeno a través de estrategia de perforación	Decisión	Estratégica
64	Geociencia	Reconocerlos botaderos de ripios	Decisión	Estratégica
65	Geociencia	Incorporar actualizaciones y mejores prácticas de modelo geotécnico	Decisión	Táctica
66	Geociencia	Actualización de modelos geometalúrgicos	Hecho	
67	Geociencia	Lixiviación óxidos negros, que permitirá aumentar producción o bajar costos.	Decisión	Estratégica
68	Geociencia	Optimizar rangos de Cu lixiviable en mineral tipo MSH	Decisión	Estratégica
69	Geociencia	Revisión de parámetros geometalúrgicos para la concentradora, para obtención de sub-productos (Au en MSH)	Decisión	Estratégica
70	Geociencia	Adelantar medidas de cierre - drenaje ácido de los botaderos y pilas (modelo pirita)	Decisión	Táctica
71	Geociencia	Buscar el cuerpo de alta ley de mineral de hipógeno	Decisión	Estratégica

72	Geociencia	Desafiar los resultados del área de exploración. (Buscar nuevos áreas del depósito)	Decisión	Táctica
73	Geociencia	Evaluar "Sorting" de minerales antes que lleguen al proceso	Decisión	Táctica
74	Geociencia	Utilizar reactivos que permitan aumentar la recuperación, mejorando la permeabilidad (etapa de aglomeración)	Decisión	Táctica
75	Geociencia	Aumento de temperatura en sistema de aireación en las pilas (2% beneficio)	Decisión	Táctica
76	Geociencia	Opción de compra mineral (o soluciones) a terceros	Decisión	Estratégica
77	Geociencia	Venta de agua y sal a terceros (planta desaladora)	Decisión	Táctica
78	Geociencia	Lixiviación Secundaria de Ripios	Decisión	Táctica
79	Intensidad de Capitales	Revisión de modelos comerciales (leasing, sinergias, equipos móviles, fijos, infraestructura, suministro de recursos)	Decisión	Estratégica
80	Intensidad de Capitales	Evaluación industrial de iniciativas (Fase 0) por ejm pilotaje industrial	Decisión	Táctica
81	Intensidad de Capitales	Evaluar perfil de riesgo de iniciativas y proyecto (directrices corporativas)	Riesgo	
82	Intensidad de Capitales	Priorización de integridad de los activos (incluyendo pilares de tecnología)	Decisión	Táctica
83	Intensidad de Capitales	Alternativas de buscar sinergias con empresas en el distrito minero de CMCC (producción/suministro)	Decisión	Estratégica
84	Intensidad de Capitales	Leasing de equipos móviles y fijos	Hecho	
85	Intensidad de Capitales	Aprovechar pilotajes en otras operaciones, usando la infraestructura para hacer pruebas de mineral de CMCC	Decisión	Táctica
86	Intensidad de Capitales	Incluir iniciativas del área de innovación.	Decisión	Táctica
87	Intensidad de Capitales	Ingeniería directa con proveedores de equipos	Decisión	Táctica
88	Intensidad de Capitales	Evaluar hacer de CMCC un Joint Venture	Decisión	Estratégica
89	Intensidad de Capitales	Pilotaje que necesiten otras compañías que se ejecuten en CMCC	Decisión	Táctica
90	Intensidad de Capitales	Compra de equipos usados	Hecho	
91	Intensidad de Capitales	Venta de equipos/componentes	Hecho	
92	Intensidad de Capitales	Venta de material descartados o deshechos	Decisión	Táctica
93	Intensidad de Capitales	Utilizar benchmark de operaciones similares a CMCC que sean eficientes en ejecución de capital	Hecho	
94	Intensidad de Capitales	Revisión del marco de proyectos para disminuir capital buscando sinergias con la operación, por ejemplo movimiento de tierra que se haga con equipo propio	Decisión	Táctica
95	Intensidad de Capitales	Revisar compromisos de RCA	Decisión	Estratégica

96	Intensidad de Capitales	Usar proceso de Integridad de activos, para hacer una actualización de la infraestructura actual (revisión cuellos de botella)	Decisión	Táctica
97	Intensidad de Capitales	Aumentar capacidad de tratamiento con la infraestructura actual (optimizar costos de cuellos de botella)	Decisión	Táctica
98	Intensidad de Capitales	Generar contratos tipo "marco" para construcción	Decisión	Táctica
99	Otros	Internalización o Externalización (mina, agua, campamento, mantenimiento)	Decisión	Estratégica
100	Otros	Externalización (material, chancado y transporte)	Decisión	Estratégica
101	Otros	Desarrollar agua con posibilidad de venta a terceros	Decisión	Estratégica
102	Otros	Sinergias de suministros y transporte con empresas de la región	Decisión	Estratégica
103	Otros	Venta producto intermedios (polvo o borra anódica)	Hecho	
104	Otros	Reciclaje (economía circular)	Decisión	Táctica
105	Otros	Revisar plan estratégico comunidades específico de CMCC para asegurar futuro (aumentar la empleabilidad de las comunidades)	Decisión	Táctica
106	Otros	Plan de desarrollo colaboradores de la primera región	Decisión	Táctica
107	Otros	Integración sistemas de información de captura datos (mina/planta)	Hecho	
108	Otros	Actualización de la red OT	Hecho	
109	Otros	Minimizar personal administrativos en faena (trabajo flexible – trabajar desde la casa)	Decisión	Táctica
110	Otros	Infraestructura para soportar cambios de tecnología	Decisión	Táctica
111	Otros	Creación de centro logístico abastecimiento minero (bodega)	Decisión	Táctica
112	Otros	Sistema cocinar y enfriar (permitirá eliminar cocinar en faena)	Decisión	Táctica
113	Otros	Desafiar la estrategia de permisos actuales	Decisión	Política

Tabla 6: Tabla de clasificación de oportunidades

11.2 Anexo N°2: Consideraciones de casos estudiados para CMCC

A continuación, se describen todas las consideraciones de los casos que se identificaron en el árbol de decisión.

I. Caso Base optimizado (C00):

Se debe definir el caso base, este nos permitirá realizar la comparación y análisis económico con los casos que se estudiarán.

Consideraciones:

- No incluye capitales, solo capitales de sostenibilidad de infraestructura
- Permiso Ambiental aprobado hasta diciembre 2024, que incluye suministro de agua desde Lagunillas
- La información de rendimiento operacional incluye planes tácticos de mejora (mina y planta)
- Costos proyectados del proceso de planificación anterior (plan quinquenal)
- Protocolo de precio de cobre desarrollado internamente en BHP
- Se realiza análisis con máxima capacidad de tratamiento
- Se analiza el movimiento total de la mina por año

II. Caso Base Extensión de la vida (C01):

Esta opción nos entregará información de cuantos años se puede extender la vida de la mina, con el mineral disponible de la optimización del rajo del escenario del caso base – C0, solo considerando las fases actuales, y optar por un permiso de continuidad operacional más acelerado.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C00 en términos de planificación mina, proceso y costos
- Se libera la restricción de permiso vigente
- No incluye capitales, solo capitales de sostenibilidad de infraestructura

III. Caso Análisis Diseño de Fases (C02)

Este caso analiza la configuración de distintos tamaños de la última fase que se debe abrir en CMCC, que corresponde a la fase 124, esto nos permitirá tener la posibilidad de incorporar minerales de mejores leyes y revisar la razón estéril mineral.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C00
- Rediseños de la Fase 124, considera una fase más extensa que la considerada en el caso C00

IV. Casos que incorporan otros minerales

a. Caso MSH 40% - 50% (C03)

Incorpora la lixiviación de mineral transicional con contenidos de calcosina entre 40% y 50%.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C00
- Incluye mineral transicional en el proceso de lixiviación
- La recuperación de estos minerales está en el rango de 45% - 55% aprox.

b. Caso MSH 30% - 50% (C04)

Incorpora la lixiviación de mineral transicional con contenidos de calcosina entre 30% y 50%.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C00
- Incluye mineral transicional en el proceso de lixiviación
- Las recuperaciones de estos minerales están en el rango de 40% -55%.

c. Caso MSH 30% - 50% + Óxidos Negros (C05)

Incorpora la lixiviación de mineral transicional con contenidos de calcosina entre 30% y 50% y los óxidos negros.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C00
- Incluye mineral transicional y óxidos negros en el proceso de lixiviación
- Las recuperaciones de estos minerales están en el rango de 40% -55% y los óxidos negros con un rango de recuperaciones de 35% - 45%.

d. Caso Óxidos Negros (C06)

Este caso incorpora los óxidos negros como nuevo mineral en el proceso de lixiviación.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C00
- Incluye mineral óxidos negros en el proceso de lixiviación
- La recuperación de los óxidos negros está con un rango de 35% - 45%.

V. Casos con acceso a mineral bajo infraestructura extensión vida de la mina

a. Caso MBP - MBC 12Mt (C07)

Incorpora los minerales que están bajo la infraestructura de la planta 1 de CMCC (MBP) en el FY24, y a partir del FY30 se incorporan los minerales que se encuentran bajo el área de chancador (MBC).

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C02
- Se requiere la tramitación de un permiso de evaluación de impacto ambiental, para la continuidad de la mina.
- Se incorporan 6 fases nuevas, donde F16, F17, F18 y F19 corresponden al MBP; F20 y F21 a MBC
- El inicio del proyecto MBP es el FY24 (enero 2024) y proyecto MBC en el FY27 (junio 2026)
- Se consideran capitales para la remoción planta 1 y reubicación de las infraestructuras correspondientes al área de chancado
- Considera contrato de agua a largo plazo con tarifas negociadas con terceros, contrato tipo BOOT. (Build, Operate, Own, Transfer)
- Apilamiento solo en planta 2 con una capacidad total de 12 Mt.

b. Caso MBP - MBC 17Mt (C08)

Incorpora los minerales que están bajo la infraestructura de la planta 1 de CMCC (MBP) en el FY21, y a partir del FY32 se incorporan los minerales que se encuentran bajo el área de chancador (MBC), pero considera algunas restricciones metalúrgicas para procesar 17 Mt de alimentación.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C07.
- Se debe considerar un adicional de capital en comparación al caso C7, debido a que se debe realizar un empalme a través de una correa desde chancador 1 hacia planta 2.

- La configuración de la altura de apilamiento de la planta 2 es la siguiente, mezcla 7m y sulfuros a 10 m.

c. Caso MBP - MBC 21Mt (C09)

Incorpora los minerales que están bajo la infraestructura de la planta 1 de CMCC (MBP) en el FY22, y a partir del FY28 se incorporan los minerales que se encuentran bajo el área de chancador (MBC), pero considera algunas restricciones metalúrgicas para procesar 21 Mt de alimentación.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C07.
- Se debe considerar un capital mayor que el caso C08, debido a que se debe construir una nueva pila y además el empalme desde el chancador 1 hacia la nueva pila.
- La configuración de la altura de apilamiento en ambas pilas es de 7m

d. Caso MBC - MBP 21Mt (C10)

Incorpora los minerales que están bajo el área de chancador (MBC) y luego se incorporan los minerales que se encuentran bajo la infraestructura de la planta 1 de CMCC (MBP), pero considera algunas restricciones metalúrgicas para procesar 21 Mt de alimentación.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C02
- Se requiere la tramitación de un permiso de evaluación de impacto ambiental, para la continuidad de la mina.
- Se incorporan 6 fases nuevas, donde F16, F17, F18 y F19 corresponden al MBP; F20 y F21 a MBC
- El inicio del proyecto MBC es el FY24 (enero 2024) y proyecto MBP en el FY27 (junio 2026)
- Se debe considerar un capital mayor que el caso C02, debido a que se debe construir una nueva pila y además el empalme desde el chancador 1 hacia la nueva pila.
- Considera contrato de agua a largo plazo con tarifas negociadas con terceros, contrato tipo BOOT. (Build, Operate, Own, Transfer)
- La configuración de la altura de apilamiento en ambas pilas es de 7m.

e. Caso MBC + MBP 12Mt (C11)

Incorpora los minerales que están bajo el área de chancador (MBC) y los minerales que se encuentran bajo la infraestructura de la planta 1 de CMCC (MBP) en forma simultáneamente, según el mayor beneficio, procesando solo 12 Mt de alimentación.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C02.
- Se consideran un capital menor al caso C10, ya que solo se debe considerar la remoción planta 1 y reubicación de las infraestructuras correspondientes al área del chancado.
- Apilamiento solo en planta 2 con una capacidad total de 12 Mt.

f. Caso MBC + MBP 17Mt (C12)

Incorpora los minerales que están bajo el área de chancador (MBC) y los minerales que se encuentran bajo la infraestructura de la planta 1 de CMCC (MBP) en forma simultáneamente, según el mayor beneficio, procesando solo 17 Mt de alimentación.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C11.
- Se debe considerar un capital mayor que el caso C11, debido a que se debe realizar un empalme desde chancador 1 hacia planta 2, además de la reubicación del área de chancado.
- La configuración de la altura de apilamiento de la planta 2 es la siguiente, mezcla 7m y sulfuros a 10 m

g. Caso MBC + MBP 21Mt (C13)

Incorpora los minerales que están bajo el área de chancador (MBC) y los minerales que se encuentran bajo la infraestructura de la planta 1 de CMCC (MBP) en forma simultáneamente, según el mayor beneficio, procesando solo 21 Mt de alimentación.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C11.
- Se debe considerar un capital mayor que el caso C12, debido a que se debe construir una nueva pila y además el empalme desde el chancador 1 hacia la nueva pila
- La configuración de la altura de apilamiento de ambas pilas es de 10 m.

h. Caso MBP 12Mt (C14)

Incorpora sólo minerales del proyecto MBP, considerando solo la planta 2 para lixiviar.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C02.
- Se consideran capitales para la remoción planta 1.
- Apilamiento solo en planta 2 con una capacidad total de 12 Mt.

i. Caso MBP 17Mt (C15)

Incorpora sólo minerales del proyecto MBP y procesa 17Mt de mineral.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C14.
- Se debe considerar un capital mayor que el caso C14, debido a que se debe realizar un empalme a través de correas desde chancador 1 hacia planta 2
- La configuración de la altura de apilamiento de la planta 2 es la siguiente, mezcla 7m y sulfuros a 10 m

j. Caso MBP 21Mt (C16)

Incorpora sólo minerales del proyecto MBP y procesa 21Mt de mineral.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C14.
- Se debe considerar un capital mayor que el caso C15, debido a que se debe construir una nueva pila y además el empalme desde el chancador 1 hacia la nueva pila.
- La configuración de la altura de apilamiento en ambas pilas es de 7m.

k. Caso MBC 21Mt (C17)

Incorpora sólo minerales del proyecto MBC y procesa 17Mt de mineral.

Consideraciones:

- Consideraciones del Caso – C02.
- Se debe considerar un capital mayor que el caso C02, debido a que se debe construir una nueva pila y además el empalme desde el chancador 1 hacia la nueva pila.
- La configuración de la altura de apilamiento en ambas pilas es de 7m.

VI. Casos mejorados

El mejor caso obtenido en el análisis realizado en el punto 5 (minerales bajo infraestructura) se utiliza para realizar el análisis con las distintas opciones de tipo mineral de los casos C3 al C6.

a. Caso MSH 40%-50% (C18)/(C22)

En el análisis se incluye mineral transicional con contenidos de calcosina entre 40% y 50% en el proceso de lixiviación.

Consideraciones:

- C18: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C7 al C13).
- C22: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C14 al C17).
- Incluye mineral transicional en el proceso de lixiviación
- La recuperación de estos minerales está en el rango de 45% - 55% aprox.

b. Caso MSH 30%-50% (C19)/(C23)

En el análisis se incluye mineral transicional con contenidos de calcosina entre 30% y 50% en el proceso de lixiviación.

Consideraciones:

- C19: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C7 al C13).
- C23: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C14 al C17).
- Incluye mineral transicional en el proceso de lixiviación
- Las recuperaciones de estos minerales están en el rango de 40% -55%.

c. Caso MSH 30%-50% + Óxidos Negros (C20)/(C24)

En el análisis se incluye mineral transicional con contenidos de calcosina entre 30% y 50% en el proceso de lixiviación y los óxidos negros.

Consideraciones:

- C20: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C7 al C13).
- C24: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C14 al C17).
- Incluye mineral transicional en el proceso de lixiviación

- Las recuperaciones de estos minerales están en el rango de 40% -55% y los óxidos negros con un rango de recuperaciones de 35% - 45%.

d. Caso Óxidos Negros (C21)/(C25)

Este caso incorpora los óxidos negros como nuevo mineral en el proceso de lixiviación.

Consideraciones:

- C21: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C7 al C13).
- C25: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C14 al C17).
- Incluye mineral transicional en el proceso de lixiviación
- La recuperación de los óxidos negros está con un rango de 35% - 45%.

VII. Incluir áreas nuevas para lixiviar (C26/27):

Esta opción permite analizar nuevas áreas dentro de la operación para utilizarlas como una nueva pila para lixiviar

Consideraciones:

- C26: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C18 al C21).
- C27: Considera el mejor caso en términos económicos, de los casos estudiados en la sección anterior (C22 al C25).
- Optimización de los tiempos de ciclos, debido a que existe otra área para un depósito de lastre.

VIII. Procesamiento de mineral primario a través de la lixiviación (hipógeno)

a. Caso HYP 21Mt (C28/C31)

Incluye mineral primario al proceso de lixiviación, esto permitirá extender aún más la vida de Cerro Colorado, ya que el recurso es mucho más extenso que el mineral supérgeno.

Consideraciones:

- C28: Considera el caso 26
- C31: Considera el caso 27
- Incorpora mineral de hipógeno al proceso de lixiviación con recuperaciones entre el rango 55% - 65%

- Alimentación máxima de hipógeno al proceso de lixiviación es de 21Mt
- Se considera capitales para habilitar nuevas área e infraestructuras para procesar hipógeno

b. Caso HYP 42Mt (C29/C32)

Incluye mineral primario al proceso de lixiviación con un máximo de 42 Mt de mineral por año.

Consideraciones:

- C29: Considera el caso 26
- C32: Considera el caso 27
- Alimentación máxima de hipógeno al proceso de lixiviación es de 42Mt
- Se considera más capitales que los casos C28 y C31 para habilitar nuevas área e infraestructuras para procesar hipógeno que permita procesar 42Mt de mineral.

c. Caso HYP 32Mt (C30)/(C33)

Incluye mineral primario al proceso de lixiviación con un máximo de 32 Mt de mineral por año.

Consideraciones:

- C30: Considera el caso 26
- C33: Considera el caso 27
- Alimentación máxima de hipógeno al proceso de lixiviación es de 32Mt
- Se considera más capitales que los casos C28 y C31 para habilitar nuevas área e infraestructuras para procesar hipógeno que permita procesar 32Mt de mineral

IX. Procesamiento de mineral a través de la concentradora

a. Caso CONC 60 (C34)

Se incorpora una planta de concentradora, que permite el procesamiento de minerales de hipógenos en la operación a partir del FY30 con una capacidad de 60ktpd. Los minerales (exceptuando los óxidos) tendrán la opción de competir su destino dependiendo de qué proceso genere mayor beneficio (lixiviación o concentradora)

Consideraciones:

- C34: considera el caso 26 (C26)
- La capacidad de la planta concentradora es de 60 ktpd
- Se debe considerar un capital para la concentradora de 60 ktpd

- La recuperación de cobre de los hipógenos en un proceso de concentradora está en el rango de 75% a 85%

b. Caso CONC 90 (C35)

Se incorpora una planta de concentradora, que permite el procesamiento de minerales de hipógenos en la operación a partir del FY30 con una capacidad de 90ktpd. Los minerales (exceptuando los óxidos) tendrán la opción de competir su destino dependiendo de qué proceso genere mayor beneficio (lixiviación o concentradora)

Consideraciones:

- C35: considera el caso 26 (C26)
- La capacidad de la planta concentradora es de 90 ktpd
- Se debe considerar un capital para la concentradora de 90 ktpd
- La recuperación de cobre de los hipógenos en un proceso de concentradora está en el rango de 75% a 85%

c. Caso CONC 120 (C36)

Se incorpora una planta de concentradora, que permite el procesamiento de minerales de hipógenos en la operación a partir del FY30 con una capacidad de 120ktpd. Los minerales (exceptuando los óxidos) tendrán la opción de competir su destino dependiendo de qué proceso genere mayor beneficio (lixiviación o concentradora)

Consideraciones:

- C36: considera el caso 26 (C26)
- La capacidad de la planta concentradora es de 120 ktpd
- Se debe considerar un capital para la concentradora de 120 ktpd
- La recuperación de cobre de los hipógenos en un proceso de concentradora está en el rango de 75% a 85%

d. Caso HPY + CONC (C37)

Se incorpora una planta de concentradora, que permite el procesamiento de minerales de hipógenos en la operación a partir del FY30. Los minerales (exceptuando los óxidos) tendrán la opción de competir su destino dependiendo de qué proceso genere mayor beneficio (lixiviación o concentradora)

Consideraciones:

- C37: considera el mejor caso de C28 al C30 como base

- Luego se debe incluir el tamaño de la planta concentradora, considerando el mejor caso de C34 al C36
- Se debe considerar un capital para la planta concentradora
- La recuperación de cobre de los hipógenos en un proceso de concentradora está en el rango de 75% a 85% y para proceso de lixiviación está en el rango de 55% y 65%.

e. Caso OA1 - HPY + CONC (C38)

Se incorpora una planta de concentradora, que permite el procesamiento de minerales de hipógenos. Los minerales (exceptuando los óxidos) tendrán la opción de competir su destino dependiendo de qué proceso genere mayor beneficio (lixiviación o concentradora)

Consideraciones:

- C38: considera el mejor caso de C31 al C33 como base.
- Luego se debe incluir el tamaño de la planta concentradora, considerando el mejor caso de C34 al C36
- Se debe considerar un capital para la planta concentradora
- La recuperación de cobre de los hipógenos en un proceso de concentradora está en el rango de 75% a 85%

f. Caso OA1 - CONC (C39)

Se incorpora una planta de concentradora, que permite el procesamiento de minerales de hipógenos en la operación a partir del FY27. Los minerales (exceptuando los óxidos) tendrán la opción de competir su destino dependiendo de qué proceso genere mayor beneficio (lixiviación o concentradora)

Consideraciones:

- C39: considera el caso 27 (C27)
- Luego se debe incluir el tamaño de la planta concentradora, considerando el mejor caso de C34 al C36.
- Se debe considerar un capital para la planta concentradora.
- La recuperación de cobre de los hipógenos en un proceso de concentradora está en el rango de 75% a 85%.