

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



**“SELECCIÓN TECNICA DE ALTERNATIVAS DE
MOVIMIENTO DE CHANCADORES *INPIT* A UNA
UBICACIÓN *EXPIT* EN RAJO ESCONDIDA -
PROYECTO ESCONDIDA ORE ACCESS (EOA)”**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

ELABORADO POR:

RAMIRO ISRAEL ZUÑIGA CHAMBI

**ASESORA
ING. CARMEN ROSALIA. MATOS AVALOS**

LIMA – PERU

2013

DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes me dieron la vida y
formaron la persona que soy

A mi amada esposa, quien me acompaña en cada nueva aventura

A Mariana, por su inocencia y virtud que me motivan a seguir creciendo

AGRADECIMIENTOS

A BHP Billiton, una organización de clase mundial, que me dio la oportunidad de crecer, conocer países y distintas culturas; y por sobre todo, en donde se aprende algo nuevo cada día.

A líderes inspiradores que han moldeado mi carrera profesional: Edgar Basto, Paul Benson, Melanie Egginton, Jim Spanier, Christian Costa, Lucas Dow, Carlos Avila, Chris George y Vanessa Torres.

Finalmente, a la Universidad Nacional de Ingeniería, mi alma mater, de donde aprendí las bases técnicas que el día de hoy me llevan a ver un futuro muy prometedor.

RESUMEN

El proyecto Escondida Ore Access (EOA) es parte de la actual operación en Escondida y busca mantener frentes de mineral operativos disponibles para proporcionar alimentación a las dos concentradoras existentes. Si este proyecto no se ejecutara, el costo de minado sería más alto y los minerales de menores leyes serían la única opción disponible, reduciendo así la producción de cobre y la vida de la mina.

El Proyecto de EOA permite acceder de forma anticipada a los minerales de más alta ley, cambiar la secuencia y estrategia de ley de corte que permita la explotación de minerales considerando los precios altos de cobre. Los elementos clave que soportan este caso de negocio son:

- Proporcionar alimentación con mejores leyes, una vez que la decisión de retirar los chancadores del rajo se haya tomado
- El proyecto genera un NPV positivo
- El proyecto mejora la flexibilidad operacional de Escondida
- Alineación con los objetivos estratégicos de la empresa

En este proyecto en particular, el beneficio logrado se debe a la estrategia de anticipar las leyes más altas y reducir los costos de *capital* en el tiempo; en este sentido, la opción de mover los chancadores fuera del rajo, es finalmente más robusta económicamente que movimientos sucesivos de los chancadores.

Durante el estudio de Selección, de las 11 alternativas iniciales, se redujeron a solamente 4 opciones: alternativas 3, 4, 10 y 11 que llegaron al análisis económico. Se desarrollaron planes de producción detallados para evaluar las alternativas desde el punto de vista técnico y económico.

El OWO, es un “*Do Nothing*” (“no hacer nada”) que continúa con la mina actual sin inversión de *capital* y que se evalúa contra las alternativas 3, 4, 10 y 11. Al comparar el NPV incremental entre las alternativas bajo estudio, la alternativa 11 presenta el NPV más alto, menor riesgo y mayor flexibilidad operativa. Por esta razón, fue seleccionada como la alternativa *Go-Forward* a ser optimizada en Definición y posteriormente ejecutada.

La ubicación *ExPit* de los chancados se encuentra fuera del límite de *pit* final definido por el LoA11. Sin embargo, las perforaciones profundas al Este de Escondida han revelado la presencia de recursos explotables a profundidad. Perforación de condensación se llevó a cabo en la zona y confirma que dichos recursos no serían explotados en por lo menos 30 años. Es válido pensar que la ubicación de la infraestructura en Escondida es temporal, debido a que los cambios en los precios, costos y el descubrimiento de nuevos recursos cambiaran los límites del *pit* final.

ABSTRACT

The EOA project is part of the ongoing continuous Escondida operation and is designed to maintain operational ore faces available to feed to the existing two concentrators. Should this project not proceed then mining more costly, lower grade ore would be the only option available, thus reducing copper production and the life of mine.

The EOA Project allows the earlier availability of high grade ores, changes the sequence and cut-off grade strategy that will permit ore exploitation at a high copper price. The key elements to support the business case are:

- To provide a feed with better grades in the early years, once the decision to remove the crushers from the *pit* it is made.
- The Project produces a positive NPV.
- The Project improves the operational flexibility of Escondida.
- Alignment with the strategic objectives of the company.

On this particular project, the benefit achieved is due to the strategy of anticipating higher grades and reducing *capital* costs in time. In this sense, the option of moving the crushers out of the *pit* is, finally, more economically attractive than sequential movements of the crushers.

During Selection Study the alternatives studied reduced for various reasons until alternatives 3, 4, 10 and 11 were left for final detailed economic analysis. Detailed mining plans were developed for each alternative to evaluate them financially and technically.

The optimized without alternative is a “Do Nothing” case, that implies to continue with the current mine without *capital* investment and it is valued against alternatives 3, 4, 10 and 11. Comparing the incremental NPV among the alternatives under assessment, alternative 11 exhibited the highest NPV, lower risk and greater operational flexibility. Based on that, it was chosen as the Go-Forward alternative to be optimized in Definition Phase Study and subsequently executed.

The *ExPit* location for crushers is out of the final *pit* limit defined by LoA11. Nevertheless, the deep drilling program at the East zone of Escondida *pit* has revealed the presence of exploitable resources at depth. Condemnation drilling was carried out in that area and confirms that those resources wouldn't be exploited in at least 30 years. It is valid to think that infrastructure location in Escondida is temporary due to changes on prices, costs and new resources discovery that might change the final *pit* limits.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	25
1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA	25
1.2. CONTEXTO GENERAL EN EL MERCADO DE COBRE	25
1.3. INFRAESTRUCTURA	28
1.4. DESCRIPCION DE LOS RECURSOS	31
1.5. CONSIDERACIONES CULTURALES Y MEDIOAMBIENTALES	32
1.6. CONSIDERACIONES DE MINA Y PROCESOS	33
1.7. ESCONDIDA EN GRANDES CIFRAS	37
CAPITULO II:MARCO TEÓRICO	38
2.1. GEOLOGIA	38
2.1.1. Depósito Geológico	38
2.1.2. Litología	41
2.1.3. Alteración	46
2.1.4. Descripción Mineralógica	50
2.1.5. Estimación de recursos	57
2.1.6. Caracterización Geometalúrgica para Concentradoras	58
2.1.7. Hidrogeología	61
2.1.8. Parámetros Geotécnicos	65
2.2. DISEÑO DE MINA	67
2.2.1. Diseño de Pit Final y Expansiones	67
2.2.2. Resultados del Diseño de Mina	76
2.2.3. Diseño de Botaderos	79
2.2.4. Chancado y Correas	80
2.2.5. Consideraciones Operacionales	80
2.2.6. Declaración de Reservas	82

2.3.	Definición de Metodología de Front-End-Loading (FEL)	83
2.3.1.	Fase de Identificación (IPS)	86
2.3.2.	Fase de Selección (SPS)	87
2.3.3.	Fase de Definición (DPS)	88
	CAPITULO III: ANALISIS DE ALTERNATIVA	91
3.1.	IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	91
3.2.	Alternativas analizadas al Inicio del Estudio de Selección	92
3.2.1.	Optimized Without Alternative (OWO)	92
3.2.2.	Alternativa 1: Escondida Norte	93
3.2.3.	Alternativa 2: Expansiones Pared Norte - Rajo Escondida	93
3.2.4.	Alternativa 3: Escondida E4/E5 seguido por EEC	94
3.2.5.	Alternativa 4: E4/E5, luego S3C y finalmente EEC	95
3.2.6.	Alternativa 5: Escondida – Rampa 15	95
3.2.7.	Alternativa 6: Escondida Túnel y Correas (ETC)	96
3.2.8.	Alternativa 7: Camiones en Escondida	96
3.2.9.	Alternativa 8: Reubicación Chancado Escondida	97
3.2.10.	Alternativa 9: Reubicación Chancado (nuevo)	97
3.2.11.	Alternativa 10: Chancado ExPit (nuevo)	98
3.2.12.	Alternativa 11: Escondida Chancado ExPit	98
3.3.	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA UNICA	99
3.4.	OPTIMIZACION PLAN DE PRODUCCION	103
	CAPITULO IV: EVALUACION DE RIESGOS Y ECONOMICA	118
4.1.	CRITERIOS DE EVALUACION DE RIESGOS	118
4.2.	DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES RIESGOS	119
4.2.1.	Riesgo 1: No cumplir con el calendario del proyecto	119
4.2.2.	Riesgo 2: No cumplir con el Capex del Proyecto	121
4.2.3.	Riesgo 3: Incidentes HSEC	122
4.3.	CRITERIOS DE EVALUACION ECONOMICA	122
4.4.	ANALISIS DETERMINISTICO Y PROBABILISTICO	124
4.4.1.	Evaluación Determinística	124
4.4.2.	Evaluación Probabilística	130
	CONCLUSIONES	132

RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFIA	135
GLOSARIO	137
ANEXO: SECUENCIA DE EXTRACCION MINA: OW V/S OWO	140

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1 PRODUCCIÓN DE COBRE Y LEY DE MINERAL LOA11	16
FIGURA 2 ANÁLISIS DE EXPANSIONES	18
FIGURA 3 VALORES DE LAS EXPANSIONES IN-SITU	19
FIGURA 4 EXPANSIONES E4/E5 Y S3.....	20
FIGURA 5 UBICACIÓN DE LA FAENA.....	26
FIGURA 6 ESQUEMA DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	29
FIGURA 7 VISTA PANORÁMICA DE LAS INSTALACIONES	30
FIGURA 8 DISTANCIAS DE TRANSPORTE PROMEDIO	34
FIGURA 9 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO	36
FIGURA 10 LITOLOGÍA DE ESCONDIDA	42
FIGURA 11 LITOLOGÍA DE ESCONDIDA NORTE	43
FIGURA 12 ALTERACION ESCONDIDA	47
FIGURA 13 ALTERACION ESCONDIDA NORTE	48
FIGURA 14. SECCION DEL MODELO <i>MINEZONE</i> DE ESCONDIDA	54
FIGURA 15 <i>MINZONE</i> ESCONDIDA.....	55
FIGURA 16 <i>MINZONE</i> ESCONDIDA NORTE	56
FIGURA 17 SECCIONES GEOLOGICAS - ESCONDIDA	69
FIGURA 18 SECCIONES GEOLOGICAS - ESCONDIDA NORTE	70
FIGURA 19 PRESA DE RELAVES DE HAMBURGO	73
FIGURA 20. ANGULOS INTERRAMPA Y GLOBAL – ESCONDIDA	76

FIGURA 21 PROCESO DE ESTIMACIÓN DE RESERVAS.....	78
FIGURA 22 VALIDACIÓN DE <i>PIT</i> FINAL.....	81
FIGURA 23 ANCHO MÍNIMO OPERACIONAL EN <i>TANDEM</i>	83
FIGURA 24 ANCHO MÍNIMO OPERACIONAL.....	84
FIGURA 25 CONFIGURACIÓN DE RAMPAS PRINCIPALES.....	85
FIGURA 26 DISEÑOS DE EXPANSIONES Y <i>PIT</i> FINAL.....	87
FIGURA 27 CONFIGURACIÓN DE CHANCADO Y CORREAS.....	88
FIGURA 28 EXPANSIONES PL Y LIMITE DE <i>PIT</i> FINAL.....	89
FIGURA 29 SISTEMA DE CHANCADO Y CORREAS.....	91
FIGURA 30. <i>FRONT-END-LOADING</i> Y GENERACIÓN DE VALOR.....	95
FIGURA 31 UBICACION EXISTENTE Y NUEVA- CHANCADO 2 & 3.....	114
FIGURA 32 IMPACTO OWO EN SECUENCIA DE EXPANSIONES.....	116
FIGURA 33 SECUENCIA OPTIMIZADA DE EXPANSIONES.....	117
FIGURA 34 INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO EOA.....	118
FIGURA 35 PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL PROYECTO EOA.....	119
FIGURA 36 SECUENCIA DE ENTREGA DE CORREAS.....	119
FIGURA 37 CIRCUITOS MINA FY14.....	121
FIGURA 38 MOVIMIENTO TOTAL MINA.....	124
FIGURA 39 MOVIMIENTO TOTAL <i>EXPIT</i>	124
FIGURA 40 ALIMENTACIÓN DE MINERAL A CONCENTRADORA.....	125
FIGURA 41 LEYES DE ALIMENTACIÓN A LA CONCENTRADORA.....	125
FIGURA 42 RECUPERACIÓN EN CONCENTRADORA.....	126
FIGURA 43 PRODUCCIÓN DE COBRE EN CONCENTRADORA.....	126
FIGURA 44 PRODUCCIÓN TOTAL DE CÁTODOS.....	127

FIGURA 45 PRODUCCIÓN TOTAL DE COBRE	127
FIGURA 46 SENSIBILIDAD DE NPV – ALTERNATIVA 11	138
FIGURA 47 FLUJOS DE CAJA SIN DESCONTAR – OWO	139
FIGURA 48 FLUJOS DE CAJA SIN DESCONTAR – OW	139
FIGURA 49 FLUJOS DE CAJA INCREMENTALES DESCONTADOS	140
FIGURA 50 ANALISIS INCREMENTAL – 100% ESCONDIDA	141
FIGURA 51 ANALISIS INCREMENTAL – BHP BILLITON	141

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1 ÁREAS CUBIERTAS POR LOS MODELOS DE BLOQUES	32
TABLA 2 RESUMEN DE PRINCIPALES INDICADORES.....	37
TABLA 3 INSUMOS ESTRATÉGICOS	37
TABLA 4 DESCRIPCIÓN DE MODELO MINERALÓGICO.....	40
TABLA 5 RESUMEN DE COSTOS.....	82
TABLA 6 PARAMETROS DE DISEÑO DE MINA.....	85
TABLA 7 RESUMEN DE FLOTA DE EQUIPOS MINA	86
TABLA 8 DISEÑO DE BOTADEROS	89
TABLA 9 REQUERIMIENTO DE CAMIONES DEL PROYECTO EOA	92
TABLA 10 FORMULACIÓN ESTRATEGICA DEL PROBLEMA	102
TABLA 11 RESUMEN DE ALTERNATIVAS ANALIZADAS.....	111
TABLA 12 SUPUESTOS DE PLANES MINEROS- PROYECTO EOA	115
TABLA 13 COMPARATIVO PLANES MINEROS – PROYECTO EOA	122
TABLA 14 EVALUACIÓN ECONÓMICA DETERMINÍSTICA.....	135
TABLA 15 INVERSIÓN PROYECTO EOA – ALTERNATIVA 11	136
TABLA 16 EVALUACIÓN ECONÓMICA ALTERNATIVA 11	136
TABLA 17 MATRIZ VALUACIÓN DETERMINÍSTICA ALTERNATIVA 11	137
TABLA 18 EVALUACIÓN PROBABILÍSTICA – ALTERNATIVA 11	140

INTRODUCCION

En la actualidad, la producción de Escondida de cobre fino en concentrado y cátodos supera el millón de toneladas al año, con una vida útil prevista de más de 40 años debido a la existencia de un gran volumen de recursos disponibles. Sin embargo, la disminución natural de las leyes del mineral afectará directamente la producción de cobre fino, como se muestra en la Figura 1.

Con la finalidad de mitigar el efecto de disminución de la producción, Escondida ha identificado una serie de oportunidades de crecimiento potenciales, con el objetivo de mantener o aumentar el nivel de producción al tiempo que maximiza el Valor Presente Neto (NPV) de la empresa. Al hacer un mejor uso de las reservas disponibles y la incorporación de nuevos recursos en su plan.

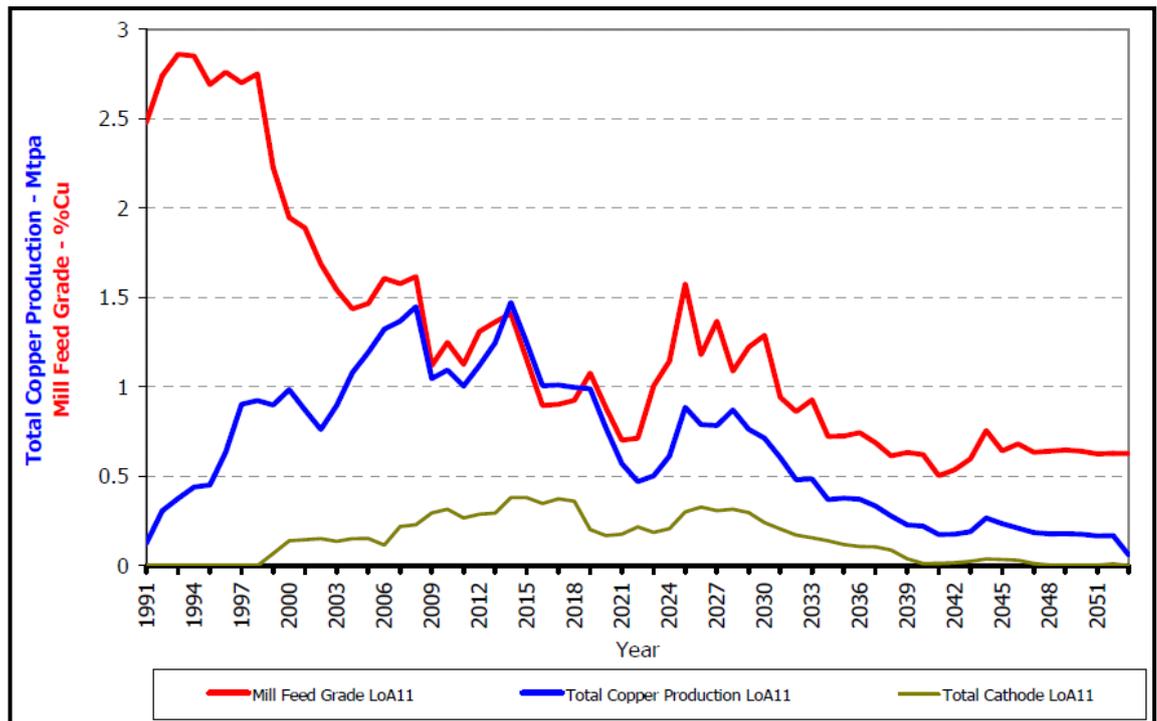


Figura 1 PRODUCCIÓN DE COBRE Y LEY DE MINERAL LOA11
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

En consecuencia, Escondida se encuentra en el proceso de desarrollo de dos grandes proyectos destinados a permitir el acceso a los minerales de mayor ley que actualmente se encuentran debajo de las instalaciones operacionales o infraestructura:

- El desmantelamiento de la planta concentradora de Los Colorados y su posterior sustitución por una nueva, tal como define el Proyecto *Organic Growth Project 1* (OGP1), obteniendo con ello el acceso a las expansiones PLs (PL1 a PL5).
- La reubicación de los chancadores y correas por medio del Proyecto de EOA, con el fin de obtener acceso a las expansiones Sur-Este de la mina (S3C, E4C y E5C).

Sobre la base de LoA11 y el Modelo de Recursos de Junio 2009, las expansiones en el rajo Escondida PL1, PL2 y S3C representan los escenarios más ventajosas debido a sus minerales de alta ley y su baja relación mineral/estéril comparada con la operación actual. Asimismo, y teniendo en cuenta su interrelación otras expansiones, E4C y E5C son igualmente importantes en el proceso de desarrollo de la mina, de acuerdo con la secuencia de minado que maximiza el valor del activo. Además, la expansión N17 representa significativo valor in-situ. Las figuras 2 y 3 muestran el detalle de las expansiones.

El análisis realizado durante la etapa de Selección del Proyecto demostró que el valor del activo se maximiza mediante el desarrollo de la expansión S3C en vez de la expansión N17. Esto, básicamente porque N17 requiere el desarrollo previo de las expansiones N14, N15 y N16 y la movilización de lastre, que retrasa su desarrollo en relación con S3C. Como se muestra en la Figura 4, las expansiones S3C y E4/E5 ya han tenido un movimiento importante de lastre.

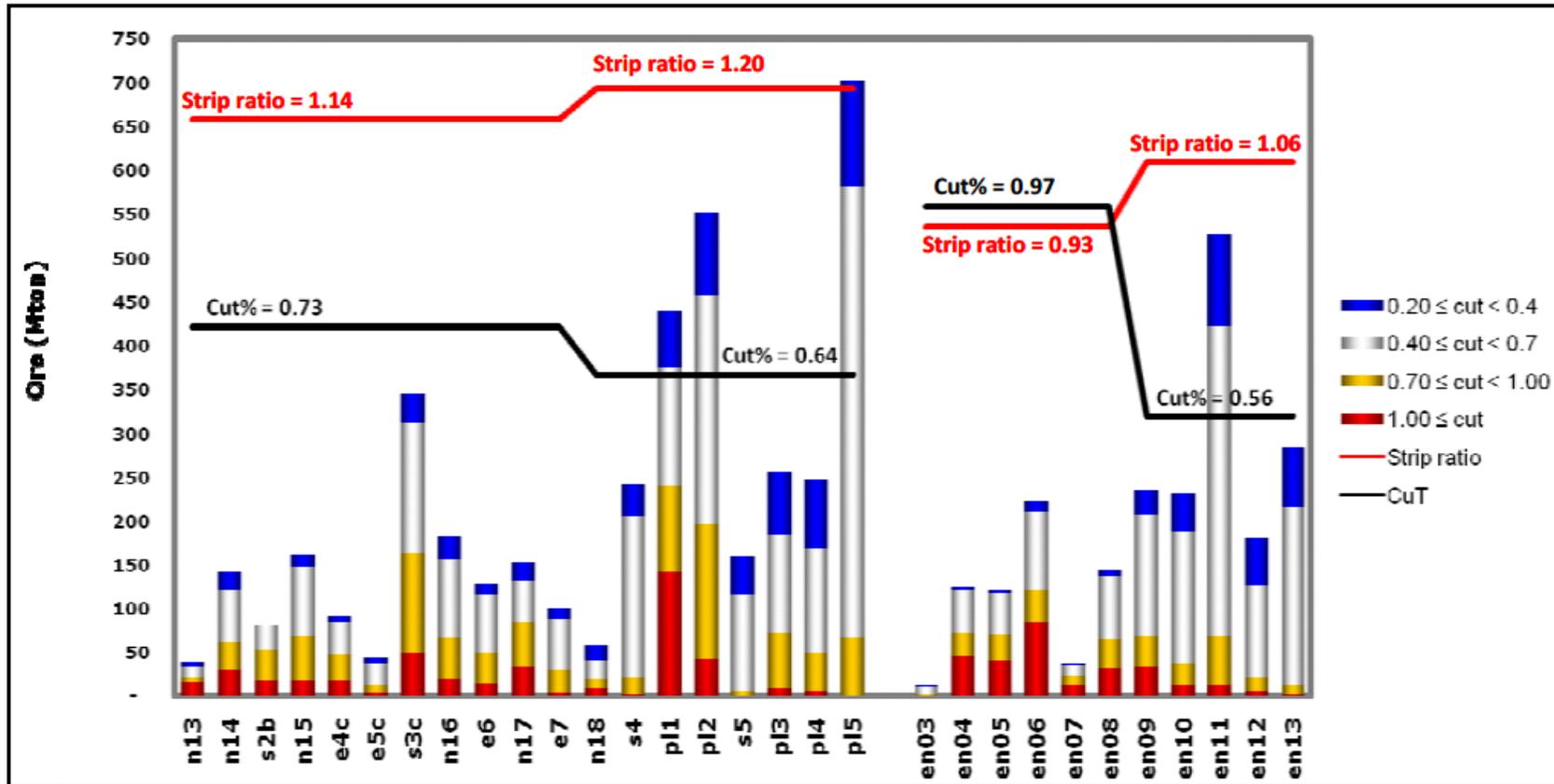


Figura 2 ANÁLISIS DE EXPANSIONES
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

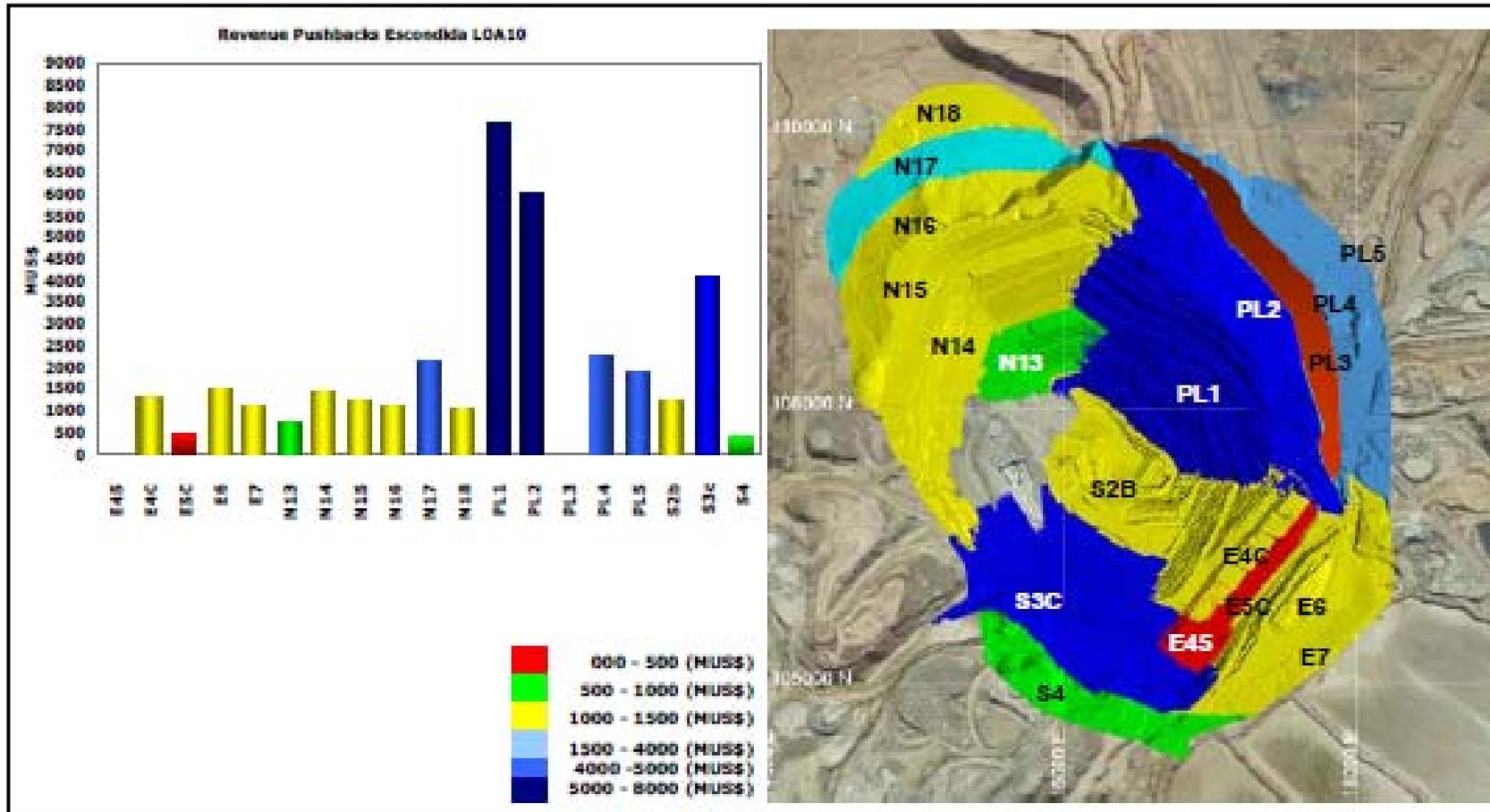


Figura 3 VALORES DE LAS EXPANSIONES IN-SITU

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

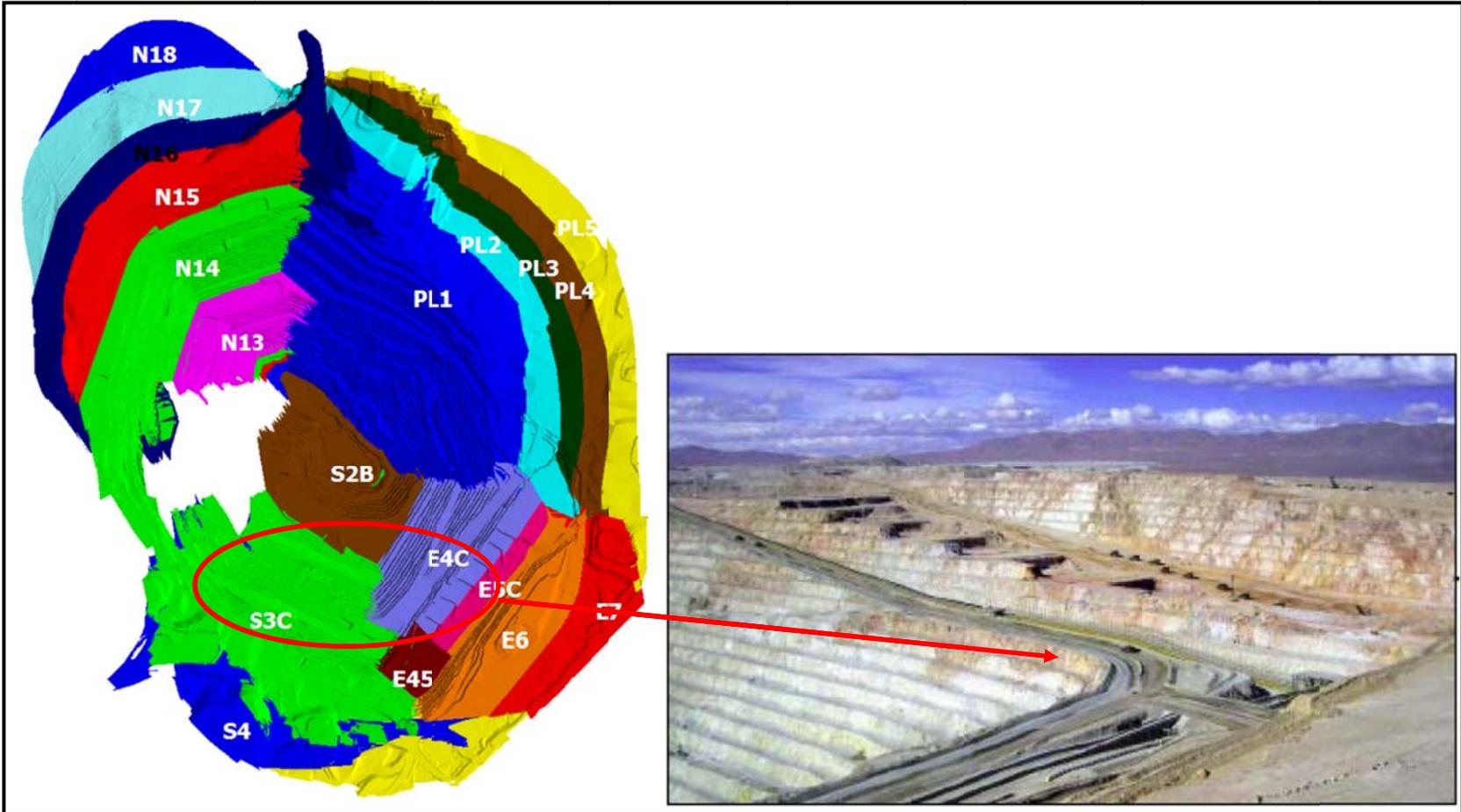


Figura 4 EXPANSIONES E4/E5 Y S3
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

En el rajo Escondida, las expansiones PL1 y PL2 son las de mayor contenido de mineral y valor, sin embargo, su explotación significa el desmantelamiento de la planta concentradora de Los Colorados. Las desventajas son el tiempo de acceder al mineral de alta ley y la inversión asociada al retiro de la planta concentradora. De acuerdo al LoA10, se estimó el retiro de la planta concentradora para el año fiscal (FY) 2021.

La expansión S3C, la tercera de mayor valor económico, requiere la remoción del sistema de chancado y correas, asociado a los chancados 2 y 3, ubicado dentro del rajo e impidiendo el desarrollo de la mina en ese sector.

La expansión N17 es la siguiente en términos de valor y esta distante en el tiempo, dado que debe ser antecedida por la extracción de las expansiones N14, N15 y N16. Aunque N17 contiene altas leyes, el volumen no es significativo.

En el rajo Escondida Norte, como alternativa secundaria, para incrementar los volúmenes de mineral de Escondida Norte con mejores leyes de mineral, se requiere una inversión en sistema de correas y un nuevo chancador, debido a que en el actual plan el sistema de chancado de Escondida Norte está a su máxima capacidad. Una posible alimentación de minerales de Escondida Norte, no evita el futuro movimiento de los chancadores y el sistema de correas de rajo Escondida.

El enfoque del estudio está centrado en identificar la mejor alternativa que maximiza el valor de Minera Escondida, a través del uso de la

Metodología de *Front End Loading* (FEL). La selección de una alternativa sub-optima condicionaría el desarrollo de la mina para el futuro y podría, inclusive, convertirse en un inhibidor del crecimiento.

El estudio fue desarrollado con un enfoque técnico económico, donde:

- La metodología de análisis primaria es el *Front End Loading* (FEL)
- Las disciplinas de Optimización Minera de Largo Plazo y Evaluación Económica complementan el análisis para llegar a una determinación de valor incremental.

El presente estudio considera:

- Optimización de Planes Mineros de largo plazo:
 - Horizonte de planificación mayor a 10 años (*Life of Asset*)
 - Software de optimización minera de BHP Billiton
 - Consideraciones operacionales (por ejemplo: tráfico interior mina)
 - Ubicación de la infraestructura de largo plazo
 - Interacción con otros Proyectos y con la actual operación
 - Restricciones geotécnicas
- Alternativas de proyecto excluyentes:
 - Fecha de entrega

- Diferentes ubicaciones del chancado (por ejemplo, *InPit* v/s *ExPit*)
- Consideraciones económicas y valor incremental del proyecto

El presente estudio no considera:

- Aspectos legales y aprobaciones gubernamentales
- Geología
- Metalurgia
- Cambios en la capacidad de los procesos de tratamiento (Concentradora, Cátodos)
- Balance de agua
- Requerimientos de *Capital*, diseño e ingeniería

Este proyecto es un caso real que fue analizado desde sus primeros orígenes en Escondida y que luego sirvió de modelo de análisis de proyectos en BHP Billiton, en vista que incorpora criterios desafiantes para el negocio minero, tales como:

- **Desafío de la Alternativa Preseleccionada:** debido a que este proyecto es considerado como continuidad de las operaciones (*Sustaining Capital*), que asume que hay que hacerlo de todos modos. Sin embargo, EOA desafía ese concepto al optimizar la posible solución. Por eso también que este proyecto es pionero en llevar un nombre genérico y no como la solución per-sé.

- **Amplio Rango de Posibles Alternativas de Análisis:** en base a lo anterior, se estudió de manera exhaustiva múltiples opciones que permitan dar solución al problema a ser resuelto.
- **Definición del *Optimized Without Alternative (OWO)*:** por primera vez se define que el OWO puede ser una alternativa extremadamente conservadora, como el dejar la operación en la actual condición sin invertir ninguna cantidad de dinero para mitigar las posibles pérdidas. Esta visión es particularmente válida en un escenario de reducción de costos.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. UBICACION GEOGRAFICA

Minera Escondida Limitada (MEL) está ubicada en la II Región de Chile, en el desierto de Atacama, a 170 km al S-E de la ciudad de Antofagasta. Está ubicada a una altitud de 3,100 m.s.n.m., a una latitud Sur de 24°15'30" y 69°4'15' longitud Oeste. Ver figura 5.

1.2. CONTEXTO GLOBAL EN EL MERCADO DEL COBRE

Minera Escondida Limitada es una Sociedad de Responsabilidad Limitada, constituida por escritura pública de fecha 14 de agosto de 1985 que opera únicamente en Chile y tiene su sede en la ciudad de Antofagasta (Avenida de la Minería N° 501).

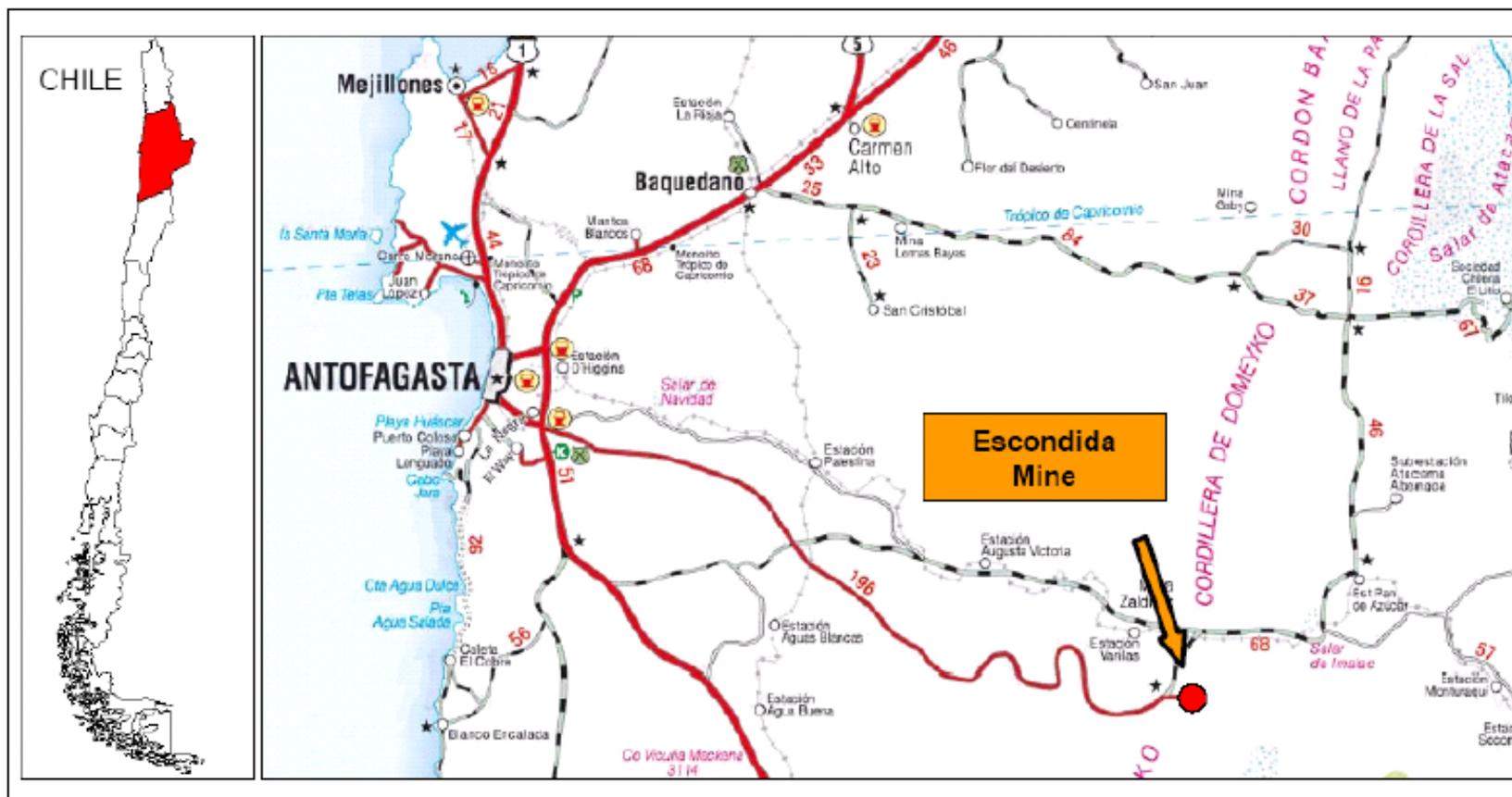


Figura 5 UBICACIÓN DE LA FAENA
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Asimismo, Escondida es un *Joint Venture*, compuesto por 4 socios:

- BHP Billiton 57.5%
- Rio Tinto 30.0%
- JECO (Japan Escondida Corporation) 10.0%
- JECO 2 LTD 2.5%

BHP Billiton es la compañía de recursos naturales más grande del mundo, de origen anglo australiano y cuya casa matriz está en Australia. Está organizada en nueve divisiones: aluminio, metales base, diamantes y productos especiales, carbón energético, carbón metalúrgico, mineral de hierro, manganeso, petróleo y materiales de acero inoxidable, las que incluyen alrededor de cien operaciones, además de oficinas corporativas en cada continente. Una de estas divisiones, Metales Base, tiene su asiento en Chile. BHP Billiton es el socio mayoritario y operador de Escondida desde antes del inicio de sus operaciones.

www.bhpbilliton.com.

Rio Tinto es una compañía de origen británico, también una de las mayores empresas de recursos naturales del mundo. Está conformada por ocho divisiones: mineral de fierro, energía, minerales industriales, aluminio, cobre, diamantes, tecnología y exploraciones. Rio Tinto participa en alrededor de sesenta operaciones en diferentes países.

www.riotinto.com.

JECO Corporation es un consorcio japonés compuesto por Mitsubishi Corporation (70%), JX Nippon Mining & Metals Corporation (20%) y Mitsubishi Materials (10%). www.mitsubishi.com.

JECO 2 LTDA, es un consorcio japonés integrado por los mismos dueños de JECO Corporation, pero con distintas participaciones: Mitsubishi Corporation (50%), JX Nippon Mining & Metals Corporation (40%) y Mitsubishi Materials (10%).

El Comité de Propietarios de Minera Escondida está compuesto por siete miembros, tres designados por BHP Billiton, dos por Rio Tinto Inc, uno por JECO Corporation y otro por JECO 2 LTD.

Minera Escondida es la mina de cobre de mayor producción en el mundo. Durante el año 2008, tuvo una participación de 8.11% en la producción mundial de cobre y un 23.56% en la producción de Chile, de acuerdo a informe de Bloomsbury Minerals Economics emitido en enero de 2009.

1.3. INFRAESTRUCTURA

La infraestructura de MEL comprende:

- 02 minas (rajos) a cielo abierto: Escondida y Escondida Norte
- 05 sistemas de chancado y transporte de mineral
- 02 plantas concentradoras: Los Colorados y Laguna Seca
- 01 planta de lixiviación de ácido y 01 planta de lixiviación de bacteriana para la producción de cátodos (SxEw).

- 02 tuberías gemelas de 7" – 9" Ø, que transportan el concentrado desde la mina hacia el Puerto de Coloso
- 01 planta de filtrado e infraestructura para cargar los concentrados en barcos o distribuirlos vía camiones en el Puerto Coloso.
- 01 planta desalinizadora de agua de mar

Un esquema de los procesos y la infraestructura principal se detalla en la figura 6.



Figura 6 ESQUEMA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Toda la tierra donde se ubican las operaciones, incluidas las minas, plantas de procesamiento e infraestructura, es actualmente de propiedad de o controlada por MEL. Ver figura 7.

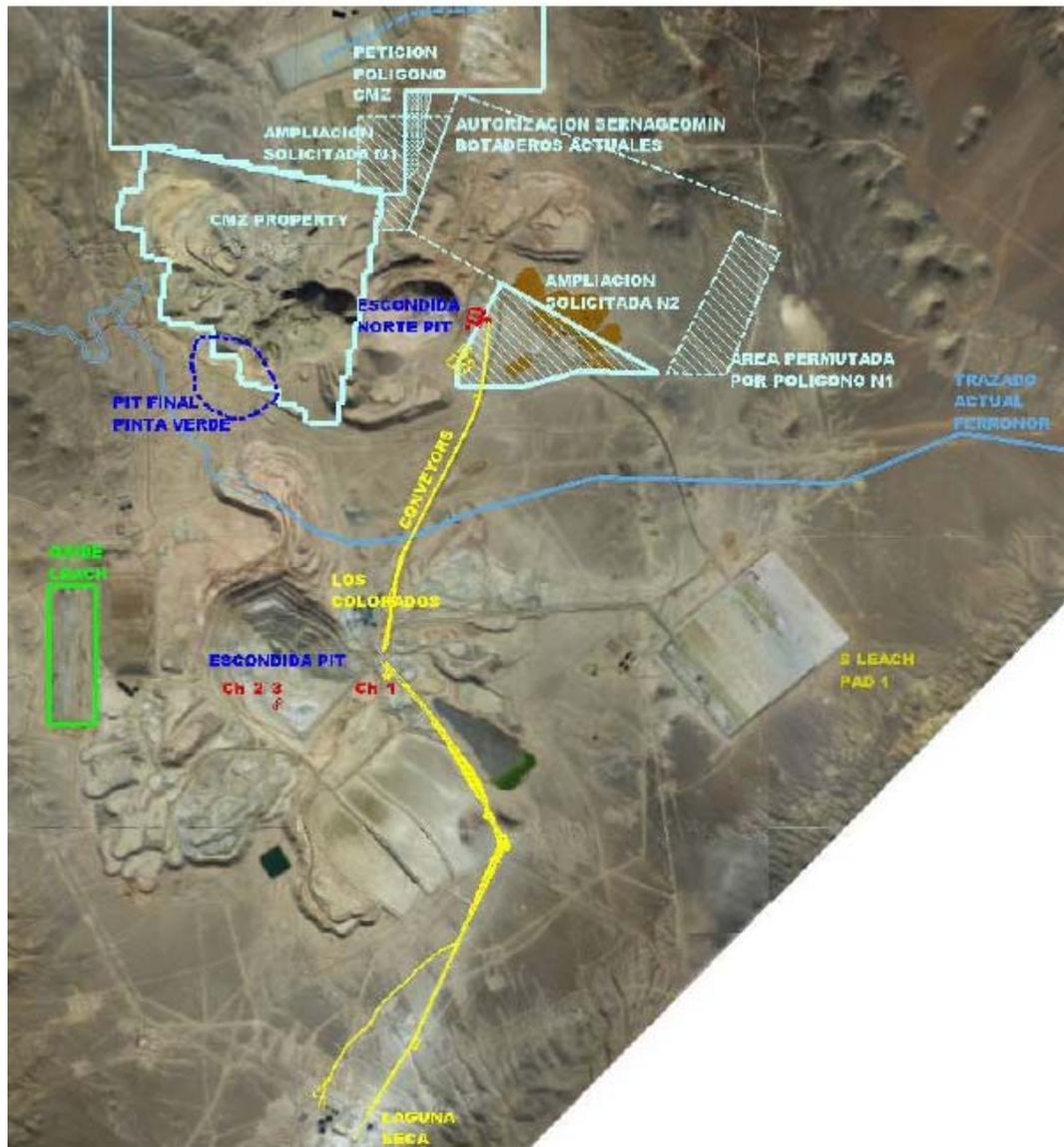


Figura 7 VISTA PANORÁMICA DE LAS INSTALACIONES
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

El área de Escondida recibe anualmente un promedio de 5mm de lluvia. La tasa de evaporación en el área es alta, debido a los fuertes vientos, radiación solar y una humedad relativa muy baja.

A lo largo del años, hay grandes variaciones en la temperatura ambiente (hasta 30°C), con corrientes de viento moderadas en las mañanas y fuertes en las tardes. El promedio histórico anual de temperatura es de

8°C en los meses de invierno y 11°C en los meses de verano, con máximos de 32°C y mínimos de -20°C.

Información histórica del viento indica una velocidad promedio anual de 14 km/h (3.8 m/s), con una velocidad máxima registrada de 90 km/h (25 m/s). Reciente información obtenida de Escondida y Escondida Norte indica velocidad promedio anual de 17 km/h (4.7 m/s), con una velocidad máxima de 70 km/h (19.4 m/s).

La operación está ubicada principalmente en un área amplia rodeada de montañas y cerros con valles. Los cerros son parte del rango de Montañas de Domeyko. Debido a las condiciones desérticas, la flora y fauna del área es generalmente escasa y ubicada en zonas muy específicas.

Las principales alternativas estudiadas consideran la reubicación de los actuales chancadores 2 y 3 fuera del rajo Escondida, en diferentes secuencias de tiempo y de desarrollo de expansiones, los cuales permanecen sujeto al movimiento de las correas actualmente en las expansiones E4/E5 y S2.

1.4. DESCRIPCION DE LOS RECURSOS

Se usaron los modelos de Recursos de Escondida y Escondida Norte en este estudio. Ambos modelos fueron desarrollados por el personal de Escondida usando VULCAN®. Las áreas cubiertas por los modelos se describen en la tabla 1.

Tabla 1 ÁREAS CUBIERTAS POR LOS MODELOS DE BLOQUES

	Escondida		Escondida Norte	
Este	13.012,37 a 19.012,37	240 bloques de 25m	16.812,50 a 20.787,50	159 bloques de 25m
Norte	104.564,20 a 111.064,20	260 bloques de 25m	112.212,50 a 115.487,50	131 bloques de 25m
Elevación	1.900,00 a 3.460,00	104 bancos de 15m	2.450,00 a 3.605,00	77 bancos de 15m

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Los modelos de bloques están en coordenadas locales (mina), las cuales pueden transformadas a coordenadas UTM. El modelo de bloques utilizado para el análisis del proyecto EOA esta soportado por 2,061 muestras recuperadas del rajo Escondida y 1,257 muestras tomadas de Escondida Norte. En términos de dureza, el modelo tiene 2,652 registros de Escondida y 1,457 de Escondida Norte.

1.5. CONSIDERACIONES CULTURALES Y MEDIO AMBIENTALES

MEL ha sido operada desde 1990, alcanzando una buena reputación en la comunidad donde opera. Su política HSEC es una referencia para la autoridad local y para las otras compañías mineras que operan en la región. El Head de HSEC es el responsable de tener bajo control todos los aspectos medio ambientales.

La emisión de polvo de los chancadores 2 y 3 será monitoreada cuando sean reubicados a su posición *ExPit*, para controlar que su generación de polvo no se dirija a otra dirección.

Relaciones con las comunidades y culturales son administradas a través de la Fundación Minera Escondida (FME) y la Gerencia de Asuntos

Externos (EEAA). FMC es una fundación orientada a contribuir con el desarrollo social de la comunidad, principalmente a través de la educación. EEAA asegura la mejor relación con las autoridades y asociaciones privadas con propósitos sociales. El enfoque social está en las comunidades, tales como poblados ubicados en la orilla del Salar de Atacama y los grupos sociales más desprotegidos en Antofagasta.

1.6. CONSIDERACIONES DE MINA Y PROCESOS

El proyecto EOA no genera un cambio en los procesos de minado, desde que la reubicación de los chancadores fuera del rajo solamente involucra una mayor distancia de acarreo desde los frentes de minado.

El transporte de los minerales de las expansiones Norte del rajo Escondida tiene un beneficio con la reubicación, porque representa una distancia equivalente más corta a la nueva posición. Debido al tamaño del recurso y los múltiples procesos de extracción, las distancias de transporte son largas. Ver figura 8.

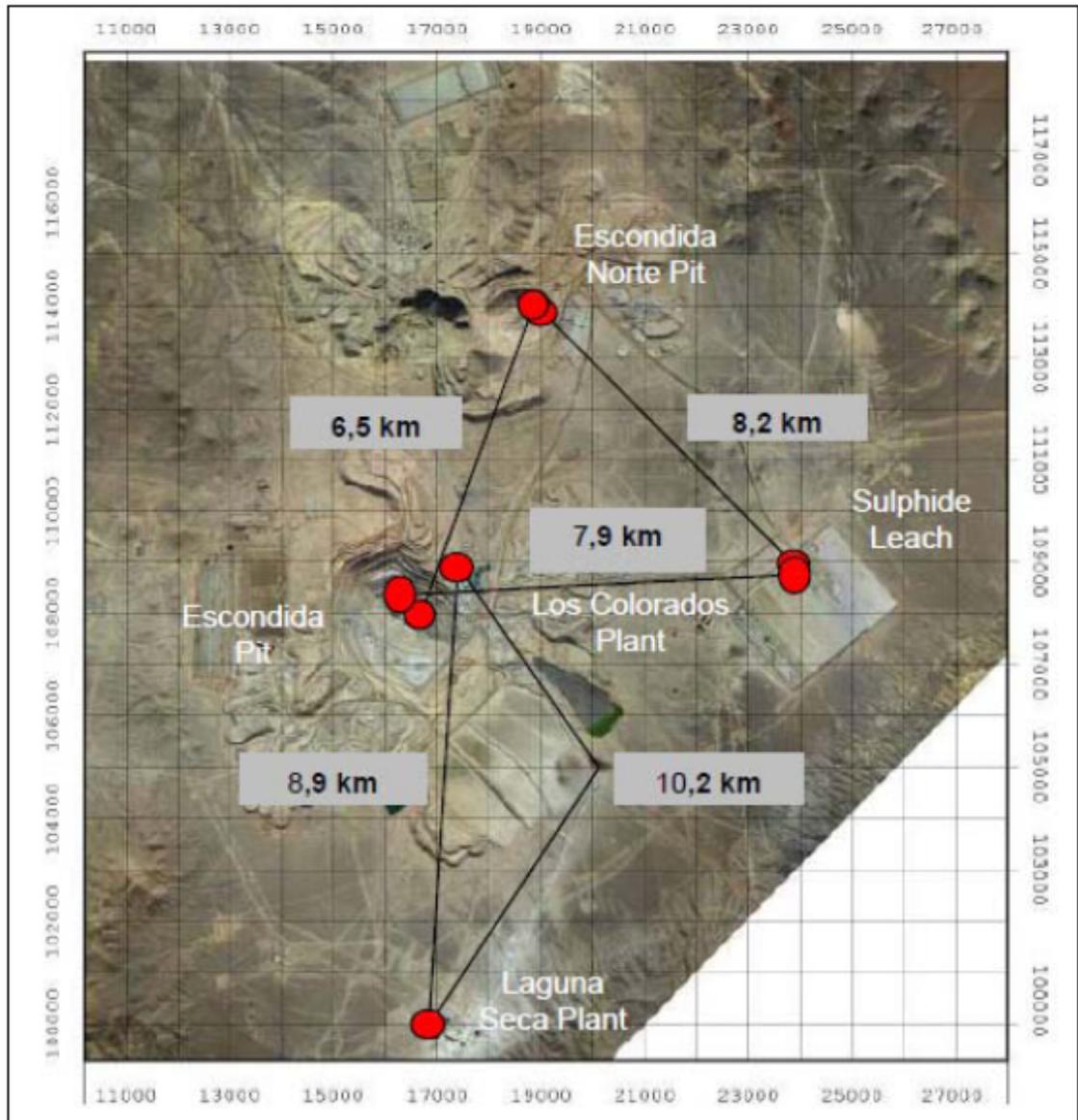


Figura 8 DISTANCIAS DE TRANSPORTE PROMEDIO

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

El requerimiento principal de equipo minero en el futuro está en los planes de largo plazo debido a la necesidad de incremento de flota de acarreo para compensar las distancias más largas de transporte generadas por el crecimiento de la mina. El equipo adicional del Proyecto EOA no representa un importante impacto en la actual o futura flota, esto como

resultado de la simulación de transporte hecha para evaluar el efecto de la reubicación de los chancadores.

El proceso de chancado no tiene un impacto negativo debido a que el flujo de material es el mismo. La eliminación de importantes segmentos de correas producirá un efecto positivo en reducción de costos de mantención y materiales.

Este proyecto no produce un efecto negativo en la flotación o lixiviación, desde que el flujo de minerales no cambia (ver figura 9). Esto solamente producirá una mejora en las leyes de alimentación.

No hay cambios en los niveles de tratamiento por alguna de las alternativas evaluadas. El tratamiento depende directamente de la capacidad de la mina de entregar mineral y también de la disponibilidad del sistema de chancado y correas. Este último tiene suficiente capacidad para administrar los volúmenes requeridos.

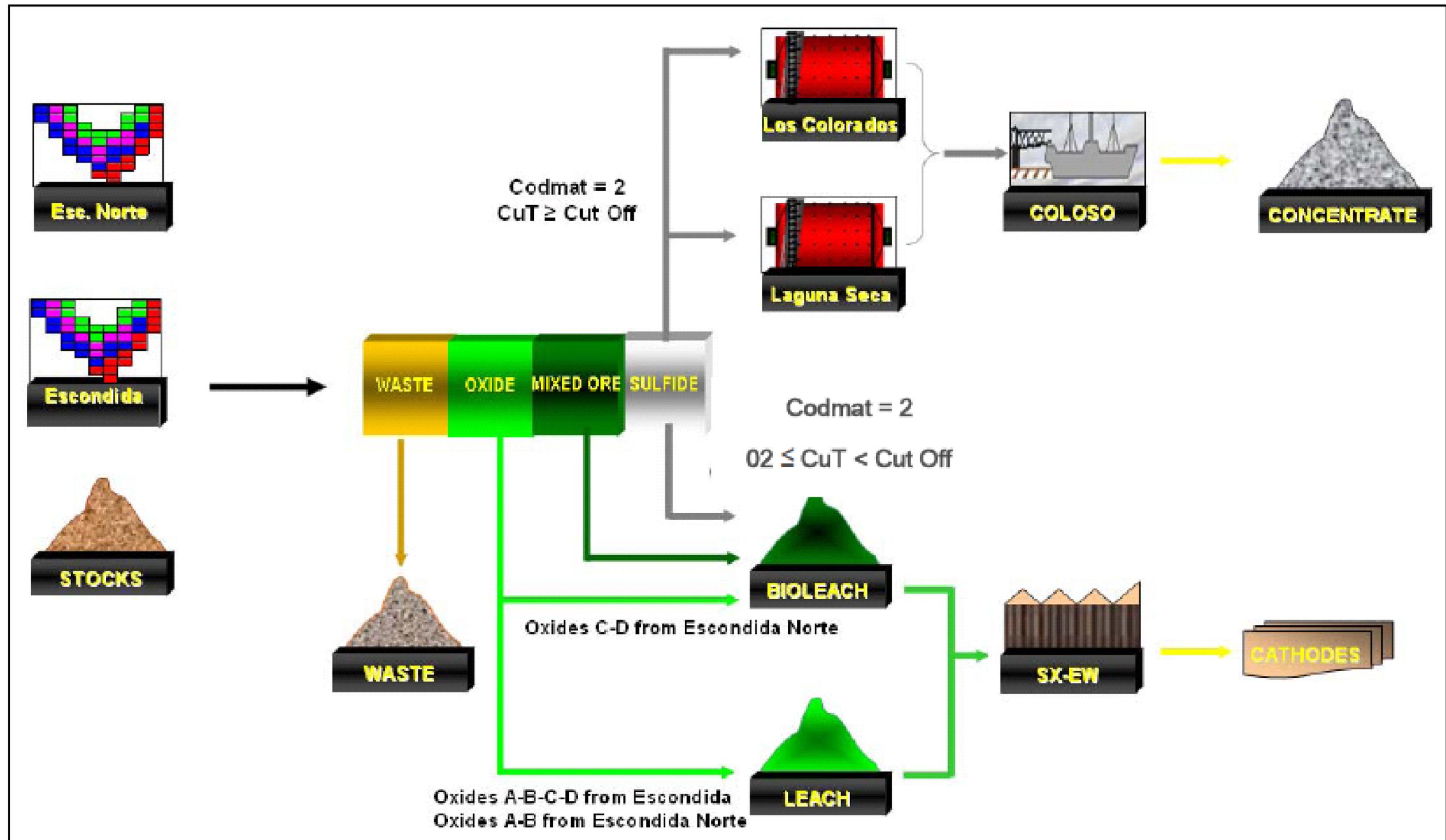


Figura 9 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

1.7. ESCONDIDA EN GRANDES CIFRAS

Escondida es una operación de gran magnitud. En las tablas 2 y 3, se lista un resumen de sus principales indicadores.

Tabla 2 RESUMEN DE PRINCIPALES INDICADORES

	Unidades	2008	2009	2010	2011
Producción					
Material Movido <i>ExPit</i>	M t	405,7	404,2	414,3	332,0
Lastre (inc. Óxidos y Sulfuros de Baja Ley)	M t	318,4	321,9	336,6	303,1
Cobre Fino Cátodo	'000 t	257,5	327,2	300,1	283,5
Cobre Fino Concentrado	'000 t	997,5	775,7	786,6	535,8
Total Cobre Fino Producido	'000 t	1.255,0	1,103,0	1,086,7	819,3
Datos Financieros					
Ventas	US\$ M	8.320	7.071	9.211	7.422
Inversión Total Acumulada	US\$ M	6.602	7.110	7.648	8.802
Toneladas Cobre Fino Vendidas	'000 t	1.242,0	1.108,7	1.089,7	820,1
Colaboradores					
Dotación Propia	Personas	3.427	3.348	3.568	3.772
Graduados	Personas	77	84	72	97
Dotación Total	Personas	3.504	3.432	3.640	3.869
Contratistas	FTE	5.260	5.010	5.704	10.318

Fuente: Reporte de Sustentabilidad 2011 – Minera Escondida
 Al 31 de Diciembre 2011
 FTE = *Full Time Employees*
 Dotación total: dotación propia más graduados

Tabla 3 INSUMOS ESTRATÉGICOS

	Unidades	2009	2010	2011
Diesel	m ³	244.393	241.410	243.114
Aceites y Lubricantes	m ³	5.336	6.697	5.340
Explosivos	t	104.989	111.761	106.235
Neumáticos	Unidades	1.338	1.632	1.583
Bolas de Molienda	t	57.173	37.380	53.974
Carcasas de chancadores	Unidades	23.145	21.636	18.605
Cal	t	147.563	145.566	130.636
Ácido Sulfúrico	t	609.721	570.657	640.487
Extractantes	t	1.212	765	488
Baterías	Unidades	894	1.000	1.075
Ánodos	Unidades	8.980	13.281	15.360

Fuente: Reporte de Sustentabilidad 2011 – Minera Escondida

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. GEOLOGIA

2.1.1. Depósito Geológico

Escondida y Escondida Norte están definidos como depósitos de cobre porfirítico de enriquecimiento supérgeno, en el cual, la mineralización está alojada, en su mayoría, en un rango de litologías volcánicas intrusivas. La mineralización intrusiva porfirítica está alojada por complejos riolíticos intrusivos/extrusivos del Paleozoico y por rocas volcánicas/volcánicas – clásticas de la edad Cretácea.

Los intrusivos porfiríticos son de la edad Oligoceno y están compuestos por cuerpos de cuarzo-feldespatos asociados con depósitos porfiríticos de cobre. Esto corresponde a composición monzonita–granodiorita y más tarde cuarzo riolítico porfirítico. La principal mineralización intrusiva de la composición monzonita–granodiorita son localmente conocidas como

Escondida o Porfirítico Feldespato y aquellos de composición riolítica son llamados Porfiríticos Riolíticos.

La mineralización en Escondida y Escondida Norte está genéticamente relacionada a la intrusión del complejo porfirítico de la edad Oligoceno. Estas rocas intrusivas monzonita–granodiorita transportaron la mineralización primaria de cobre. Sobre este mineral primario se dio lugar una lixiviación supérgena secundaria y proceso de enriquecimiento. Este proceso ha generado un típico perfil de enriquecimiento supérgeno de cobre porfirítico en el cual una serie de zonas de mineralización sub-horizontales continuas lateralmente (*Minzones*) son desarrolladas a lo largo del depósito.

Estas zonas de sulfuros tienen un límite superior que es llamado el Techo de los Sulfuros Dominantes (TDS, por sus siglas en Ingles “*Top of Dominant Sulphides*”), el cual es la base de la oxidación del hipógeno pre-existente y de los sulfuros secundarios.

Sobre el TDS, en el área de óxidos, los sulfuros de cobre originales han sido casi completamente lixiviados, resultando en mineralización de óxidos de hierro de muy baja ley (capa lixiviada, LX).

Localmente, la presencia de óxidos de cobre y sulfuros de cobre-hierro marcan zonas de lixiviación incompleta, debido a varias combinaciones de condiciones de sulfuros y ganga mineralógica o hidrogeológicas. Dependiendo de las cantidades relativas de minerales de cobre, estos son

designados como zonas de: Óxidos (OX), Lixiviación Parcial (PL) o Mixtos (MX).

Un resumen del modelo mineralógico de Escondida, es mostrado en la tabla 4.

Tabla 4 DESCRIPCIÓN DE MODELO MINERALÓGICO

Cu-Fe Mineralogical Zone	Oxide and Sulphide Cu-Fe Mineralogy	Upper Boundary	Lower Boundary
leached capping	limonites	present surface	top of sulphides
green oxide zone	brochantite-antlerite, chrysocolla, limonites	top of oxides	bottom of oxides or top of sulphides
cuprite zone	cuprite, limonites	top of cuprite	bottom of cuprite
green oxide + cuprite zone	brochantite-antlerite, chrysocolla, cuprite, limonites	top of green oxides + cuprite	bottom of green oxides + cuprite
mixed zone	mixed copper sulphides and oxides with limonites	top of mixed zone	bottom of oxides
partial leached zone	mixed copper sulphides and limonites without copper oxides	top of sulphides	top of dominant sulphides
high enrichment zone	chalcocite, pyrite	top of dominant sulphides	top of chalcopyrite
low enrichment zone	chalcocite, covellite, chalcopyrite, bornite, pyrite	top of chalcopyrite	bottom of enrichment
primary zone	chalcopyrite, bornite, pyrite	bottom of enrichment	not reached

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Diferentes tipos de brechas también existen en Escondida, sin embargo, son discriminadas en función a su génesis según el logeo principal. Para propósitos de modelamiento, han sido históricamente integrados en una simple unidad. Buenos ejemplos de brechas hidrotermales y brechas ígneas pueden ser encontrados a través del depósito, con diferentes grados de mineralización.

2.1.2. Litología

A. Andesitas

Correlacionadas con la Formación Cretácea Augusta Victoria, estas rocas volcánicas alojan a la mineralización intrusiva porfirítica (ver figuras 10 y 11). Son predominantemente andesitas verdes oscuras. Ambas variedades son conocidas: afanítica y porfirítica, también tipos de brechas de flujo, pero no han sido reconocidas secuencias estratigráficas internas en la vecindad del depósito.

Estas rocas caja fueron extensivamente mineralizadas e hidrotermalmente alteradas durante el emplazamiento porfirítico; y una porción significativa de los recursos ocurre en las andesitas.

La continuidad de las alteraciones hidrotermales a lo largo del contacto pórfido-andesitas hace difícil la discriminación de la andesita de los pórfidos en varios lugares, especialmente en aquellos donde las rocas son fuertemente alteradas con la completa destrucción de estructuras pre-alteradas. Esto es aparente en los testigos de perforación y exposiciones en el rajo donde el contacto con las unidades de pórfido intrusivo es complejo en detalle.

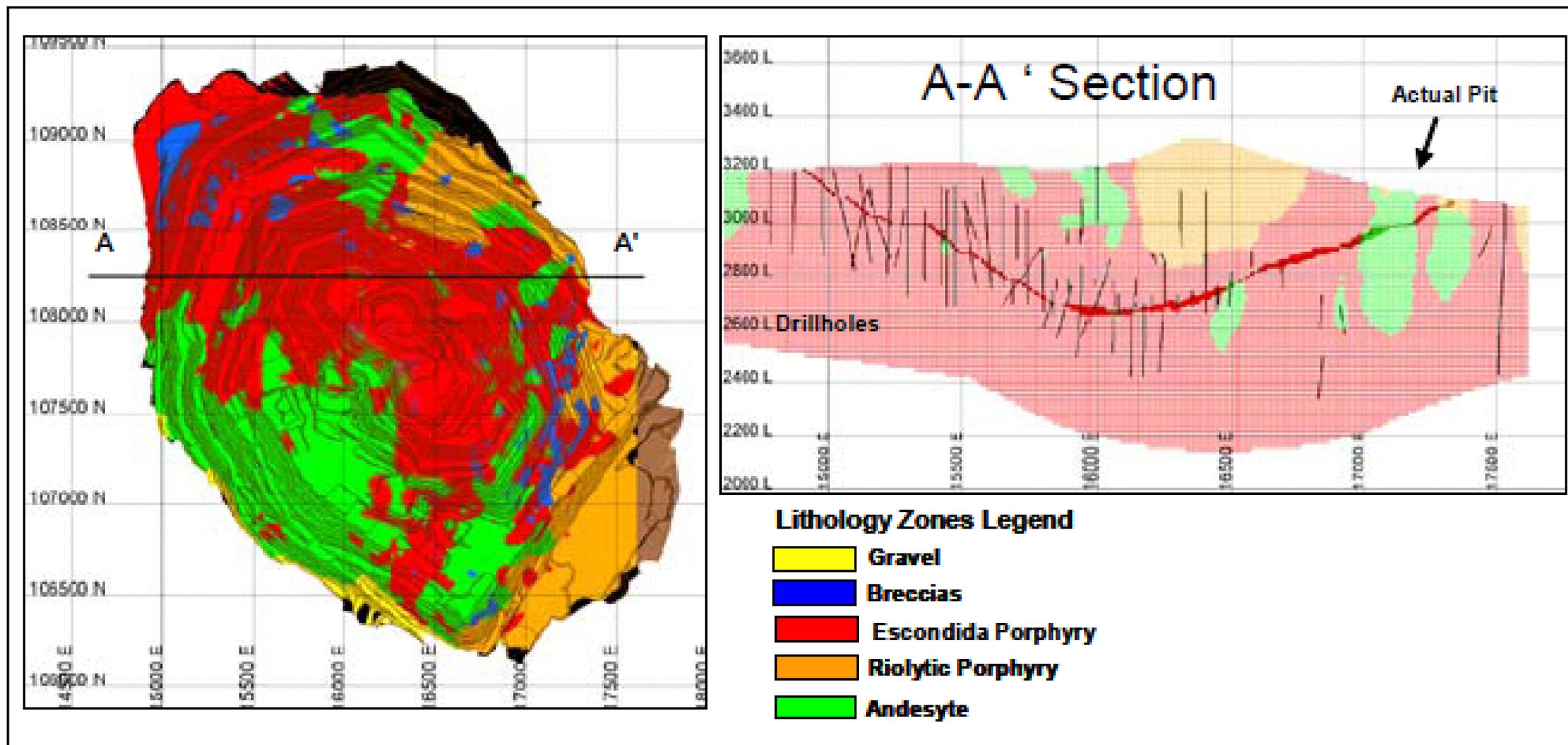


Figura 10 LITOLÓGÍA DE ESCONDIDA
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

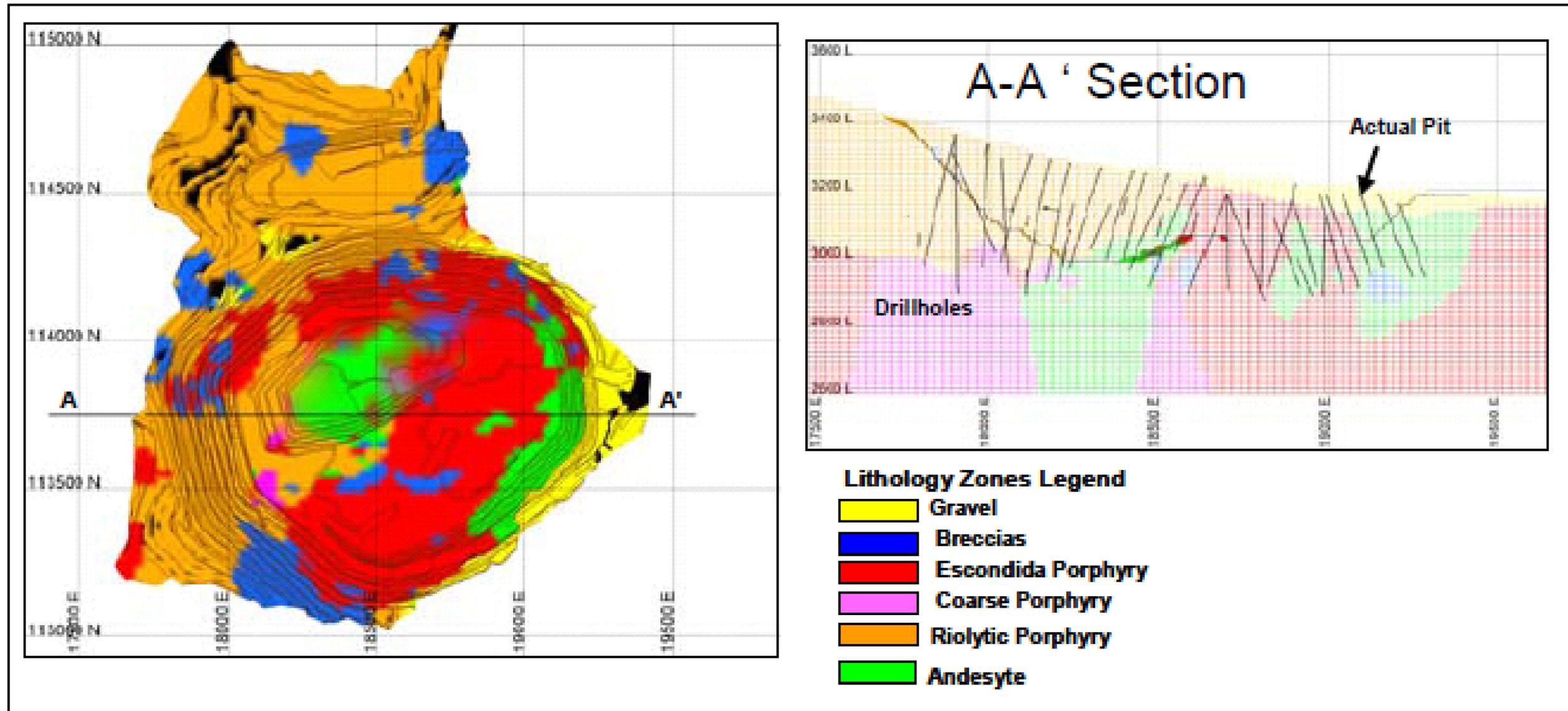


Figura 11 LITOLÓGÍA DE ESCONDIDA NORTE

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

En la vecindad del contacto, los pórfidos contienen xenolitas de andesitas en varias etapas de maduración, en otros lugares, resultando en rocas de compuestos híbridos. Es también evidente que diferentes tamaños de vetas de pórfido invaden las paredes de a lo largo del contacto del complejo intrusivo. Estas características observadas complican el modelamiento detallado del contacto pórfido-andesitas en ausencia de una malla de perforación muy cerrada.

B. Pórfido Intrusivo

Los pórfidos-intrusivos son de la Era del Oligoceno y son, típicamente, cuerpos de cuarzo-feldespatos asociados a los depósitos de cobre porfirítico. La principal intrusión mineralizada de composición monzonítica-granodiorítica es conocida como Pórfido Escondida; y aquellos de composición riolítica son llamados Pórfidos Riolíticos.

Existe una considerable variación de texturas y mineralógica sobre una escala métrica dentro de estas rocas intrusivas, aun cuando la modificación no ha borrado totalmente la textura pre-alteración. Esto se ve confirmado por la observación detallada de los testigos de perforación y las exposiciones en el rajo. Esto hace que el reconocimiento de cuerpos discretos porfiríticos dentro del complejo intrusivo sea difícil de demostrar. En ausencia de claras diferencias en la composición y demostrables contactos intrusivos de un cuerpo contra otro pórfido, la tendencia ha sido la simplificación de las unidades en los dos actualmente en uso, mencionadas anteriormente.

C. Brechas

A pesar de algunos intentos de separar los cuerpos individuales y reconocer los procesos genéticos discretos en su formación, los cuerpos de brechas han sido (para propósitos de modelamiento) históricamente agrupados en Escondida. Se incluyen rocas con componentes hidrotermales y brechas de contacto de la familia de la brecha ígnea. En algunos casos, la sobreimpresión hidrotermal en rocas de brecha ígnea parece haber ocurrido. El reconocimiento de este origen híbrido de las brechas ha sido un argumento de apoyo para su concentración en una unidad geológica única. Los diques de *pebble* ocurren como cuerpos delgados, y ninguno de tamaño significativo para los propósitos de modelamiento ha sido encontrado. Esas brechas llamadas "hidrotermal" suelen tener clastos monolitológicos apoyados en una matriz de sílice-arcilla.

D. Diques

Los diques tardíos transversales en el Pórfido Escondida son reconocidos en una escala métrica en el rajo. No son volumétricamente importantes en el depósito, pero, en los contactos con los pórfidos son intrusivos y generalmente de grano más fino, su reconocimiento es relativamente sencillo.

2.2.3. Alteración

A. Alteración Hidrotermal

Tipos de alteración hidrotermal reconocidos: potásico, cuarzo-sericita-pirita y argílica (Figuras 12 y 13). También hay un ensamblaje argílico intermedio de sericita-arcilla clorhídrica, zonas de silicificación y biotización de una avanzada alteración argílica leve. La alteración supérgeno puede ser reconocida por caolinización de los ensamblajes hipógenos, los cuales tenían sericita.

B. Alteración Potásica

La alteración potásica o potasio sílice es reconocida por la presencia de biotitas secundarias y/o potasio-feldespatos. Esta es preservada en los niveles más profundos del sistema donde alteraciones fílicas tardías no las han destruido. Biotitas y K-Feldespatos pueden ocurrir juntos o separadas. K-Feldespatos típicamente ocurren en vetas a escalas de milímetros o centímetros asociadas con cuarzo y minerales de sulfuros hipógenos.

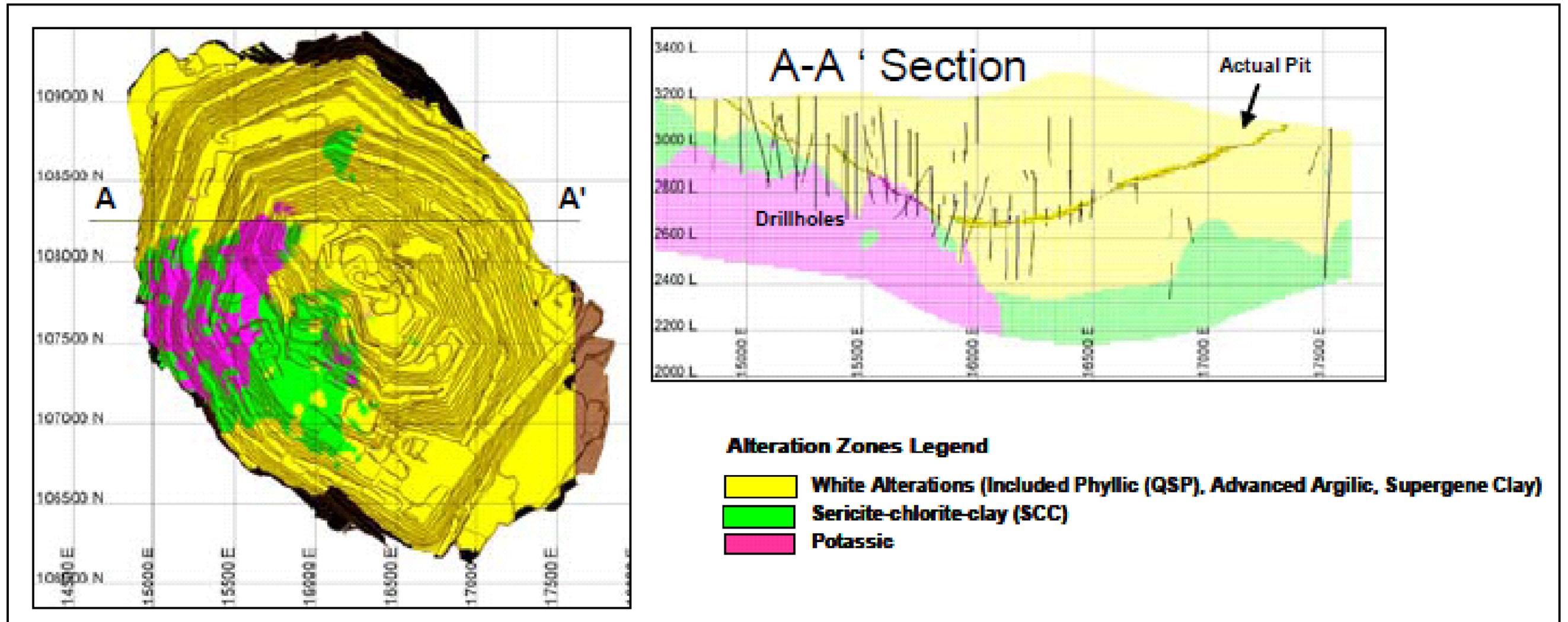


Figura 12 ALTERACION ESCONDIDA
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

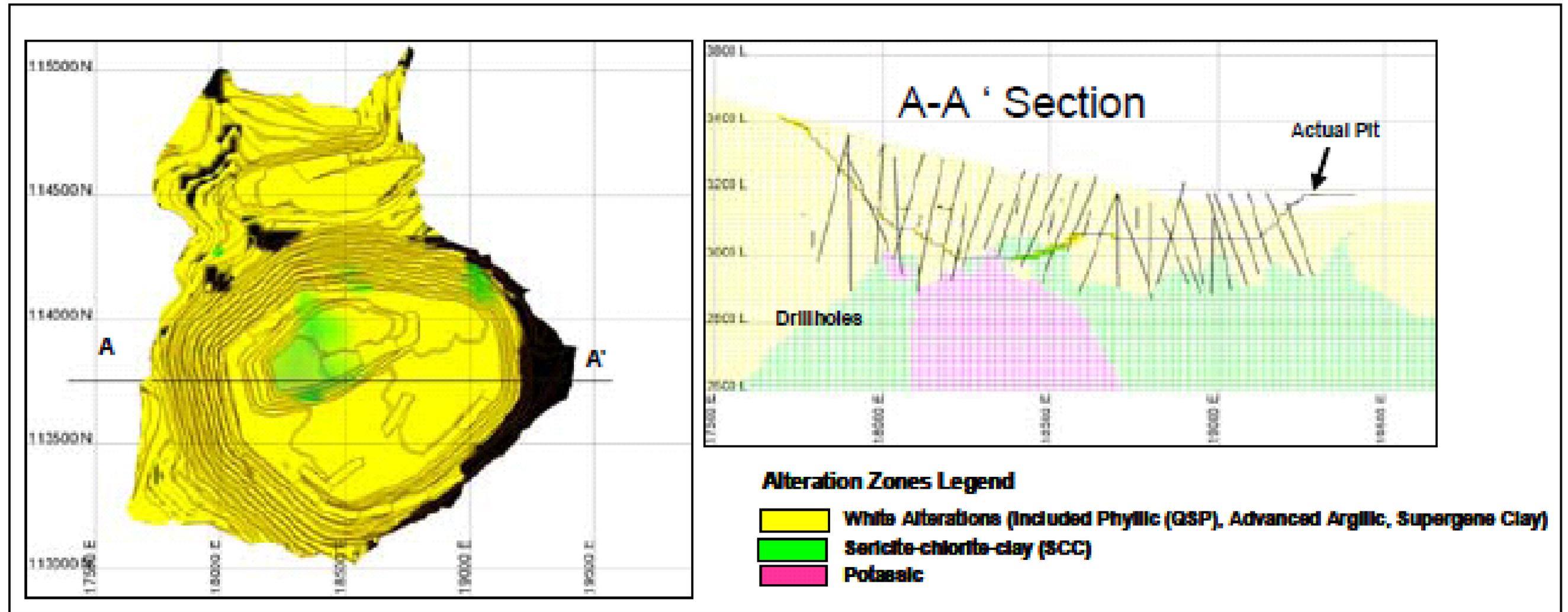


Figura 13 ALTERACION ESCONDIDA NORTE

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

C. Alteración Fílica (QSP)

La alteración fílica está caracterizada por cuarzo-sericita-pirita (QSP). Está muy extendida en Escondida y espacialmente asociado con el complejo pórfido intrusivo y los mejores leyes enriquecidos de cobre. La intensidad de la alteración fílica está reconocida por el grado de preservación los fenocristales de feldespato.

D. Alteración Sericita-Clorita-Arcilla (SCC)

La alteración SCC puede ser pensada como una transición entre la fílica, portadora de ensambles de sericita y la alteración propilítica en el sentido de que contiene minerales característicos de ambos, y se produce normalmente geográficamente entre ambos.

E. Alteración Argílica Avanzada

La alteración argílica avanzada ha sido reconocida en previos estudios involucrando trabajo mineralógico XRD. La presencia de minerales de pirofilita y dickita son diagnósticos. La alunita es también característica de alteración argílica avanzada y ha sido reconocida macroscópicamente. Ambas formas de alunita, supérgena e hipógena son conocidos. En general, se acepta que alunita criptocristalina rellena las vetas que son de origen supérgeno, mientras que la alunita cristalina es hipógena.

2.1.4. Descripción Mineralógica

La mineralización de cobre es principalmente Calcosina (Cu_2S), Calcopirita (CuFeS_2), Covelita (CuS) and Brocantita / Antlerita ($\text{Cu}_3\text{-4SO}_4[\text{OH}]_{6-4}$). La distribución espacial de la mineralización está fuertemente controlada por intrusivos de ciclos posteriores de lixiviación y la movilización del sulfuro de cobre primario para generar la concentración de sulfuros de cobre (enriquecimiento supérgeno). En Escondida y Escondida Norte este proceso ha generado un perfil típico de enriquecimiento porfirítico, donde, a lo largo del depósito, una serie de áreas sub-horizontales de mineralización continua y sulfuro de cobre (*Minzones*) han sido desarrollados.

A nivel local, esta mineralización de sulfuro se ha oxidado y se retira, o se oxida y son preservados en forma de óxidos de cobre.

La mineralización de cobre en Escondida y Escondida Norte está genéticamente relacionada con la intrusión del complejo porfirítico de la edad Oligoceno. Estas rocas intrusivas monzonítico-granodioríticas transportaron la mineralización de cobre primario. Durante este mineral primario tuvo lugar una lixiviación supérgena secundaria y el proceso de enriquecimiento. La movilización supérgena del cobre genera una serie de cuerpos sub-horizontales mineralizados.

A. Mineralización Primaria Hipógena

Los minerales característicos de la mineralización hipógena son Calcopirita y Bornita. Ambos están presentes en Escondida y Escondida Norte y suelen coexistir con Covelita y Pirita. La Calcopirita tiene una ocurrencia diseminada y/o en vetas. La Bornita también está presente en niveles más profundos de ambos lugares y aparece principalmente como granos liberadas e inclusiones en calcopirita, a veces asociadas a las vetas de milímetros hasta centímetros que contienen K-feldespatos.

La ley de cobre de la mineralización primaria oscila entre 0.2% a 0.9%, promediando 0.4% y está dominada por la Calcopirita.

B. Zona de Alto Enriquecimiento

El alto enriquecimiento es la principal fuente de mineralización de cobre en ambas ubicaciones. La lixiviación de cobre de las rocas expuestas a la atmósfera y el producto de la acción de la intemperie y posterior depósito bajo el nivel del agua subterránea en forma de covelina o calcocita, generó una extensa zona en la que se aumentó la ley de cobre en hasta 5 veces en comparación con su ley en la mineralización primaria. Esta zona cuenta con varios cientos de metros de espesor en Escondida. En términos del depósito global, tiene una forma sub-horizontal, pero localmente muestra variabilidad topográfica producto de los diferentes grados de lixiviación y enriquecimiento, y los

movimientos de las fallas post-enriquecimiento. Esta variabilidad vertical es más notoria en Escondida Norte, donde hubo desplazamiento vertical producto del movimiento de las fallas.

La mineralización ocurre en forma de vetas y diseminada, y en ambos depósitos se observan estructuras bien desarrolladas de mineralización en vetas. Los sulfuros aparecen fundamentalmente en forma de pirita y calcopirita, covelina en menor grado en las vetas de cuarzo con halos superpuestos de sustitución fílica. Calcosina representa entre el 30% y el 80% de los minerales de cobre en la zona de alto enriquecimiento. La ley total de cobre está en el intervalo de 0.2% hasta 5.0% CuT, con un promedio de 1.7% CuT.

C. Zona de Bajo Enriquecimiento

Inmediatamente debajo de la zona de alto enriquecimiento, y tan pronto como la calcopirita comienza a aparecer en forma continua junto con los sulfuros de enriquecimiento secundario, se define la superficie bajo enriquecimiento (TDCpy). Por lo general, está asociada a un cambio importante en la ley de cobre, coincidiendo con la parte superior de la zona de calcopirita. Esta ruptura marca la reducción significativa de la ley de corte de enriquecimiento secundaria, expresada como una presencia relativamente menor de calcocita en la roca. Esta es la razón por la que un buen control de esta superficie es fundamental. En Escondida Norte el espesor de las zonas de

enriquecimiento bajos alcanza hasta 200 m, con un espesor medio de 50 m en todo el depósito. La ley de cobre en el interior de esta zona tiene un promedio de 0.7% CuT, oscilando entre el 0.2% y el 2.0% CuT.

D. Zonas de Óxidos Verdes

La mineralización de cobre oxidado en Escondida y Escondida Norte se refiere a una cantidad significativa de recursos minerales situados por encima de la superficie de sulfuros y formada fundamentalmente por mineral sulfatado en forma de brocantita-antlerita, con menor ocurrencia de atacamita, crisocola, turquesa, taco de cobre y cuprita y tenorita. Esta predominancia de sulfatos de cobre es un buen indicador de la oxidación in situ de los sulfuros expuestos al nivel del agua subterránea. Al parecer, el movimiento lateral de las soluciones ricas en cobre no fue significativo.

E. Mineralización Parcialmente Lixiviada

La presencia de minerales de sulfuro junto con óxidos de hierro define el área de mineralización parcialmente lixiviado. La mayor parte de este mineral parcialmente lixiviado se desarrolló por encima de TDS y tiende a contener hematita y goetita con menores niveles de jarosita y sulfuros, dominado fundamentalmente por pirita.

F. Mineralización Mixta

Un sistema continuo existe entre la mineralización de óxido y parcialmente lixiviado. La zona en la que los óxidos de cobre son un componente importante, y la razón de cobre soluble al cobre total (CuS/CuT) oscila entre 0.2 y 0.5 se denomina mixta. Los óxidos en el área mixta suelen ser brocantita-antlerita, acompañado por la gama completa de mineralización de sulfuros de cobre y pirita. Ver figura 14, 15 y 16.

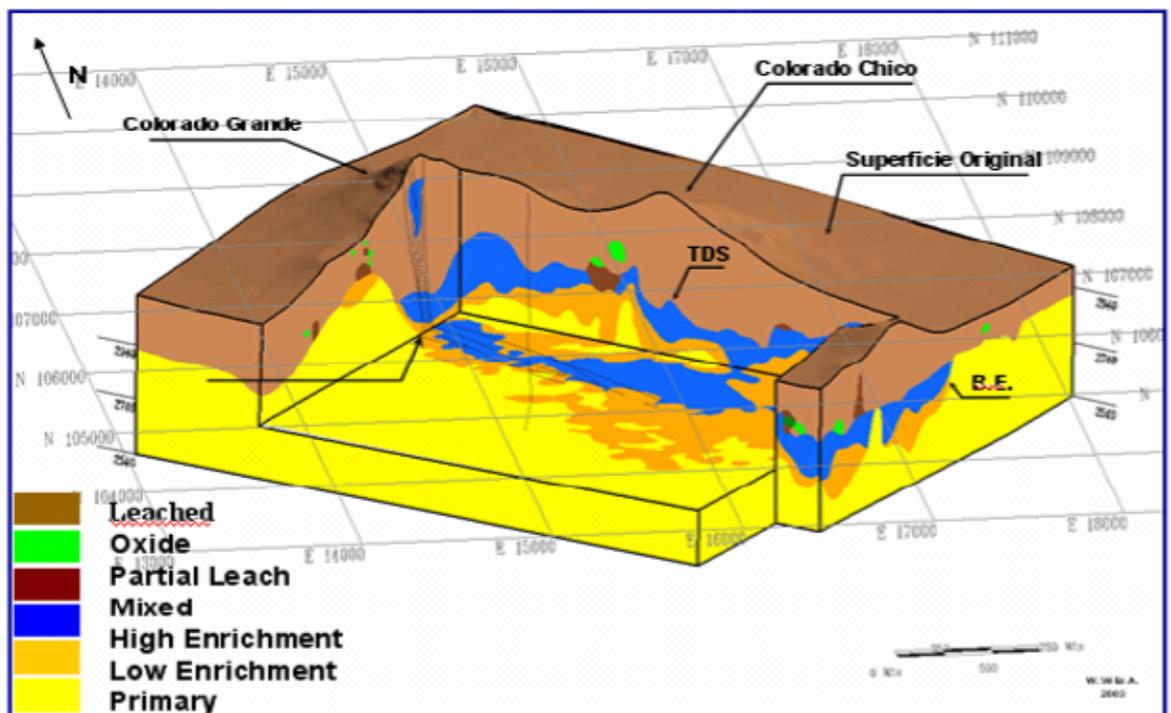


Figura 14. SECCION DEL MODELO MINEZONE DE ESCONDIDA
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

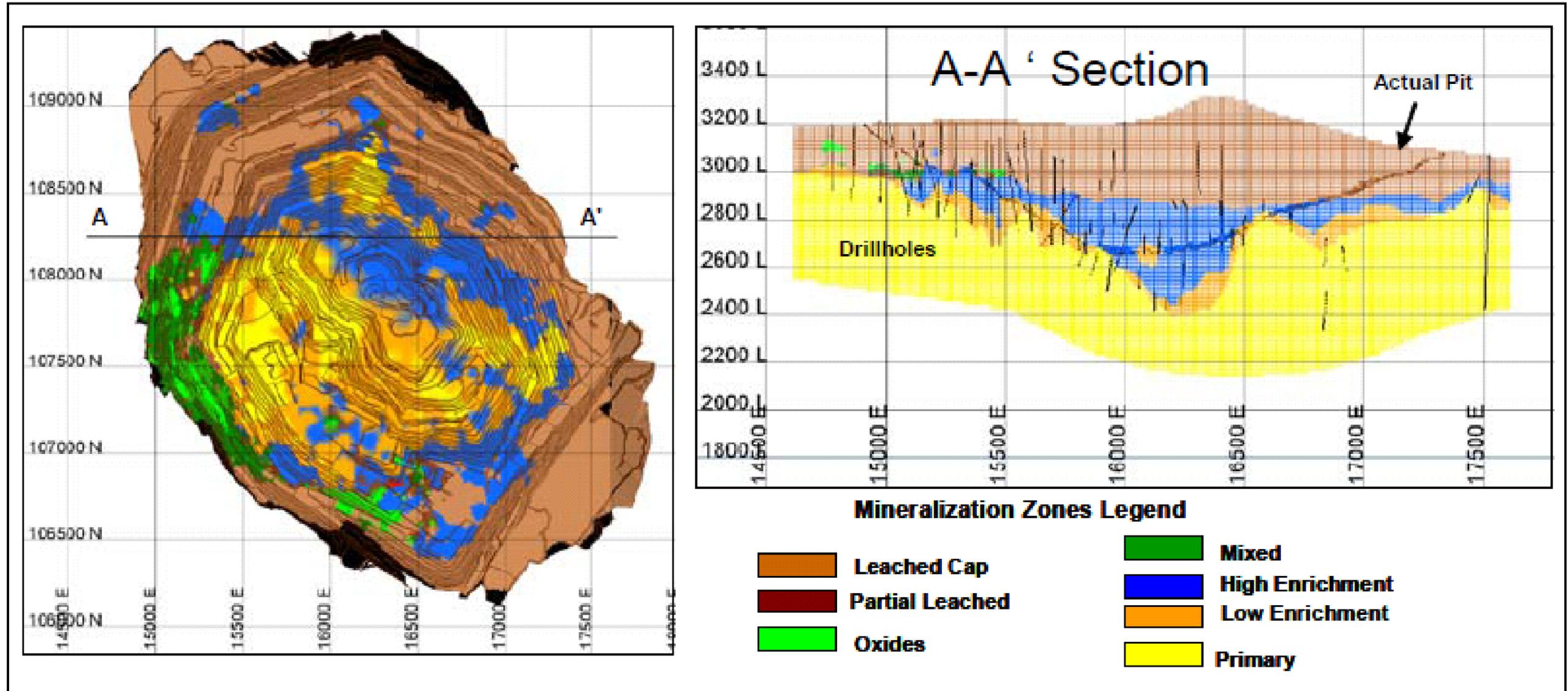


Figura 15 MINZONE ESCONDIDA
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

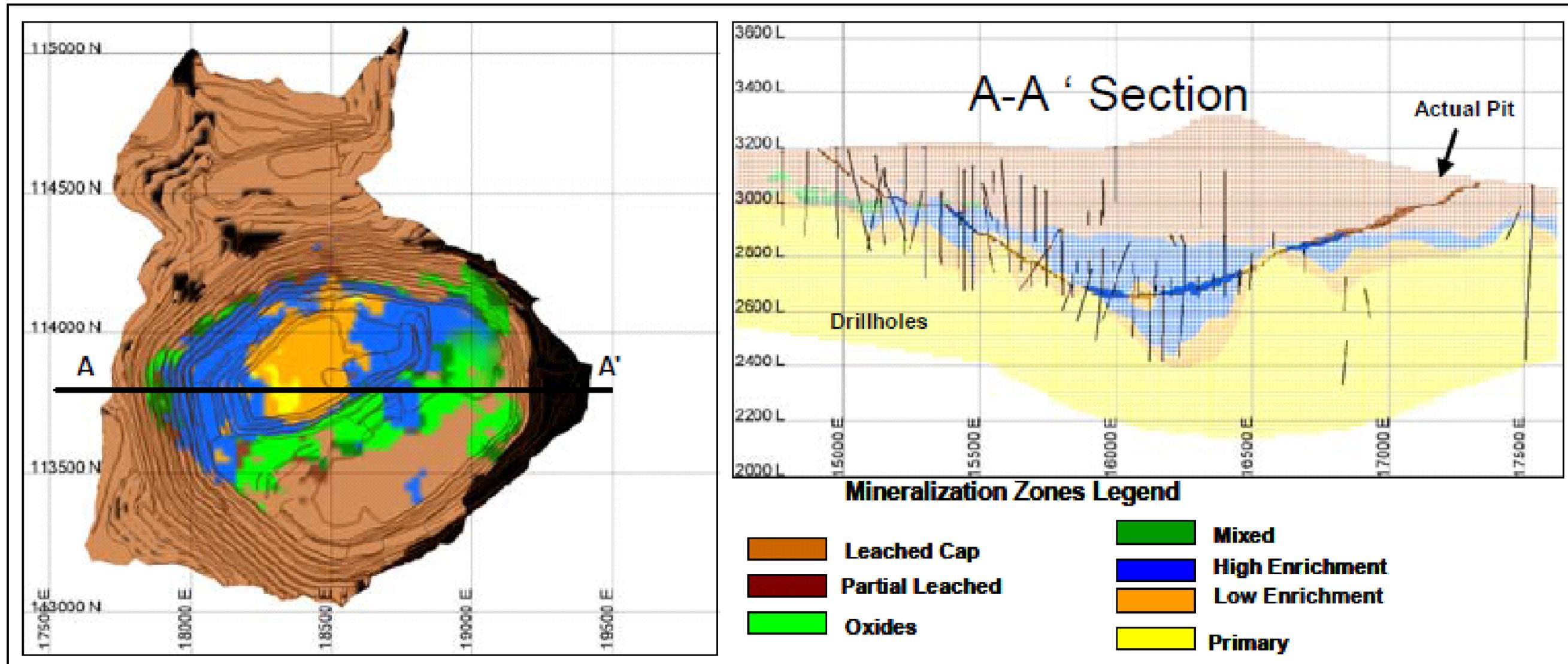


Figura 16 MINZONE ESCONDIDA NORTE

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

2.1.5. Estimación de Recursos

El estudio del Proyecto EOA está referido al Modelo de Recursos de Junio 2009. El proceso de conversión de los datos descritos capturados a partir de registros de logeo a intervalos geológicos (codificación geológica) fue comprobado cuidadosamente antes y durante el proceso de interpretación para garantizar la coherencia del conjunto de datos. Los ajustes a los sistemas de codificación para dar cuenta de los cambios en la descripción geológica se han revisado y ajustado en la base de datos según corresponda.

La metodología de modelamiento geológico emplea interpretación en pantalla utilizando el software Vulcan para la construcción sólidos en tres dimensiones y superficies. Los modelos resultantes se utilizaron para guiar la estimación de recursos. Esta metodología se llevó a cabo en la litología, alteraciones y zonas de minerales de sulfuro debajo de los modelos TDS. La definición de la distribución de la mineralización por encima del TDS se lleva a cabo mediante la realización de una aproximación probabilística; Indicador Múltiple Kriging (MIK).

Este modelo se calcula para estimar la probabilidad de ocurrencia de diferentes partes oxidadas del depósito, es decir: lixiviación de óxidos, lixiviación parcial y mixta. La malla de perforación disponible se considera que es suficiente para definir la ubicación general de los tipos de rocas y grandes superficies mineralógicas. Estas superficies son suficientemente

irregulares ($\pm 30\text{m}$ de ondulaciones verticales) como para evitar la identificación de los pequeños rasgos estructurales.

El modelo geológico considera la actualización de tres variables: *Minzone*, Litología y Alteración. El modelo geológico de bloques final generado a partir de los sólidos interpretados considera un modelo definido por sub bloques de tamaño $25\text{m} \times 25\text{m} \times 15\text{m}$ como máximo y $6,25\text{m} \times 6,25\text{m} \times 5\text{m}$ como mínimo, utilizado para efectos de dilución geológica (Figura 17 y 18).

2.1.6. Caracterización Geometalúrgica para Concentradoras

La actualización de los modelos geometalúrgicos de Escondida y Escondida Norte corresponden a la versión de Junio 2009 e incluye variables de dureza (SPI y BWI), rendimiento de concentradoras (toneladas métricas por hora –tph-), recuperación final de cobre y ley de concentrado CuT FeT, S y As; y como elementos de menor contenido (Au, Ag, Mo, etc) en el concentrado final. Las variables geológicas como litología, las zonas de mineralización, alteración, la densidad y leyes in-situ, es decir, CuT, CuS, Fe y elementos menores proviene del Modelo de Recursos publicado en Mayo 2009.

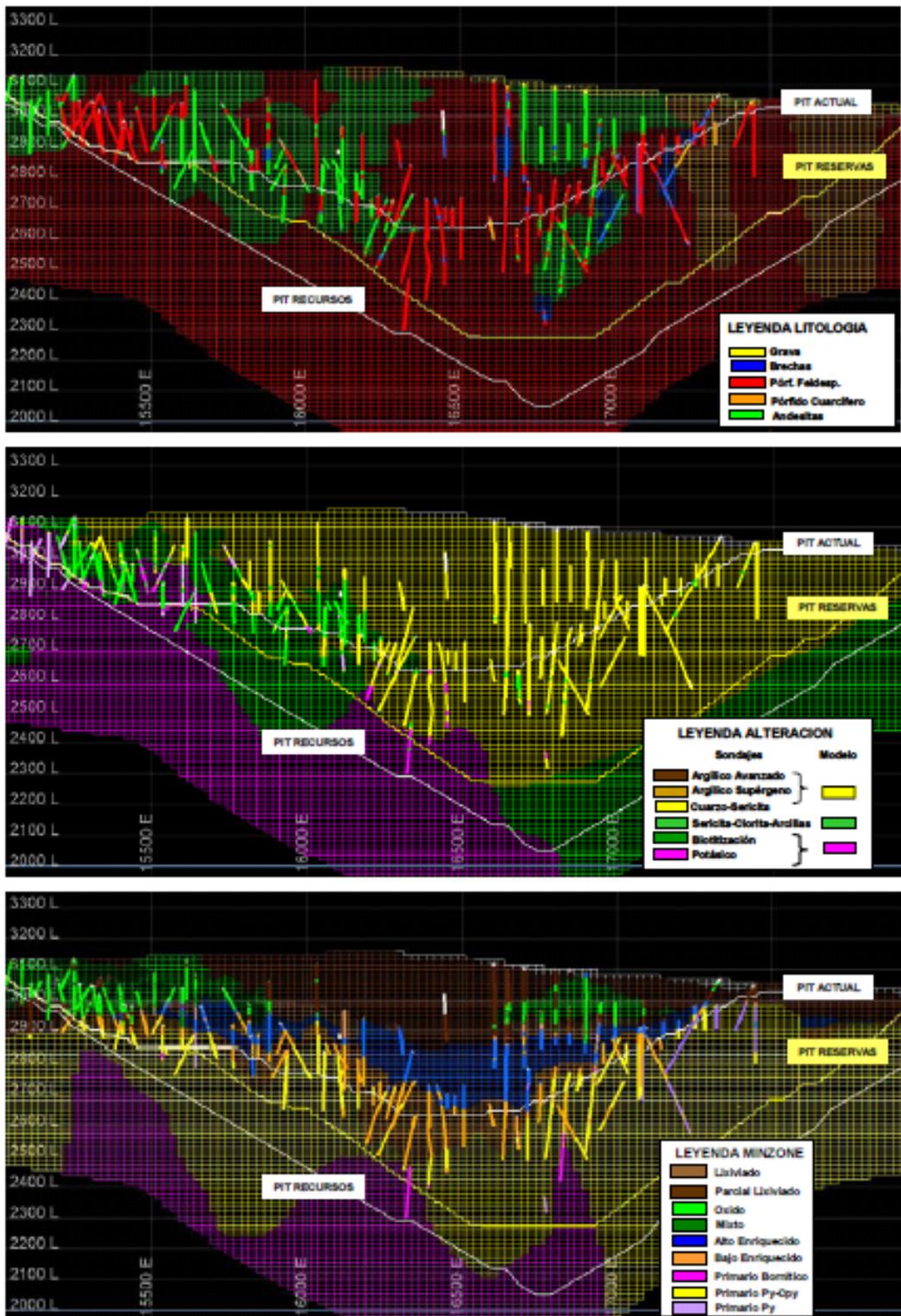


Figura 17 SECCIONES GEOLOGICAS - ESCONDIDA
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

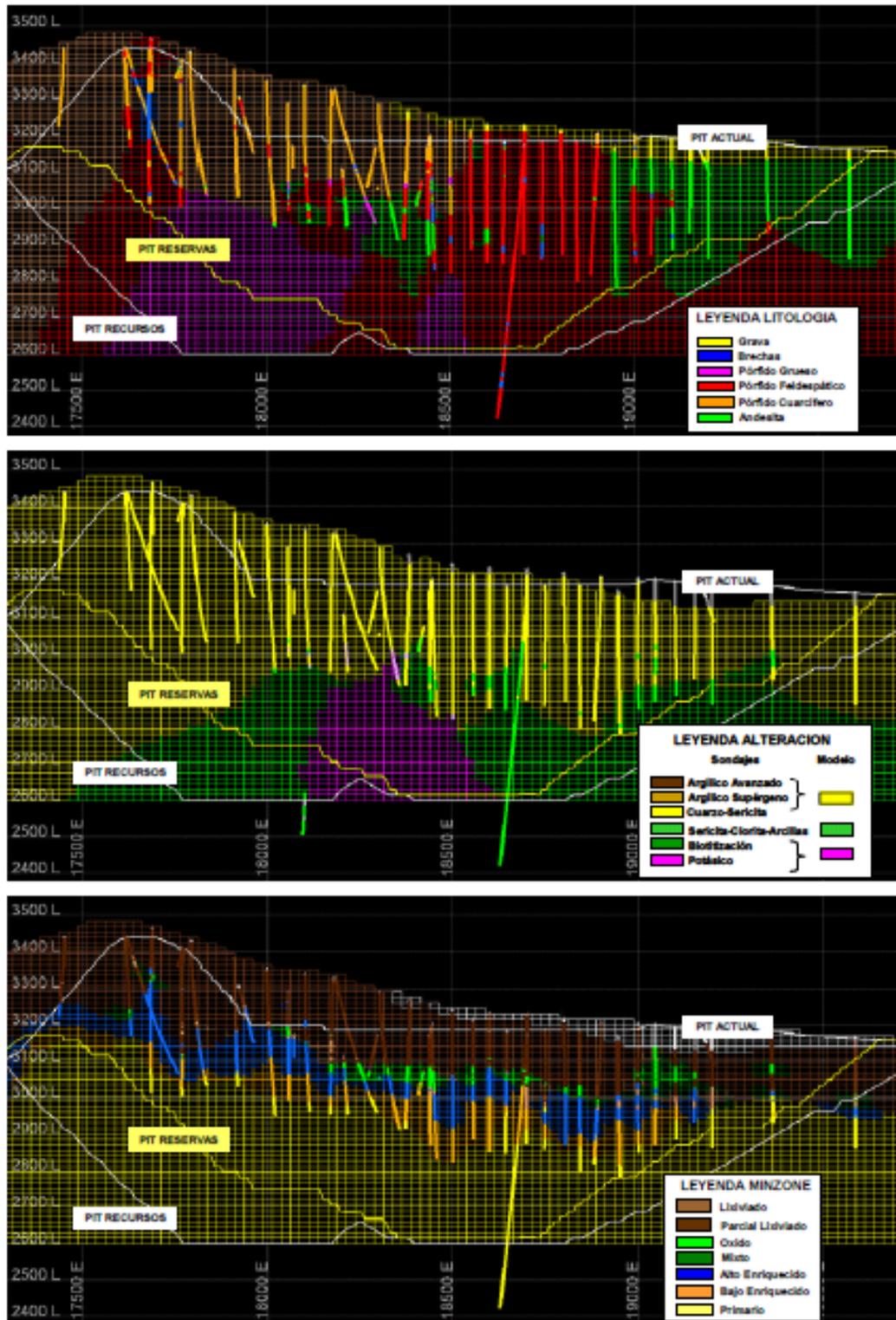


Figura 18 SECCIONES GEOLOGICAS - ESCONDIDA NORTE
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Es importante señalar que, para cumplir con los requisitos de la planificación a largo plazo, todos los bloques de minerales de Sulfuros y Lixiviación Parcial con leyes de corte superior a 0.3% CuT tienen una dureza, TPH, recuperación final de cobre y valores de ley de concentrado.

2.1.7. Hidrogeología

La mayoría del cuerpo mineralizado de Escondida y Escondida Norte está debajo del nivel freático y por lo tanto, requiere evacuar el agua de mina. El macizo rocoso en ambos rajos está fracturado, fallado y alterado en un amplio rango de grados y los grados de fractura, fallamiento y alteración afecta la transmisión de agua a través del macizo rocoso. Ambos rajos contienen materiales de relativa baja permeabilidad.

No hay cargas naturales del acuífero en la proximidad del rajo. Sin embargo, el Salar de Hamburgo, una cuenca cerrada llena de sedimentos está ubicada inmediatamente al Sur Este del rajo Escondida. Agua subterránea es extraída de la cuenca con el propósito de desaguar la mina. La necesidad de desaguar la cuenca para los propósitos de estabilidad de la mina impide las restricciones gubernamentales (DGA) sobre el derecho de aguas. Similarmente, no hay actividad natural en la superficie de las zonas de descarga asociadas con Hamburgo y no hay problemas medio ambientales relacionados con estas aguas.

En la cuenca de Hamburgo, ha ocurrido una considerable recarga artificial como resultado de la infiltración de los relaves que han sido depositados

directamente sobre los sedimentos aluvionales en el Este del rajo Escondida, como se muestra en la Figura 19.

Los relaves se depositaron por primera vez en 1990 y un incremento en los niveles de agua subterránea se detectó por primera vez en 1991. Entre el 2001 y 2004, la acumulación de relaves en Hamburgo declinó, debido a la puesta en marcha de la nueva concentradora de Laguna Seca, la cual consideraba una nueva presa de relaves. Desde el 2004, la única área dentro de la cuenca de Hamburgo donde se descargan relaves es el Paddy-5. Este Paddy es usado como almacén de emergencia solamente.



Figura 19 PRESA DE RELAVES DE HAMBURGO

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

La extracción de aguas subterráneas de la cuenca de Hamburgo empezó a finales de 1980, durante la construcción de la mina y su operación. Desde 1994, Minera Escondida ha mantenido también un programa activo de desagüe mina para mejorar la estabilidad de los taludes y reducir el flujo de ingreso de agua subterránea a la mina. Investigaciones intensivas de desagüe mina han demostrado que el agua subterránea que fluye hacia el rajo Escondida proviene de la cuenca Hamburgo.

En Escondida Norte, el rajo está actualmente 75 m debajo del nivel freático. Es cierto que actividades de desagüe son necesarias e investigaciones están siendo desarrolladas para diseñar la infraestructura necesaria.

La cantidad de agua que puede ser extraída de cualquier *pit* es variable. Considerando la vida de la mina, para Escondida, se espera que la

capacidad del sistema no exceda los 50 lps. En el caso de Escondida Norte, la actual información no es suficiente para predecir tasas de desagüe mina; aunque estimados preliminares sugieren que el total de producción no excedería los 20 lps.

A. Controles para la extracción de agua de los rajos Escondida y Escondida Norte

El área de hidrogeología es responsable por conducir los estudios relacionados al agua. Para la operación de la mina, el objetivo es optimizar los programas de extracción de agua de la mina y así reducir la presión de los poros dentro de los taludes del rajo para mejorar la estabilidad de las paredes y reducir los flujos de ingreso al rajo de agua subterránea.

Existe un modelo hidrogeológico que permite monitorear el comportamiento de agua subterránea. La extracción de agua y/o despresurización lograda en el rajo Escondida, usando fuentes de extracción de agua se distribuye de la siguiente manera:

- Un set de fuentes de producción dentro del rajo
- Otro set dispuesto como cortina entre el rajo y el Salar de Hamburgo
- Drenaje horizontal; y
- Un túnel de drenaje

Una red de piezómetros provee la información necesaria para medir la efectividad del sistema de drenaje y el programa de extracción de agua. Los modelos de agua subterránea son calibrados para predecir requerimientos de agua actuales y futuros. Toda la información es usada para recalibrar las metas. Resultados de los modelos hidrogeológicos son incorporados dentro de los modelos geotécnicos para el análisis de estabilidad de paredes.

A la fecha no hay un programa de extracción de agua en Escondida Norte, por ausencia de aguas subterráneas y no influyen en el desarrollo de la mina.

2.1.8. Parámetros Geotécnicos

Las principales actividades geotécnicas están orientadas a la definición de los ángulos de talud del *pit* óptimo, de tal manera que los taludes se mantienen estables. Las actividades geotécnicas consideran el desarrollo de modelos de estabilidad para ambos rajos y botaderos, desarrollo de sistemas de monitoreo para los ángulos de talud, evaluación de requerimientos de desagüe mine y hacer recomendaciones acerca de los ángulos de talud para los planes mineros asociados ya sean de mediano o largo plazo; y otros nuevos proyectos.

Para el rajo Escondida, los ángulos inter-rampa operacionales (IRA) y los ángulos de *pit* final han sido definidos, en conjunto con los ángulos globales del *pit* final. El ángulo de la cara del banco es de 65°, dejando

bancos simples de 15 m de altura. Los ángulos globales e inter-rampa se muestran en la Figura 20.

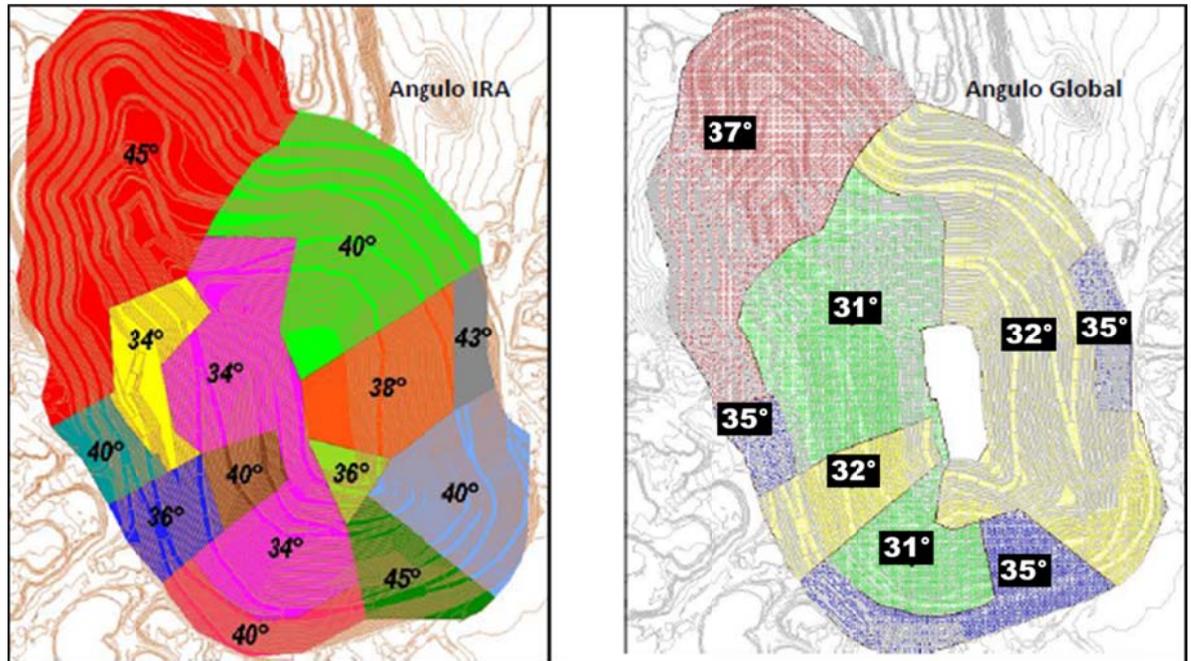


Figura 20. ANGULOS INTERRAMPA Y GLOBAL – ESCONDIDA
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

No hay cambios en los parámetros geotécnicos utilizados en el análisis de cada alternativa de este proyecto y son los mismos que se usaron en el desarrollo del caso base y en el LoA10.

No se han identificado riesgos adicionales a ninguna de las alternativas bajo estudio.

2.2. DISEÑO DE MINA

2.2.1. Diseño de Pit Final y Expansiones

Uno de los principales objetivos estratégicos definidos por Escondida es maximizar el valor económico del *asset* con los recursos naturales disponibles.

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo anterior, el desarrollo de un plan de producción optimizado considera la siguiente información base:

- **Modelo de Bloques de Recursos:** contiene las variables importantes, tales como leyes, dureza, mineralogía, etc.
- **Parámetros Técnico:** recomendaciones y restricciones geotécnicas, capacidad de extracción y de transporte de materiales; restricciones operacionales de procesamiento, marketing, entre otras.
- **Parámetros Económicos:** precios, costos, etc.

La combinación de las variables descritas es usada para generar una serie de procesos secuenciales que permiten la transformación de recursos geológicos, a través del uso de información de perforación de sondajes hacia reservas económicas. Ver figura 21.

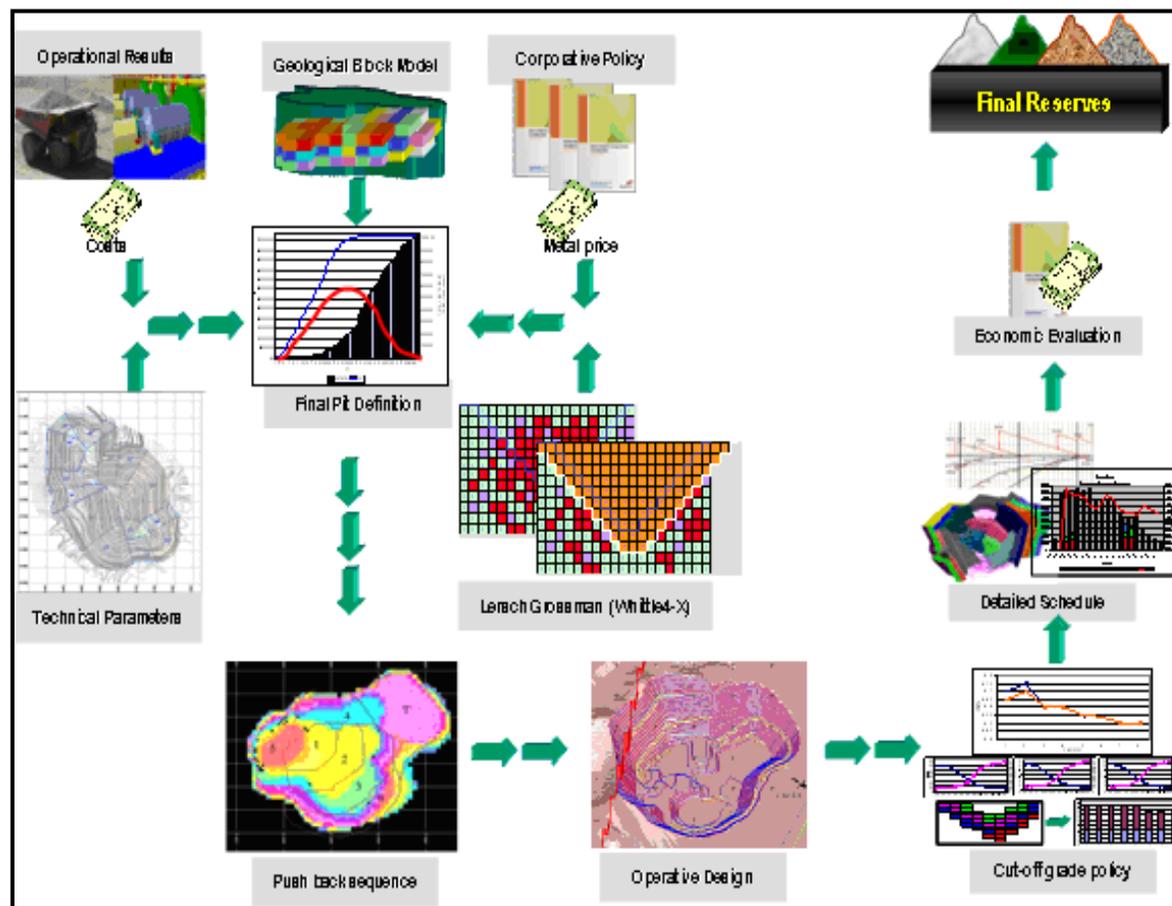


Figura 21 PROCESO DE ESTIMACIÓN DE RESERVAS

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

La primera etapa en el proceso en el cual los Recursos son transformados en reservas, es la definición del *Pit* Final. El cual, es la frontera que define los límites de los materiales considerando el plan de explotación a través de cielo abierto y las variables económicas.

Para definir el *Pit* Final y la secuencia de explotación para los rajos Escondida y Escondida Norte, se usó el software de simulación Blasor®¹. Este software genera simultáneamente fases de explotación y programas de explotación de mineral óptimos, usando el optimizador lineal CPLEX.

El software toma en consideración las principales restricciones involucradas en el desarrollo de la mina (por ejemplo: el cierre de la Concentradora de Los Colorados, los límites con Zaldívar, etc.); permitiendo definir un modelo que representa de manera exacta el escenario económico y productivo.

Blasor® usa una adaptación del algoritmo de Lerchs-Grossman para la optimización del *pit*. Emplea una serie de supuestos geométricos (relacionados a los ángulos de talud) y supuestos económicos (tales como: precios, recuperación, costos, etc) para determinar formas tridimensionales que entregan la máxima rentabilidad económica.

Bloques individuales en el modelo son asignados con un valor, que representa el ingreso neto que genera el bloque desde su cobre recuperado, una vez deducidos los costos de minado, procesamiento y

¹ Blasor® es un software de optimización de planes de producción mina, desarrollado por BHP Billiton y de uso exclusivo en sus *assets*.

refinación. Los bloques con lastre tienen un valor negativo; bloques de mineral generalmente han de generar ingresos positivos.

Blasor® extiende el algoritmo de Lerchs-Grossman por la inclusión del valor del dinero en el tiempo (TVM, por sus siglas en inglés "*Time Value Money*") en la optimización y así el "*pit* óptimo" determinado es aquel que tiene el más alto Valor Presente Neto (VPN). Asimismo, desarrolla "*pit shells*" que van decreciendo en rentabilidad y TVM determina la óptima secuencia de extracción de la mina. Ver figura 22.

Es importante mencionar que en la determinación de los límites finales para Escondida y Escondida Norte, se usan recursos Inferidos.

2.2.1.1. Supuestos Económicos

Estos supuestos están alineados con el análisis del LoA11, presentado en Octubre 2009 (tabla 5).

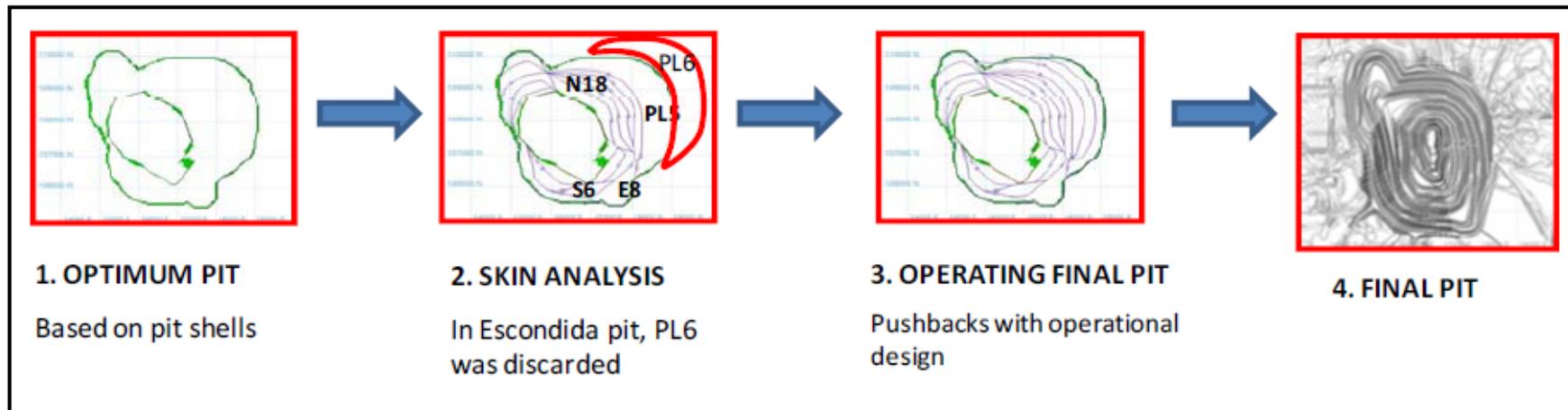


Figura 22 VALIDACIÓN DE *PIT* FINAL

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Tabla 5 RESUMEN DE COSTOS

Costos al FY16	Unidades	Valor
Mina		
Costo Mina	US\$/t-minado	1,646
G&A	US\$/t-minado	0,232
Costo Mina + G&A	US\$/t-minado	1,878
Concentradora		
Costo Procesamiento	US\$/t-tratado	5,969
Costo Tratamiento	US\$/t-tratado	76,735
Cargos por refinado (venta)	US\$/lb	0,077
Transporte	US\$/t	26,523
Lixiviación de Óxidos		
Costo Procesamiento	US\$/t	4,510
EW+SX	US\$/lb	0,257
Transporte de Cátodos	US\$/lb	0,028
Lixiviación de Sulfuros		
Costo Procesamiento	US\$/t	0,785
EW+SX	US\$/lb	0,234
Transporte de Cátodos	US\$/lb	0,028

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

2.2.1.2. Supuestos Operacionales

Escondida es una mina a rajo abierto y actualmente opera dos rajos, Escondida y Escondida Norte. Ambas son minas existentes y según los actuales ritmos de explotación se proyecta una vida útil combinada de más de 40 años.

El *pit* final de cada mina es establecido como una serie de expansiones marginales que persiguen lograr el *pit* final recomendado por Blasor®. Esas expansiones son suavizadas y se incorporan las rampas de acceso, verificando el cumplimiento de los ángulos de talud recomendados.

A. Flota de Carguío

Debido a que MEL opera con equipos de gran tamaño, el diseño considera expansiones con un ancho mínimo de setenta y cinco metros (75 m), el cual es suficiente para cubrir el requerimiento de espacio de una de esas palas. Ver figura 23.

Sin embargo, por lo general se buscan expansiones de 150m de ancho para permitir suficiente espacio para que dos palas de gran tamaño (73 yd^3) puedan trabajar en “*Tandem*”. Ver figura 24.

Las palas de mayor tamaño (73 yd^3) son utilizadas principalmente para realizar el movimiento de lastre, mientras que las palas de menor tamaño (56 yd^3) son utilizadas en las expansiones de mineral. La tabla 6 ilustra los principales parámetros geométricos de diseños utilizados para los diseños de las expansiones y *pit* final.

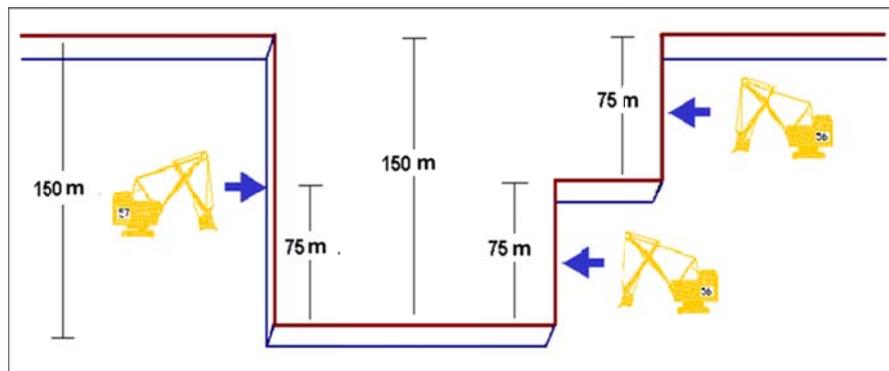


Figura 23 ANCHO MÍNIMO OPERACIONAL EN *TANDEM*
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

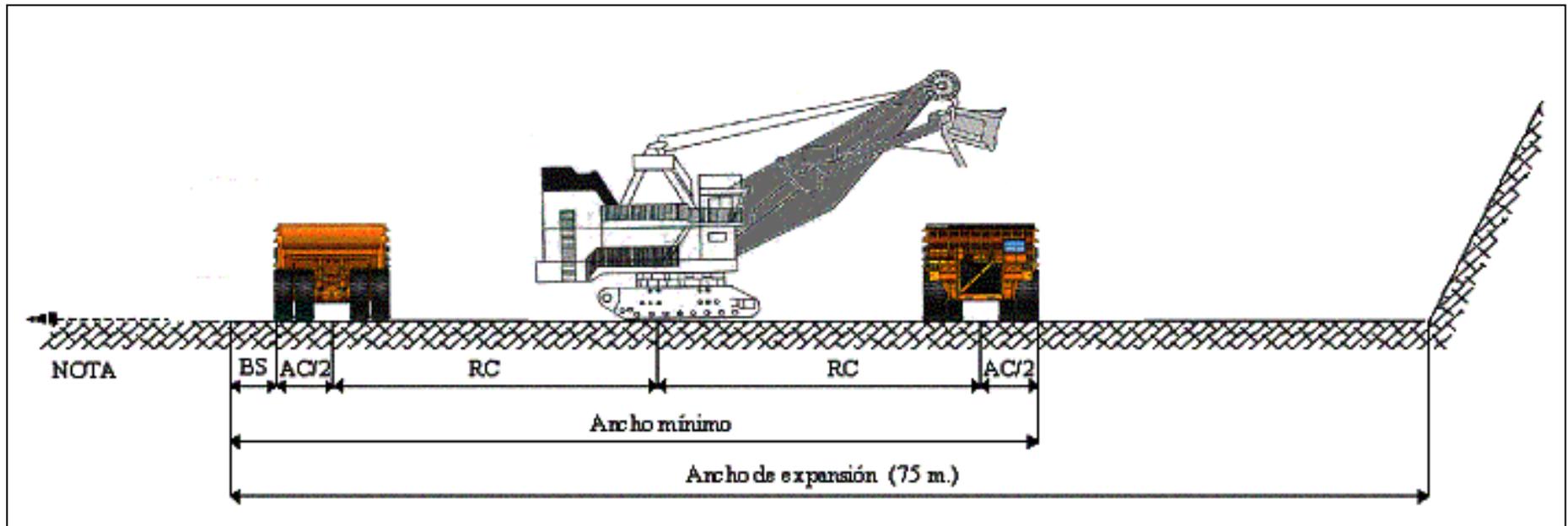


Figura 24 ANCHO MÍNIMO OPERACIONAL

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Tabla 6 PARAMETROS DE DISEÑO DE MINA

Ancho mínimo estándar de expansión	m	150
Ancho de rampa	m	40
Angulo de rampa	%	10%
Altura de banco doble	m	30
Angulo de talud	°	Esc: 65°, Esc Norte: 72°
Angulo inter-rampa		Variable por sector y rajo
Ancho de banco		Variable por sector y rajo
Altura de banco por diseño	m	15

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

B. Flota de Acarreo

La flota de transporte está acorde al tamaño de equipos y principalmente se compone de camiones de 350 t para operar con las palas de 73 yd³ y camiones de 240 t para operar con las palas de 56 yd³. El ancho de las rampas de acceso es de 40 m; suficiente para permitir 3.5 a 4 veces al ancho de un camión.

En la figura 25 se muestra los parámetros utilizados en la definición del ancho de rampas en Escondida.

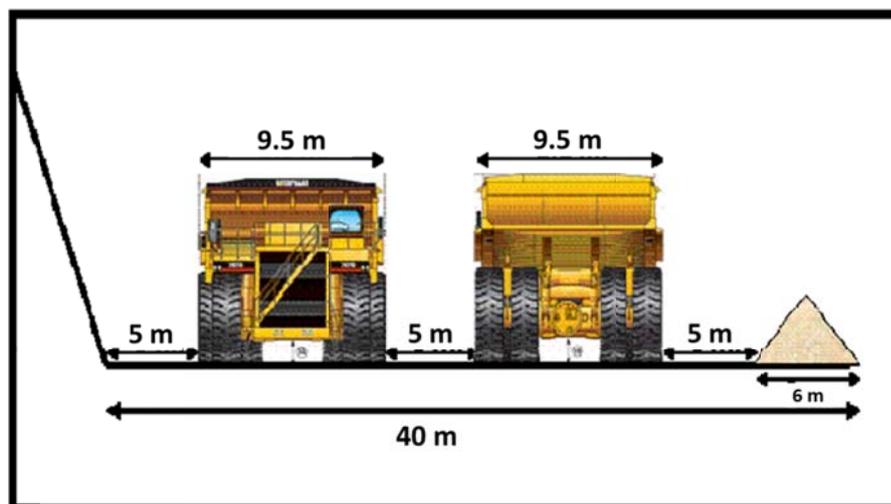


Figura 25 CONFIGURACIÓN DE RAMPAS PRINCIPALES

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

C. RESUMEN DE FLOTA

A Diciembre del 2012, el total de la flota de equipos mina que tiene Escondida se detalla en la tabla 7.

Tabla 7 RESUMEN DE FLOTA DE EQUIPOS MINA

Flota de Carguío	
Palas 56 yd ³	5
Palas 73 yd ³	14
Pala Hidráulica PC 5000	1
Cargadores	4
Total	24
Flota de Acarreo	
Camiones 240 t	29
Camiones 350 t	134
Total	163
Equipos Auxiliares	
Tractor de Orugas	22
Tractor de Ruedas	19
Perforadora	20
Motoniveladora	14
Camiones Aljibe	13
Total	88

Fuente: Reporte de Producción Mina – Diciembre 2012

2.2.2. Resultados del Diseño de Mina

Como resultado de estos criterios de diseño, el límite del *pit* final para la alternativa OW es el definido durante el LOA 11 y este límite no cambia debido al desarrollo de este proyecto, así como tampoco la secuencia de expansiones. Ver figura 26.

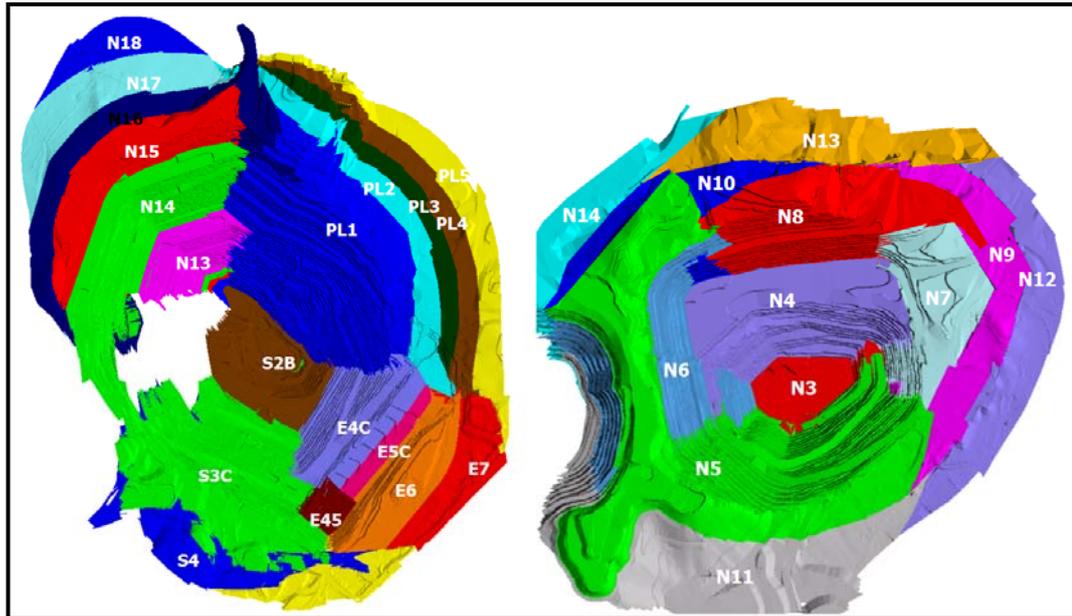


Figura 26 DISEÑOS DE EXPANSIONES Y *PIT* FINAL
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

La figura 27 muestra la configuración actual de correas y una proyección de los *pit* finales de ambos rajos, junto con las áreas destinadas a botaderos y pila de lixiviación, que se han considerado para el desarrollo de los planes de EOA. Esta proyección basada en el LoA 11, ubica los chancados fuera del *pit* final y requerirá a futuro la reubicación del sistema de correas desde Escondida Norte, que será afectada por el desarrollo de las expansiones PL's, tal como se muestra en la figura 28.

El desarrollo de las expansiones PL's según el LOA11 está considerado a partir del FY21, una vez que Los Colorados deja de operar y es desmantelada.

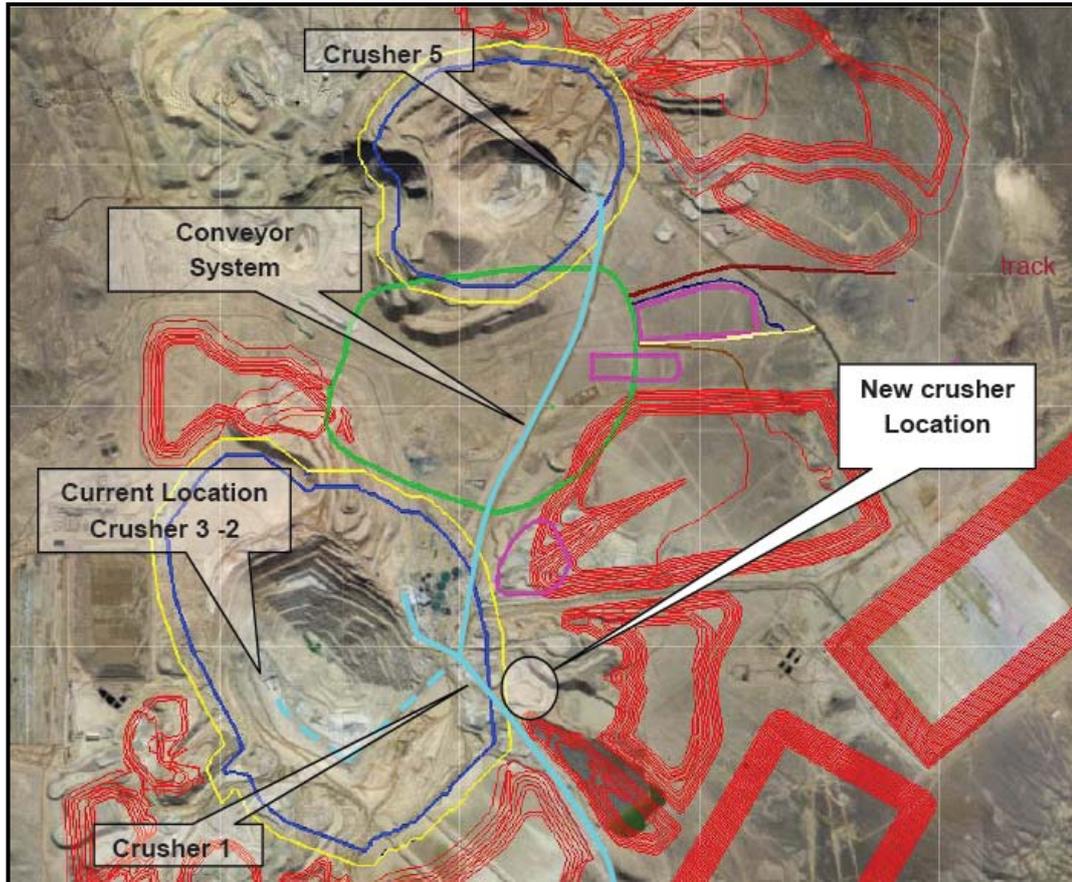


Figura 27 CONFIGURACIÓN DE CHANCADO Y CORREAS
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

El proyecto EOA no afecta la configuración de correas y mantiene la misma estructura de alimentación actualmente en uso, ya que conecta las nuevas correas a los mismos puntos de transferencia que conectan las correas desde el interior del *pit*, tal como se muestra en la figura 28.

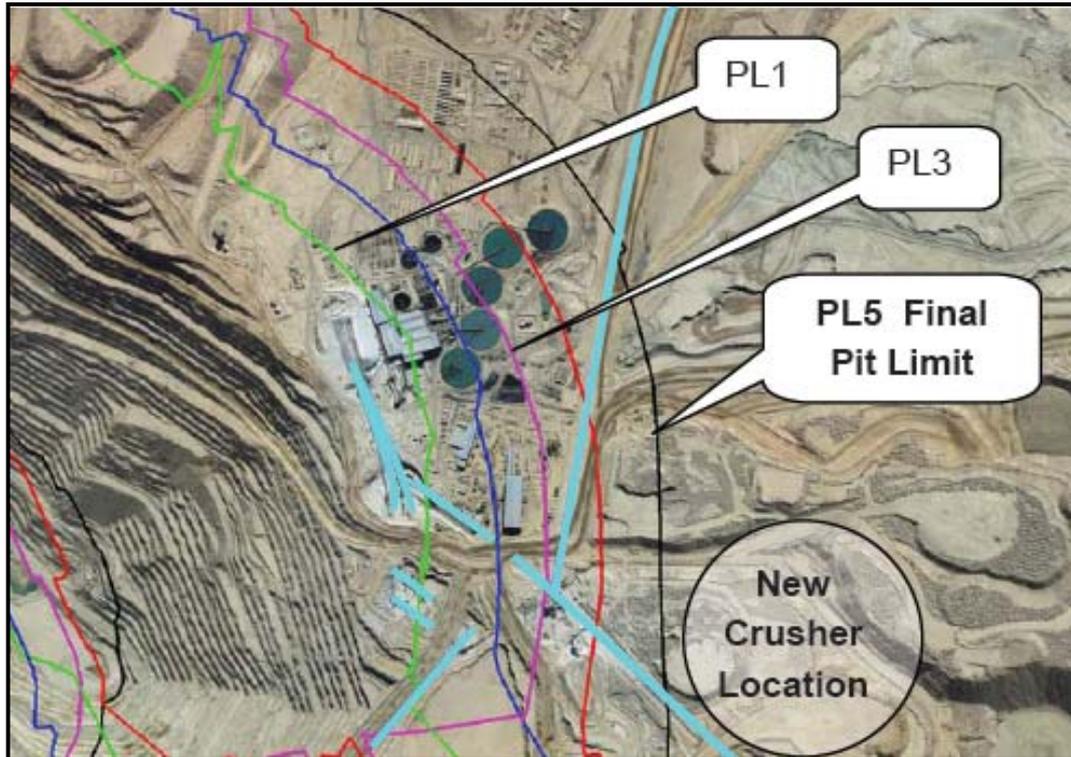


Figura 28 EXPANSIONES PL Y LIMITE DE *PIT* FINAL
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

2.2.3. Diseño de Botaderos

Los diseños de botaderos consideran la construcción de tres niveles de altura de 150 m cada uno y bermas de 60 m para cada nivel, dando lugar a una altura máxima de 450 m de altura y ángulos de 37°. El diseño considera rampas de acceso con una pendiente máxima del 10%. Ver tabla 8.

Tabla 8 DISEÑO DE BOTADEROS

Altura de piso	40 m
Angulo de reposo	37°
Densidad	1.8 t/m ³
Pendiente de rampas de acceso entre pisos	10%

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

2.2.4. Chancado y Correas

Las operaciones de Escondida cuentan con 05 estaciones de chancado. De ellas, 04 están destinadas a los minerales de sulfuros de alta ley (CH1, CH2, CH3 y CH5) y 01 a los minerales de óxidos (CH4). Un diagrama de flujo del sistema de chancado y correas, se adjunta en la figura 29.

De las dos minas, Escondida Norte alimenta minerales con mayor dureza. Por lo tanto, como estrategia operacional (que es válida desde el inicio de operaciones del rajo Escondida Norte y con especial enfoque en la Planta Concentradora de Laguna Seca) se mezcla minerales de Escondida Norte con los minerales de menor dureza que vienen del rajo Escondida. En ese sentido, los minerales de Escondida Norte son enviados en proporciones de 50:50 a cada concentradora. La reubicación de los chancadores debe permitir continuar con esta estrategia de alimentación.

2.2.5. Consideraciones Operacionales

El proyecto EOA reubica los chancadores y correas transportadoras para permitir la explotación de las expansiones Sur Este de la mina. Esto no afecta a la operación, en vista que versiones anteriores de los planes de largo plazo ya consideraba dicho movimiento.

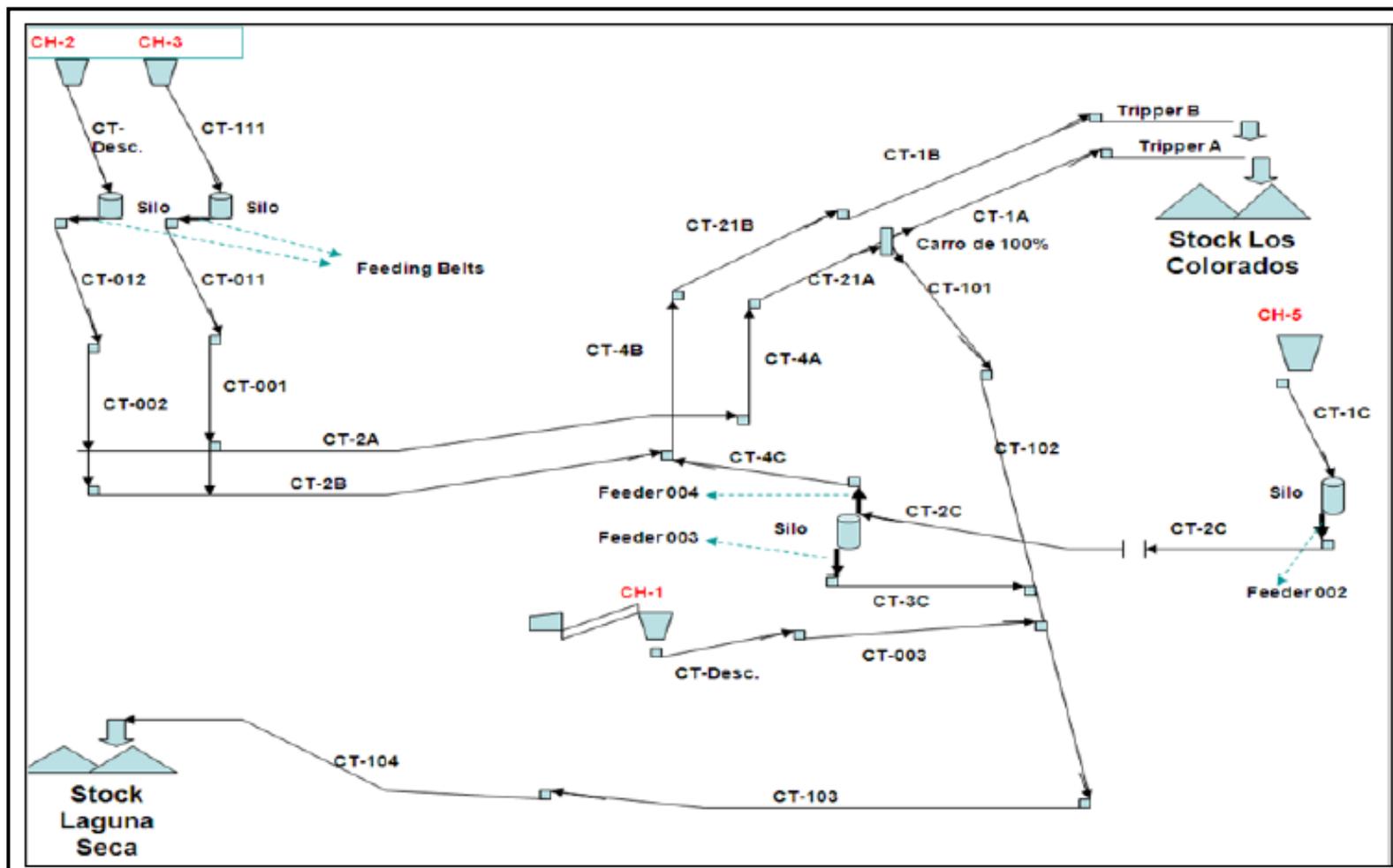


Figura 29 SISTEMA DE CHANCADO Y CORREAS

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Desde el punto de vista de operaciones mina, el más alto impacto reside en la reubicación de los chancadores. Este cambio implica la adición de camiones para administrar las mayores distancias de acarreo. Como parte del análisis de flota se llevó a cabo y se concluyó que se necesitan 07 camiones adicionales. Ver tabla 9.

Tabla 9 REQUERIMIENTO DE CAMIONES DEL PROYECTO EOA

	Caso 1: Ejecución de EOA		Caso 2: No se ejecuta EOA		Compras EOA Camiones a ser comprados
	Distancia de Acarreo Promedio (a nueva ubicación CH2 & 3)	Requerimiento de Camiones	Distancia de Acarreo Promedio (a nueva ubicación CH2 & 3)	Requerimiento de Camiones	
FY11	5.13 km	148	5.13 km	148	0
FY12	5.33 km	152	5.29 km	150	2
FY13	5.90 km	170	5.63 km	163	7
Total					7

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Desde el punto de vista de las Operaciones Mineras, la diferencia entre ejecutar y no ejecutar este proyecto, significa cambios importantes para la secuencia de extracción y los resultados operacionales. El no hacer este proyecto reduce en 14 años la vida de la mina y tiene un impacto negativo en la producción de cobre.

2.2.6. Declaración de Reservas

Minera Escondida calcula el *pit* final y las reservas en cumplimiento con el código JORC basado en Australia.

En Minera Escondida, los recursos inferidos son usados para determinar el *pit* final, así como en los programas de producción. En la declaración de reservas, los recursos inferidos no son considerados como reservas.

En vista que BHP Billiton reporta reservas en los Estados Unidos, la declaración de reservas debe ser desarrollada también de acuerdo a las regulaciones de la USSEC (*United States Securities Exchange Commission*). Las reservas en este caso son calculadas de acuerdo a las regulaciones de la USSEC, las cuales excluyen recursos inferidos de las estimaciones de reservas.

Minera Escondida usa en sus reportes una división de las reservas por destino de mineral:

- Reservas de mineral de Sulfuros a la Concentradora,
- Reservas de mineral de Sulfuros de Baja Ley a la Lixiviación de Sulfuros; y
- Reservas de mineral de Óxidos a la Lixiviación de Óxidos

2.3. DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA DE *FRONT-END-LOADING* (FEL)

La metodología FEL, es una metodología de proyectos de inversión que consiste en un conjunto de etapas para el desarrollo de proyectos competitivos basados en la consideración gradual y comprensiva de todos los factores claves que permitan traducir la estrategia de una compañía en un proyecto clave. Uno de los puntos fuertes de esta metodología se basa en el proceso de gobierno que asegura que al pasar a la siguiente etapa, todos los objetivos fueron cumplidos.

El término *front-end-loading*, fue acuñado por la compañía DuPont en 1987, y usado por las industrias químicas, refinerías y gas. A partir de un trabajo de benchmarking desde 1993 hasta 2003 y sobre la base de la experiencia en varias empresas consultadas que usaban la definición y desarrollo para sus proyectos, la *Independent Project Analysis Inc* (IPA), empresa de ingeniería y consultoría en gerencia de proyectos, identificó las fases de una metodología a la que denominó ciclo FEL (*Front End Loading*), a otro grupo de frases para la implantación las denominó ciclo EPCC (*Engineering, Procurement, Construction, Commissioning*), y a la fase de operación como última fase. La metodología FEL fue presentada por la IPA Inc en las 30va y 32va Conferencia Anual de Ingeniería y Contratación de la Construcción (*Annual Engineering & Construction Contracting Conference*) en los años 1998 y 2000 respectivamente.

Recientes estudios respecto al uso de FEL han demostrado que:

- 70% de las grandes inversiones de *capital* de Estados Unidos en 1990 fallaron en alcanzar al menos un objetivo clave.
- El 98% de las inversiones que son consideradas como “mejores prácticas” en el uso del FEL alcanzaron todos sus objetivos clave.
- Los “mejores” empresas mejoraron su TIR nominal del 15% al 22%. Por el contrario, las “peores” solo entregaron un 9%.
- Las empresas que utilizan análisis FEL incluyen a: Chevron, BP Amoco, Woodside, Dow Chemical, DuPont, Exxon Mobil y Alcoa

Las fases de la metodología FEL en BHP Billiton, son conocidas como:

- Fase de Identificación (identificación de oportunidades),
- Fase de Selección (Selección de Alternativas); y
- Fase de Definición (Optimización del Proyecto).

Desde el punto de vista de generación de valor, el más grande valor incremental se logra a través del pensamiento divergente en el análisis de alternativas durante la fase de Selección. Ver figura 30.

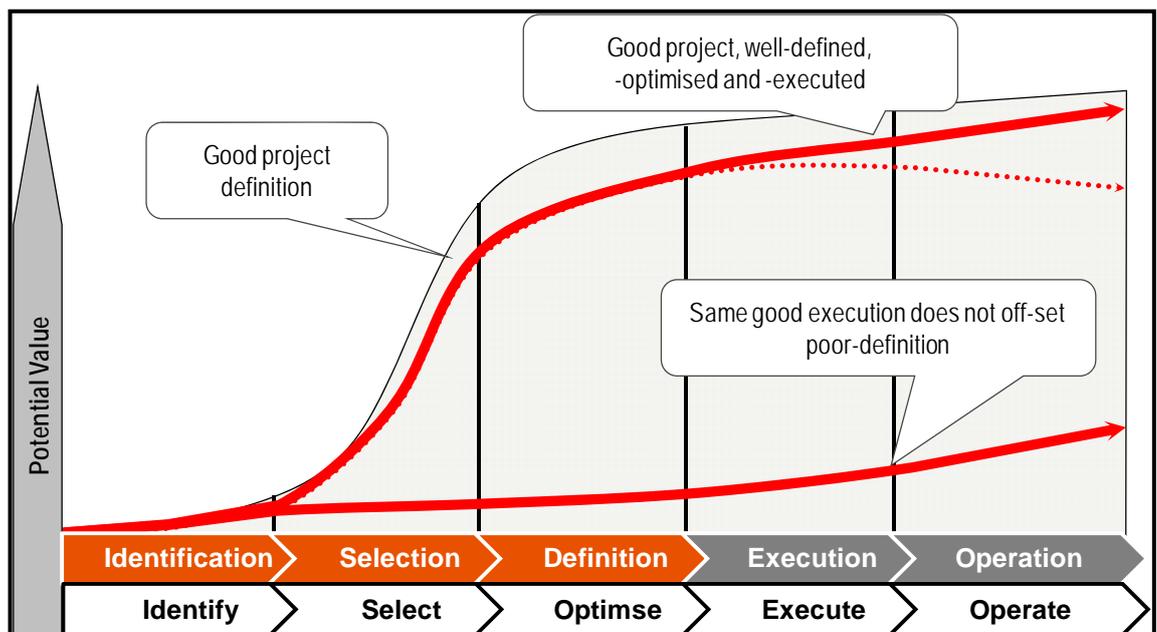


Figura 30. FRONT-END-LOADING Y GENERACIÓN DE VALOR

Fuente: Manual de Inversiones de BHP Billiton

La IPA Inc también define tres fases de ingeniería que denomina FEED (*Front End Engineering Development*), como: Ingeniería de detalle (fase de ingeniería). Solo las fases de ingeniería conceptual y la de ingeniería

básica, están presentes en el ciclo FEL; (FEL 2 y FEL 3, respectivamente), la fase de ingeniería de detalle pertenece al ciclo EPCC.

2.3.1. Fase de Identificación (IPS)

En esta fase se identifican las oportunidades de negocio y se generan las opciones técnicas y económicamente factibles de las propuestas o ideas para el proyecto. Así mismo, se identifican los riesgos generales y las mejores estrategias que permitan optimizar los resultados del proyecto. Se presentan un estimado de costos de entre -30% a + 30%. Al finalizar esta fase, se genera una lista de alternativas que deben ser estudiadas con mayor detalle en la etapa de Selección.

Objetivos del Estudio de Identificación

- Demostrar que una oportunidad de inversión es lo suficientemente atractiva para justificar el gasto de un estudio más detallado.
- El estudio de Identificación debe establecer el calce con la estrategia de negocios de la compañía y el atractivo del probable del caso de negocio.
- Identifica las posibles alternativas que se evaluarán durante la siguiente fase, la Selección, si la oportunidad de inversión amerita investigación adicional.

¿Cuáles son las preguntas clave a responder?

- ¿Es ésta la mejor inversión para la compañía? ¿Por qué?

- ¿Hay suficiente valor potencial asociado a la inversión para justificar una mayor investigación?
- ¿La inversión encaja con la estrategia de negocio actual?
- ¿Existe un adecuado plan de trabajo para la Fase de Selección?
- ¿Cuáles son los desafíos potenciales (si lo hay) o riesgos importantes que podrían negar el valor de la inversión?

2.3.2. Fase de Selección (SPS)

En esta fase se evalúan los escenarios u opciones y se selecciona aquel que genere mayor valor. Se profundiza en la identificación de riesgos para minimizar la incertidumbre. Se presentan un estimado de costos de entre -20% a + 20%. Al finalizar esta fase, la alternativa seleccionada queda lista para ser optimizada.

Objetivos del Estudio de Selección

- Seleccionar la única alternativa preferida.
- La única alternativa preferida será estudiada en profundidad y optimizada en la siguiente fase - la fase de Definición.
- Durante la fase de Selección, un conjunto de alternativas basadas en la comprensión y el reconocimiento de las decisiones estratégicas son rigurosamente revisadas.

- Después de una evaluación comparativa completa del valor total y perfil de riesgo de cada alternativa, se puede seleccionar una única alternativa preferida.

¿Cuáles son las preguntas clave a responder?

- ¿Todas las alternativas razonables han sido debidamente consideradas y revisadas por igual?
- ¿Qué criterios se utilizaron para seleccionar la mejor alternativa?
- ¿La inversión aún encaja con la estrategia de negocio actual?
- ¿Se ha identificado los principales riesgos y posibles controles?
- ¿El valor potencial de la inversión sigue justificando una mayor investigación?
- ¿Existe un plan adecuado para la fase de Definición?

2.3.3. Fase de Definición (DPS)

En esta fase se realiza la ingeniería de detalle para completar con el alcance del proyecto y asegurar que tenga una ejecución exitosa. Se profundiza en la identificación de riesgos para minimizar la incertidumbre. Se presenta un estimado de costos de entre -5% a +5%. Al finalizar esta fase, la alternativa seleccionada y optimizada queda lista para aprobación final y con ello dar inicio a la construcción.

Objetivos del Estudio de Definición

- Optimizar la única alternativa de inversión seleccionado tras el estudio de Selección.
- El propósito del estudio de Definición es demostrar, con un cuerpo de apoyo de conocimiento, que este objetivo se ha cumplido.
- Durante la fase de Definición, la alternativa seleccionada es rigurosamente evaluada con el fin de optimizar el ciclo de vida total de costos y el NPV de la inversión, para finalizar el alcance, costo, programa de trabajo y otros KPIs y así establecer el perfil de riesgo y las incertidumbres asociadas a este perfil de riesgo, y definir claramente el plan de ejecución del proyecto.

¿Cuáles son las preguntas clave a responder?

- ¿Existe una comprensión exacta del valor y los riesgos de la inversión antes de pasar a la ejecución del proyecto?
- ¿La inversión aún encaja con la estrategia / portafolio de inversiones?
- ¿Todas las oportunidades razonables de optimización han sido perseguidas?
- ¿Se ha llegado al máximo valor para los accionistas?
- ¿Medidas de control de riesgos previstas están en desarrollo?

- ¿Se han obtenido las aprobaciones gubernamentales (o en trámite)?
- ¿Existe un plan de ejecución de proyecto óptimo?
- ¿Se recomienda la aprobación?

En cuanto al proceso de gobierno de proyectos mayores en BHP Billiton, considera procesos de aprobaciones rigurosos para asegurar que se cumplen con los objetivos del proyecto. En el caso del EOA, este proceso de aprobaciones consideró:

- Presidente del *Asset* Escondida
- Presidente del CSG Metales Base
- Presidente del Grupo de Materiales No Ferrosos
- CEO BHP Billiton
- Directorio de BHP Billiton

CAPITULO III

ANALISIS DE ALTERNATIVAS

3.1. IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La metodología de evaluación requiere que se defina una alternativa “sin proyecto” – *Optimized Without Alternative (OWO)* y otras alternativas competidoras, que permitan seleccionar a aquella que maximiza el valor del asset.

A. Enunciado del Problema

Identificar alternativas que permitan la secuencia óptima explotación del rajo Escondida, maximizar su NPV; y garantizar la disponibilidad y alimentación de mineral para procesamiento (cantidad, calidad oportunidad corto plazo / largo plazo).

B. Tabla Estratégica

A modo de resumen, las principales decisiones que definen la divergencia de las alternativas están relacionadas a:

- Nueva ubicación de las estaciones de chancado: *ExPit, InPit*, sin modificaciones
- Método de transporte: correas, túneles, camiones
- Desarrollo de nuevos pushbacks en el rajo Escondida Norte
- Naturaleza de las estaciones de chancado: nuevas o existentes

Las decisiones se resumen en la siguiente tabla estratégica (ver tabla 10).

Tabla 10 FORMULACIÓN ESTRATEGICA DEL PROBLEMA

Zonas de Explotación	Ubicación del Chancado	Transporte de Planta Chancado	Correas	Chancado Rajo Escondida	Chancado Rajo Escondida Norte
Escondida Norte (Z1)	Actual ubicación In Pit (U1)	Correas (T1)	<i>Do Nothing</i> (C1)	<i>Do Nothing</i> (CE-1)	<i>Do Nothing</i> (CN-1)
Expansión Norte – Rajo Escondida (Z2)	Ubicación Ex-Pit (U2)	Camiones (T2)	Correa en superficie (C2)	Reubicación 1 chancado + 1 reemplazo (CE-2)	1 adicional (CN-2)
PLs - Escondida (Z3)	Nueva ubicación dentro del rajo (U3)		Zanja (C3)	Reubicación 2 chancados (CE-3)	
Sur - Escondida (Z4)			Túnel (C4)		

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

3.2. Alternativas analizadas al Inicio del Estudio de Selección

3.2.1. Optimized Without Alternative (OWO):

Está basada en que los chancadores y las correas se mantienen en el mismo lugar por el resto de la vida de la mina, no permitiendo el acceso

a los minerales de alta ley alrededor de ésta área. El mineral que se encuentra debajo de los actuales chancadores y correas dentro del rajo Escondida, bajo este escenario, nunca se accede.

3.2.2. Alternativa 1: Escondida Norte

Objetivo: extraer la máxima cantidad de mineral del rajo Escondida Norte sin modificaciones en el rajo Escondida.

La alternativa consiste en una nueva estación de chancado primario *ExPit* instalado en el rajo Escondida Norte, una nueva correa *overland* paralela a la existente *overland* CV-2C; un nuevo silo de distribución y la conectividad asociada a las correas para proveer la misma capacidad de mezcla que el sistema existente.

No se espera incrementar la flota de equipos mina. Sin embargo, una re-asignación de flota del rajo Escondida al rajo Escondida Norte sería necesaria.

3.2.3. Alternativa 2: Expansiones Pared Norte - Rajo Escondida

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado de la pared norte del rajo Escondida, sin modificar la actual infraestructura de chancado / correas.

Potencialmente podría requerir un aumento en la flota de camiones y palas debido al aumento en la distancia de transporte hacia la ubicación actual de los chancados 2 y 3.

No requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.4. Alternativa 3: Escondida E4/E5 seguido por EEC

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo del sistema de correas *InPit* existente en Este 3 y continuar con la explotación del yacimiento en la dirección Sur-Este por medio de la reubicación de los actuales chancados *InPit* a una ubicación *ExPit* antes de lo previsto anteriormente, en comparación con la Alternativa 4.

Esto consistiría en la reubicación original de las correas *InPit* E4/E5 por medio de la extensión de las correas existentes CV-001 y CV-002, la instalación de 2 nuevas correas de acarreo principales CV-2A y 2B-CV en la rampa E5, más nuevas correas de interconexión a las existentes 4A y 4B, generando la interfaz con los sistemas existentes de correas para las concentradoras.

No se requiere un aumento de la flota de equipos mina hasta que la reubicación definitiva de los chancadores fuera del *pit* final (ECC) se lleve a cabo.

No requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.5. Alternativa 4: E4/E5, luego S3C y finalmente EEC

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo del sistema de correas *InPit* existente en Este 3 y continuar con la explotación del yacimiento como estaba previsto, siguiendo la secuencia desarrollada para la reubicación de los chancadores de W9 en la dirección Sur-Este.

Esto consistiría en la reubicación original de las correas *InPit* E4/E5, seguido por la expansión Sur 3, por medio de la instalación de 02 nuevas correas interconectadas CV-11 y CV-12 y una extensión de las colas de las existentes correas principales de acarreo CV-2A y CV-2B. Finalmente, las reubicación de los existentes chancadores *InPit* afuera del rajo.

Las 02 primeras extensiones requieren de la reubicación de los sistemas de correas existentes sin incremento de flota. La reubicación final fuera del *pit* final requiere un incremento de la flota de equipos mina.

No requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.6. Alternativa 5: Escondida – Rampa 15

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo del sistema de correas *InPit* existente en Este 3 y continuar con la explotación del yacimiento como estaba previsto, a través de la reubicación del sistema de correas a la pared Sur del rajo Escondida con un configuración de transporte que requiere un alto ángulo (hasta 15°) y entonces reconectar

a ambos concentradores vía una combinación de sistemas de correas nuevos y existentes. Los chancadores permanecerían en el mismo lugar actual (W9).

No se espera incrementar la flota de equipos mina y no requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.7. Alternativa 6: Escondida Túnel y Correas (ETC)

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo de las expansiones Este 3 y Sur 3 a través de la reubicación del sistema de correas *InPit* existente a un sistema de túneles saliendo hacia el sector Sur del rajo actual y finalmente, reconectar a ambos concentradores vía una combinación de sistemas de correas nuevos y existentes. Los chancadores permanecerían en el mismo lugar actual (W9).

No se espera incrementar la flota de equipos mina y no requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.8. Alternativa 7: Camiones en Escondida

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo de las expansiones Este 3 y Sur 3 a través del uso de camiones como sistema de transporte.

Esto consistiría en el desmantelamiento y remoción de los actuales sistema de correas *InPit*, dejando las estaciones de chancado, en su

ubicación actual de W9. Entonces, a través del uso de camiones se alimenta desde los silos existentes para el transporte de mineral chancado primario a una tolva con correa de alimentación situado *ExPit* para cargar la actual correa *overland* y así proporcionar alimentación a las dos concentradoras.

No se espera incrementar la flota de equipos mina y no requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.9. Alternativa 8: Reubicación Chancado Escondida

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo de las expansiones Este 3 y Sur 3 a través de la reubicación de las dos estaciones de chancado existentes a una nueva ubicación *InPit* e instalar un nuevo set de correas *InPit* que interactúen con la correa *overland* existente para alimentar a los 02 concentradoras.

No se espera incrementar la flota de equipos mina y no requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.10. Alternativa 9: Reubicación Chancado (nuevo)

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo de las expansiones Este 3 y Sur 3 a través de la reubicación de una estación de chancado, e instalar una estación de chancado nueva en una ubicación *InPit*, más la instalación de un nuevo set de correas *InPit* que interactúen con la correa *overland* existente para alimentar a los 02 concentradoras.

No se espera incrementar la flota de equipos mina y no requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.11. Alternativa 10: Chancado *ExPit* (nuevo)

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo de las expansiones Este 3 y Sur 3 a través de la reubicación de una estación de chancado existente más la instalación de una nueva estación de chancado, en una ubicación *ExPit*, además de la instalación de un nuevo set de correas *InPit* interconectadas que interactúen con la correa *overland* existente para alimentar a los 02 concentradoras.

No se espera incrementar la flota de equipos mina y no requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.2.12. Alternativa 11: Escondida Chancado *ExPit*

Objetivo: extraer el cuerpo mineralizado que está debajo de las expansiones Este 3 y Sur 3 a través de la reubicación de las dos estaciones de chancado existentes a una ubicación *ExPit* mas la instalación de un nuevo set de correas *InPit* interconectadas que interactúen con la correa *overland* existente para alimentar a los 02 concentradoras.

No se espera incrementar la flota de equipos mina y no requiere el desarrollo de nuevas expansiones en el rajo Escondida Norte.

3.3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA UNICA

El estudio de Selección busca evaluar cada alternativa independiente y por llegar a la conclusión de la mejor alternativa que resuelve el problema en base a los siguientes criterios:

- Disponibilidad de mineral
- Cumplimiento de hitos y fecha de entrega
- Costos (Opex / Capex)
- Riesgos
- NPV

Este proyecto busca mantener los actuales niveles de producción de cobre de Escondida; por tanto, la razón para descartar el análisis de alguna alternativa durante el período de estudio está basada en la disponibilidad de mineral. Es decir, si una alternativa físicamente podría proporcionar suficientes cantidades de mineral para las concentradoras y al nivel de costos e hitos desarrollados durante el estudio.

Siguiendo con este proceso, las 11 alternativas se redujeron a una lista corta de 4, que fueron evaluados mediante el modelo de evaluación económica de Escondida. La alternativa seleccionada es aquella que entregaba el NPV más alto.

Durante el estudio de Selección, el análisis de las alternativas 1, 2, 8 y 9 se suspendió por motivos de disponibilidad de mineral o restricciones operacionales. Por lo tanto, no se realizaron estimaciones de costos de *capital* o programas de trabajo. Las alternativas restantes fueron estudiadas a un nivel de ingeniería de tal manera que las estimaciones preliminares y programas de trabajo se podrían desarrollar. A medida que el costo y fechas de entrega se hacían evidentes, se hicieron comparaciones frecuentes entre las alternativas restantes. Cuando una alternativa demostraba un costo adicional significativo, plan de trabajo prolongado o riesgo significativo era descartada, hasta que solamente quedaron 4 alternativas (3, 4, 10 y 11). Ver tabla 11.

Tabla 11 RESUMEN DE ALTERNATIVAS ANALIZADAS

Alt	Descripción	En Estudio	Comentario	Capex	Etapa 1	Entrega a Operaciones
				US\$M	- NPV US\$M	
1	Escondida Norte	No	Mineral no disponible	N/A	N/A	N/A
2	Expansiones pared Norte Escondida	No	Riesgo operacional	N/A	N/A	N/A
3	E4/E5 seguido por EEC	Yes	En progreso	639	187	Sep11 + May14
4	E4/E5 seguido por S3 y seguido por EEC	Yes	En progreso	965	0	Sep11 + May14 + Jul16
5	Escondida Rampa Sur	No	Costo y plan de trabajo	929	N/A	Oct13
6	Escondida Túnel y Correas	No	Termino 2013. Capex > US\$ 1B	1,066	N/A	Dic13
7	Escondida – Camiones	No	Costo y plan de trabajo	506	N/A	Ago12
8	Reubicación Chancado <i>InPit</i>	No	No hay otra ubicación que no comprometa recursos	N/A	N/A	N/A
9	Reubicación Chancado <i>InPit</i> (nuevo chancado)	No	No hay otra ubicación que no comprometa recursos	N/A	N/A	N/A
10	Reubicación Chancado <i>ExPit</i> (nuevo chancado)	Yes	En Progreso	454	224	Oct12
11	Reubicación Chancado <i>ExPit</i> (chancado existente)	Yes	En Progreso	391	356	May12

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Estas últimas 4 alternativas fueron evaluadas económicamente, que identificó el mejor NPV en la alternativa 11.

La alternativa 11, Escondida Chancadores *ExPit* (ambos reubicados) fue informada como el siguiente paso después de W9. Sin embargo, después del rediseño del rajo Escondida y el más reciente plan de largo plazo, este proyecto ha sido adelantado del 2017 al 2012 para maximizar el tratamiento en las concentradoras con los minerales de mayor ley y de mejores características geometalúrgicas.

Además, al proceder con esta reubicación, se niega la necesidad de realizar reubicaciones intermedias previo a 2017 como estaba previsto, reduciendo la necesidad de Capex. Una vez completado, el proyecto liberará de cualquier infraestructura *InPit* que pueda obstaculizar el desarrollo futuro del yacimiento.

Descripción de la Alternativa a Optimizar

El proyecto consiste en la explotación de las expansiones Este y Sur del rajo Escondida, a través de la reubicación de los chancados 2 y 3 fuera del rajo Escondida. Ambos chancados son reutilizados.

- Ambas estaciones de chancado serán reubicadas fuera del actual límite de *pit* final según el LoA10 (FY2042) más un límite de seguridad adicional de 250 m. Ver figura 34.
 - La elevación actual de las estaciones de chancado 2 y 3 *InPit* es de aproximadamente 2,830 msnm. Una vez completado el traslado estará a una altura de 3,087 msnm
- El transporte de minerales ROM (run of mine) a las estaciones de chancado será llevada a cabo usando 09 camiones adicionales.
- El mineral chancado será transportado vía correas nuevas a las líneas de correas A y B existentes.
 - La capacidad de diseño de las correas A y B es 8,800 tph y 7000 tph, respectivamente.

- Las instalaciones que quedarían InPit posterior a la reubicación de los chancados 2 y 3 serán desmanteladas y las fundaciones demolidas con la finalidad de dejar el área lista para cualquier requerimiento de actividad de extracción.
- Los chancados serán reubicados en el sector llamado Dique H, al este del rajo Escondida. Ver figura 31.
- La operación del proyecto EOA está prevista para 365 días / año, 24 horas al día. La planta tendrá una disponibilidad del 90% y un factor de utilización según el requerimiento del plan.

3.4. OPTIMIZACION PLAN DE PRODUCCION

El desarrollo de los planes mineros utilizados en la evaluación del proyecto EOA, han considerado planes “fit-for-purpose”, que utilizan como base al LoA11 y Modelo de Recursos Junio 2009. El proyecto LSD es parte integrante de los planes ya que a partir del FY13 se considera el proyecto en operación.



Figura 31 UBICACION EXISTENTE Y NUEVA- CHANCADO 2 & 3
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Un resumen de los planes considerados para evaluar la etapa de definición del proyecto EOA son los siguientes:

Optimized Without Alternative (OWO): LoA11 + LSD

Optimized Without Alternative (OW): LoA11+ LSD + EOA

La tabla 12 muestra las principales consideraciones tomadas en el desarrollo de los planes mineros.

Tabla 12 SUPUESTOS DE PLANES MINEROS- PROYECTO EOA

		OWO	OW
Geología	Modelo Geológico	LoA11 – Jun 2009	LoA11 – Jun 2009
	Modelo Geometalúrgico	Jun 2009 + LSD	Jun 2009 + LSD
Planificación	Modelo Geotécnico	LoA11 – 5YP	LoA11 – 5YP
	<i>Pit</i> Final	LoA11	LoA11
	Diseño de expansiones	Rediseño de PLs	LoA11 – 5YP
	Plan de Minado	Nuevo	LoA11 – 5YP
	Optimizado		
	Secuencia de Mina	Nuevo	2YB+5YP+LoA11
	Topografía Inicial	LoA11 – 5YP	2YB
	Actualización de Stockpile	LoA11 – 5YP	2YB
Mina	Parámetros Operacionales	LoA11 – 5YP	2YB+5YP+LoA11
	Parámetros de Mantenimiento Mina	LoA11 – 5YP	2YB+5YP+LoA11
	Parámetros de Chancado	LoA11	LoA11
Concentradora	Capacidad	LoA11 + LSD	LoA11 + LSD
	<i>Run Time</i>	LoA11	2YB+5YP+LoA11
	Recuperación	Modelo Geometalúrgico + PIP	Modelo Geometalúrgico + PIP
	Capacidad de Planta de Filtros	Nuevo	Nuevo
Cátodos	Planta Óxidos	LoA11 – 5YP	LoA11 – 5YP
	Planta Sulphide Leach	LoA11 – 5YP	LoA11 – 5YP
Proyecto	<i>Tie-ins</i>	N/A	Nuevo
	Fecha de Entrega a Operaciones	N/A	Nuevo
	Inicio de explotación de S4C	N/A	Mayo 2012
	Interacción con otros proyectos	LSD + PIP	LSD + PIP

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

A. Optimized Without Alternative (OWO):

Considera que no se invierte en movimientos de correas y el chancado continúa al interior del *pit*, en la misma configuración actual. Esto implica un cambio en la secuencia de extracción para compensar el mineral que queda cautivo bajo el sector de las correas. Ver figura 32. Asimismo, considera el cierre de Los Colorados el FY21.

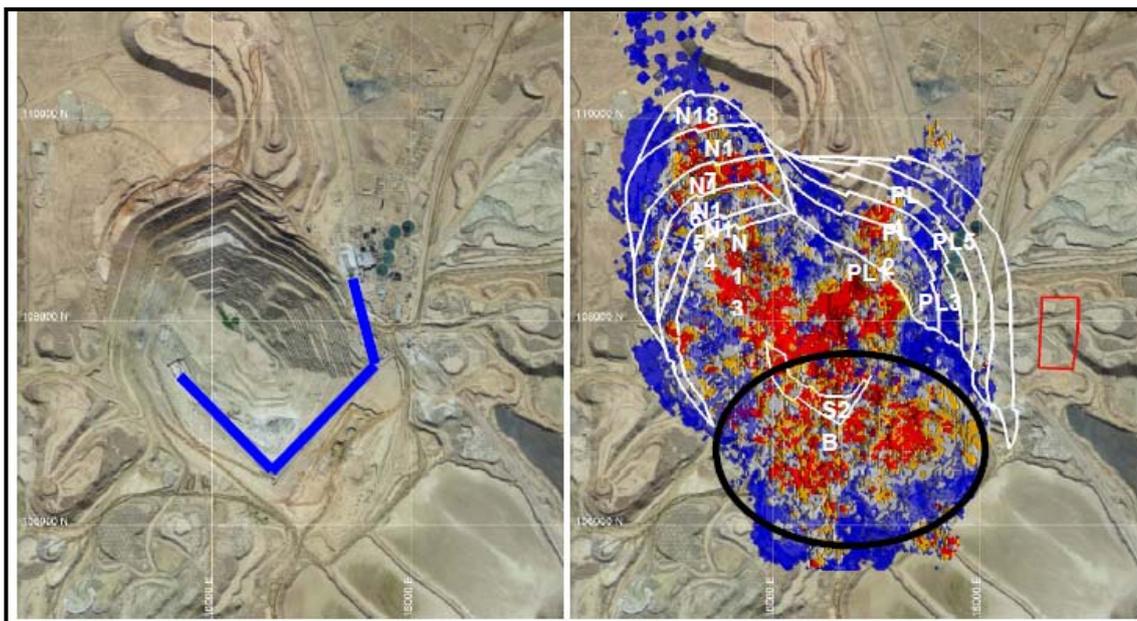


Figura 32 IMPACTO OWO EN SECUENCIA DE EXPANSIONES
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

El no mover las correas significa que las expansiones E4C, E5C, E6, E7, S3C, S4 y S5 no pueden ser explotadas y quedan cautivas en forma permanente bajo la infraestructura de las correas. Esto implica que el mineral contenido en dichas expansiones no puede ser extraído a través de minado a cielo abierto, impactando en forma significativa la producción de cobre fino en la vida de la mina.

Las expansiones fueron optimizadas especialmente en los empalmes con las expansiones PL's, para maximizar la extracción de mineral, Tal como se aprecia en la figura 33.

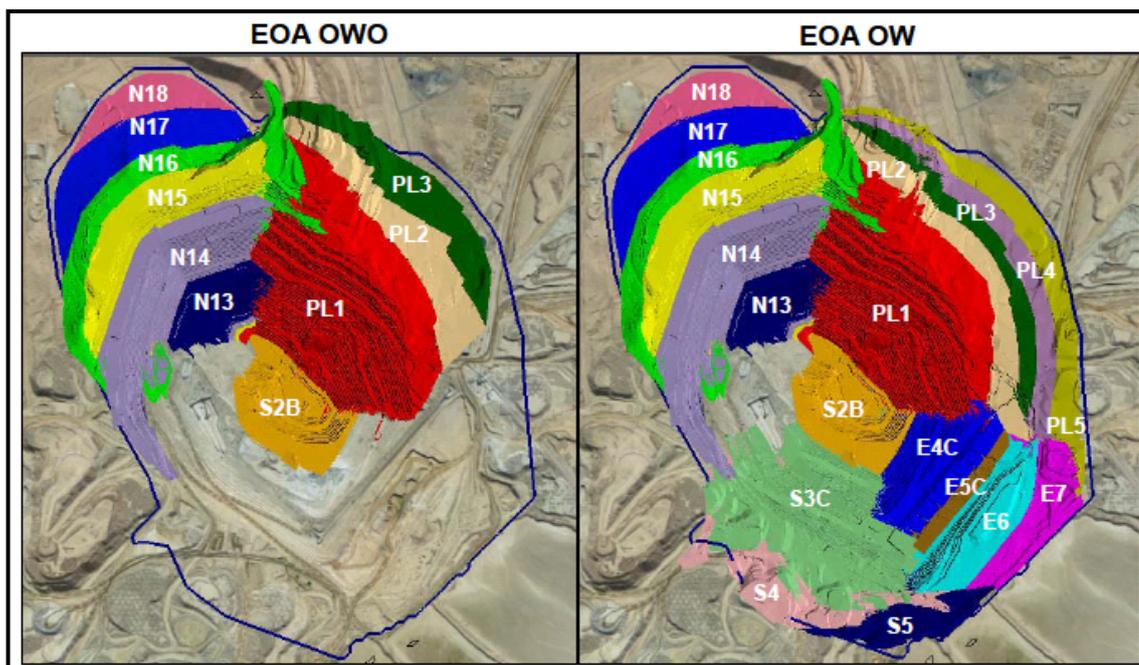


Figura 33 SECUENCIA OPTIMIZADA DE EXPANSIONES
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

B. Optimized Witht Alternative (OW):

Mueve los chancados fuera del *pit* a su nueva posición cerca de la actual ubicación el chancado 1 en Abril del FY12. Se requieren dos nuevas correas para conectar los chancados a las actuales transferencias para distribuir la alimentación hacia ambas concentradoras, manteniendo la configuración actual de distribución de carga hacia ambas concentradoras, tal como se muestra en la figura 34. Asimismo, considera la salida de la planta Los Colorados el FY16, debido a la necesidad de mineral que se genera al no mover las expansiones Sur Este.

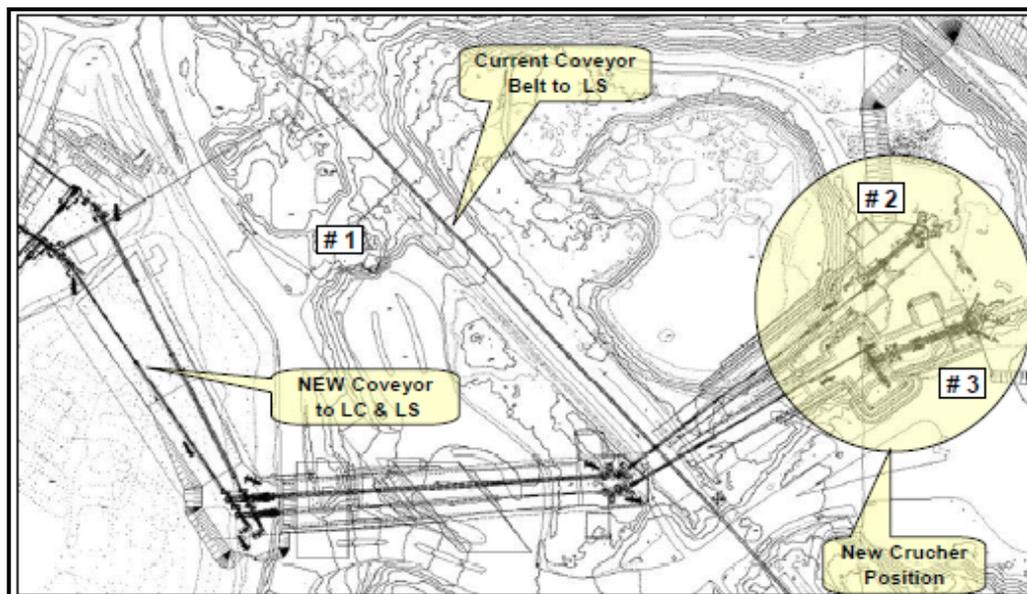


Figura 34 INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO EOA

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Cuando los chancados son reubicados se inicia el desmantelamiento de las correas al interior del *pit* para entregar las áreas a la operación e iniciar la explotación de las expansiones sur este. La figura 35 muestra las principales actividades en relación a la reubicación de los chancados.

El desmantelamiento de las correas se produce por etapas según las últimas fechas de entrega a operaciones (*handover*) entregadas por proyectos. La secuencia de *handover* y las fechas programados son mostradas en la figura 36.

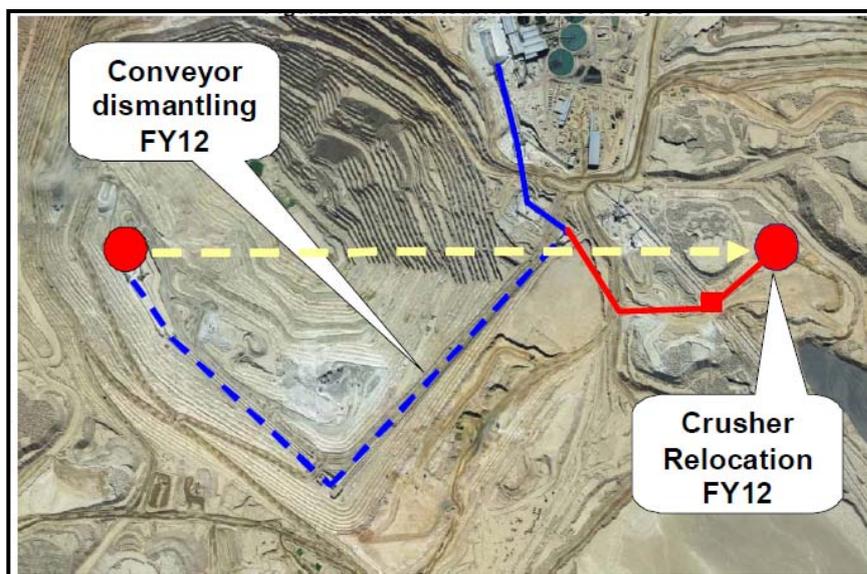


Figura 35 PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL PROYECTO EOA
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

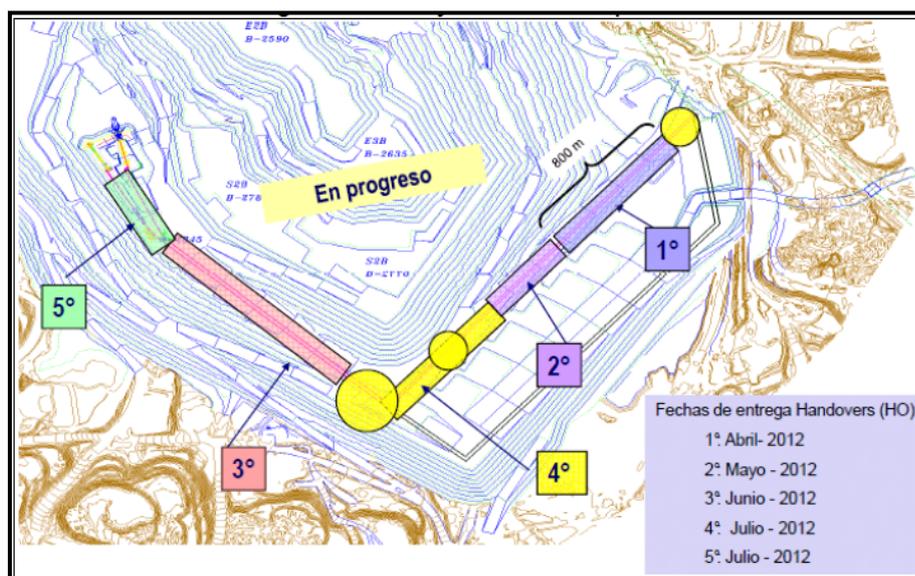


Figura 36 SECUENCIA DE ENTREGA DE CORREAS
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Una vez que los chancados son ubicados fuera del *pit*, requieren una mayor distancia de acarreo con respecto a la posición actual y, por tanto, se incrementa el número de camiones requerido para compensar el efecto

de la mayor distancia. Los camiones adicionales son parte del plan y son utilizados para evaluar económicamente el proyecto.

En la ubicación actual de chancados y correas, el flujo principal de camiones hacia botaderos y pila de SL se realiza por la Plaza Italia. Sin embargo, con el retiro de las correas y el desarrollo de la mina hacia el sector Este, la salida principal de la mina también se desplaza en esa dirección, y la plaza Italia deja de ser un punto de alto tránsito. Por otra parte, el diseño de los chancados y plataformas de acceso considera nuevos caminos que segregan el flujo de camiones entregando mayor flexibilidad con respecto a la situación actual.

El proyecto también considera la construcción de un segundo atravesado por las correas *overland* que permite independizar el flujo de camiones entre los chancados y *Lixiviación de Sulfuros de Baja Ley* / botaderos. Además de dos accesos hacia la plataforma del chancado para minerales desde el lado norte y desde el fondo mina. Ver figura 37.

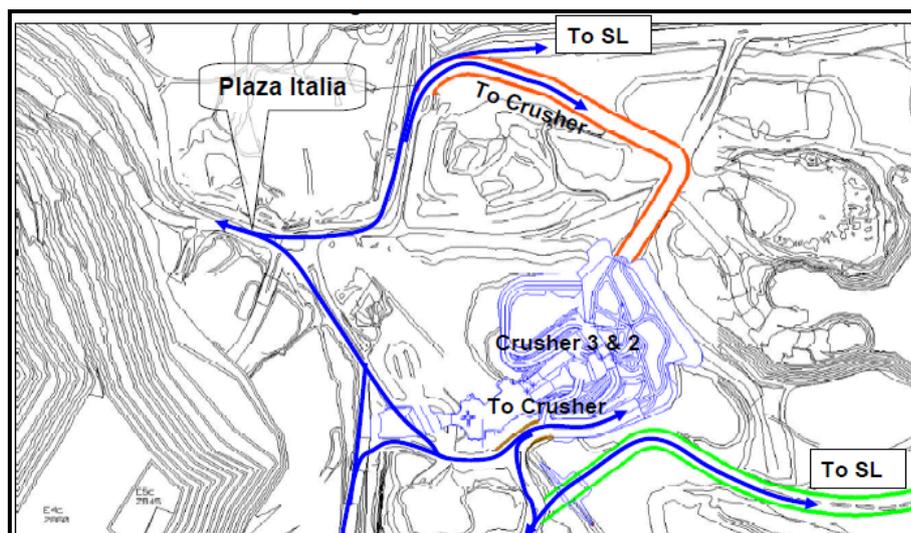


Figura 37 CIRCUITOS MINA FY14

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Se realizó un estudio de tráfico, usando la herramienta de Simulación de Modular® para simular el flujo de camiones en los distintos circuitos basado en los años más críticos. Es decir, con la mayor cantidad de tonelaje pasando por algún nodo en particular. Las consideraciones para estudio fueron:

- Incremento de flota de camiones, debido a mayor distancia al chancado
- Aumento del tonelaje hacia chancado debido al proyecto LSD
- Nueva configuración de caminos mineros

Los resultados del estudio muestran que no se sobrepasan los máximos niveles históricos de flujo por nodo. Por tanto, se concluye que con los chancados fuera del *pit* no incrementa la condición de riesgo actual en el tránsito de camiones.

Desde el punto de vista de secuencia de extracción mina, existen diferencias significativas entre los planes debido el efecto de no extraer las expansiones Sur-Este del rajo Escondida, lo cual reduce el movimiento total y *ExPit*, así como la alimentación a los procesos del OWO, que finalmente se traduce en un pérdida de producción de cobre respecto al OW. Ver tabla 13.

Tabla 13 COMPARATIVO PLANES MINEROS – PROYECTO EOA

	Unidades	OWO	OW	Diferencia
Movimiento Mina				
Total Material Movido	M t	10.035	14.625	4.590
Total Material <i>ExPit</i>	M t	9.196	13.243	4.046
Re-manejo	M t	839	1.382	543
Concentradora				
Tratamiento	M t	1.518	2.296	778
Ley de Cabeza	% CuT	1,00%	0,93%	-0,07%
Recuperación	%	85,0%	84,5%	-0,5%
Cobre en Concentrado	'000 t	12.903	18.102	5.199
Lixiviación de Sulfuros				
Alimentación	M t	2.885	4.528	1.643
Ley de Cabeza	%CuT	0,46%	0,47%	0,01%
Recuperación	%	30,2%	29,6%	-0,6%
Cobre en Cátodos	'000 t	3.860	5.923	2.063
Lixiviación de Óxidos				
Alimentación	M t	144	154	10
Ley de Cabeza	%CuT	0,73%	0,81%	0,07%
Recuperación	%	68,0%	68,0%	-
Cobre en Cátodos	'000 t	719	844	126
Cobre Producido Total	'000 t	17.481	24.869	7.388
Vida de la Mina	FY	38	52	14

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

La no extracción de las expansiones Sur-Este tiene un impacto en la alimentación a todos los procesos, especialmente en Concentradora y *Lixiviación de Sulfuros de Baja Ley*, con una pérdida significativa en la producción de cobre fino y una reducción de la vida de la mina de 14 años, lo cual justifica ampliamente la inversión en el movimiento de los

chancados fuera del *pit* y el retiro de las correas que impiden el acceso a los minerales de mejor ley en la expansión S3C.

La configuración de correas dejada por el proyecto EOA no introduce cambios respecto de la configuración actual, lo cual no cambia la forma de operar los chancados y se mantiene de igual forma el concepto de distribución de Escondida Norte hacia ambas concentradoras. El proyecto considera que el acceso hacia la plataforma del chancado 1 queda habilitado para permitir continuar con la alimentación a este chancado cuando sea requerido. El chancado 1 no es parte de los planes de alimentación. Sin embargo opera en reserva frente a imprevistos de cualquier naturaleza y ha demostrado gran utilidad en el pasado.

La zona seleccionada para la ubicación de los chancados se encuentra fuera del límite del *pit* final del LoA 11. Este lugar fue analizado ampliamente y no existe otra área disponible que presente mayor ventaja respecto de esta. El área seleccionada tiene recursos minerales a gran profundidad, susceptibles de ser explotados en el largo plazo, sin embargo un estudio de condenación indica que esta área no será demandada en al menos 30 años.

C. Plan de Producción de la Alternativa Seleccionada

A continuación se detallan figuras que representan los planes de producción OW y OWO que recomendó el proyecto para la etapa de ejecución. Además, se incluye en el anexo 1, la secuencia de explotación.

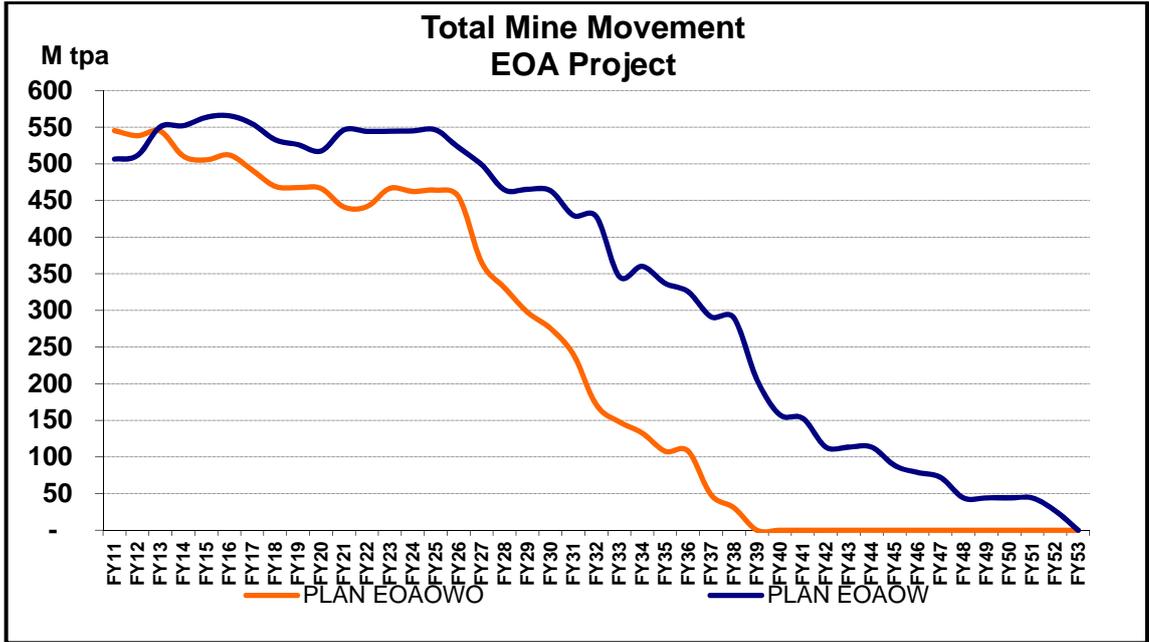


Figura 38 MOVIMIENTO TOTAL MINA
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

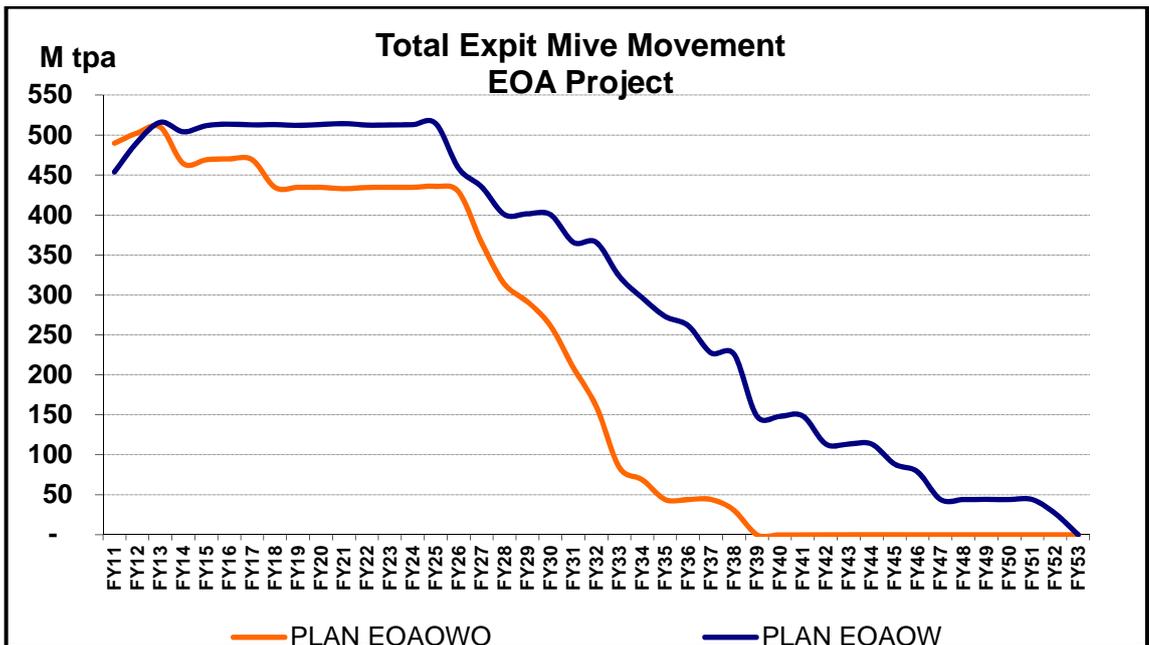


Figura 39 MOVIMIENTO TOTAL EXPIT
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

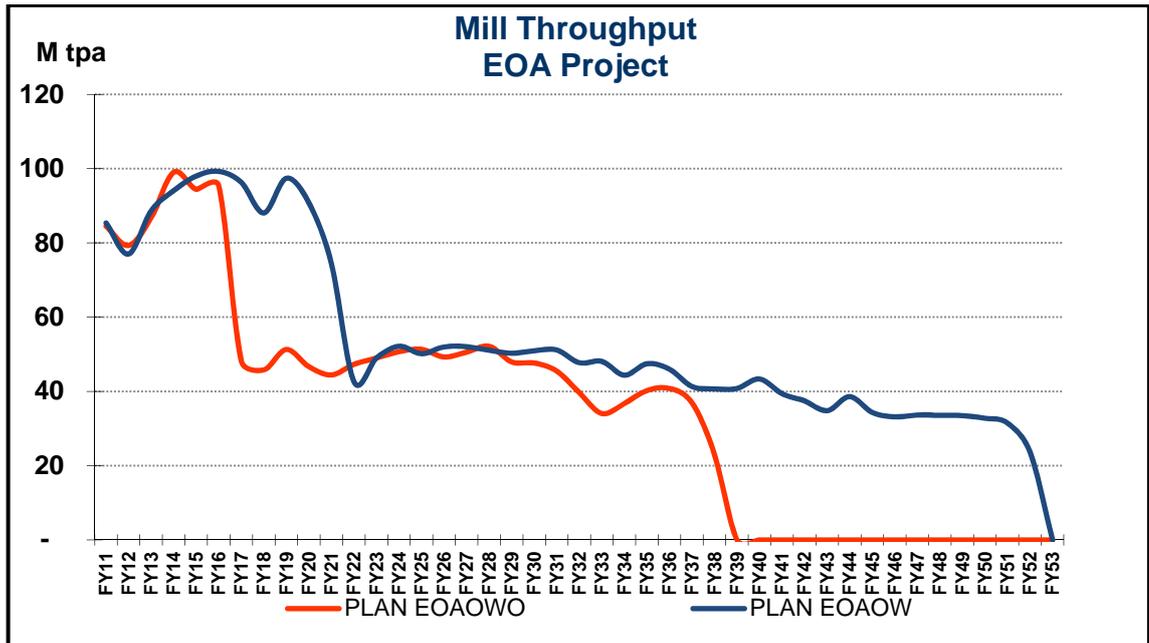


Figura 40 ALIMENTACIÓN DE MINERAL A CONCENTRADORA
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

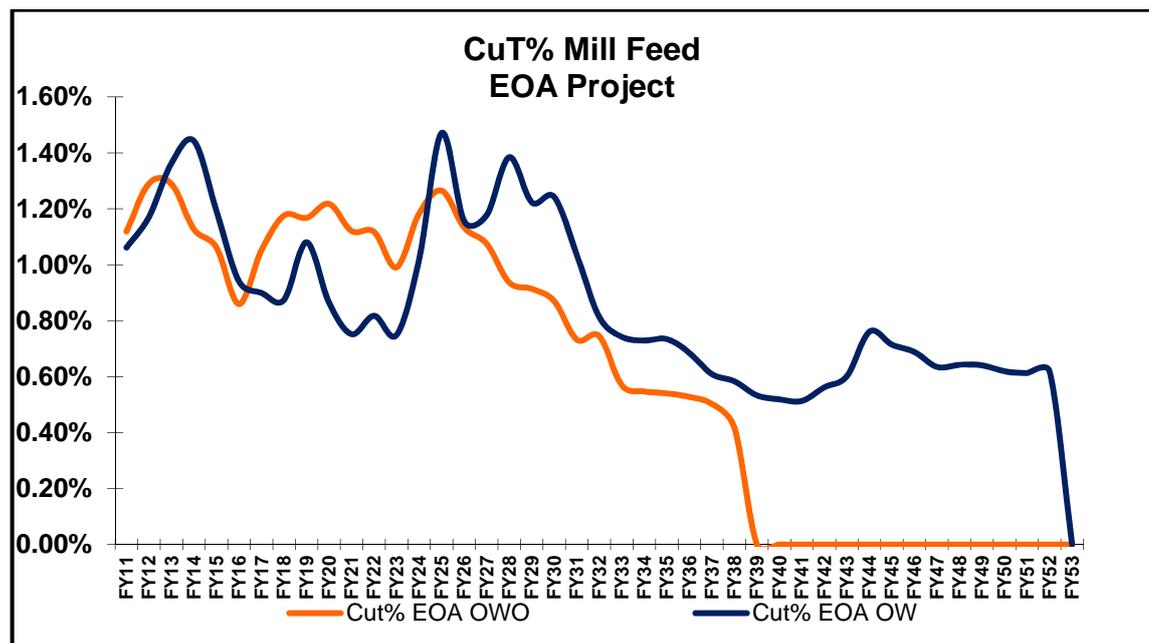


Figura 41 LEYES DE ALIMENTACIÓN A LA CONCENTRADORA
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

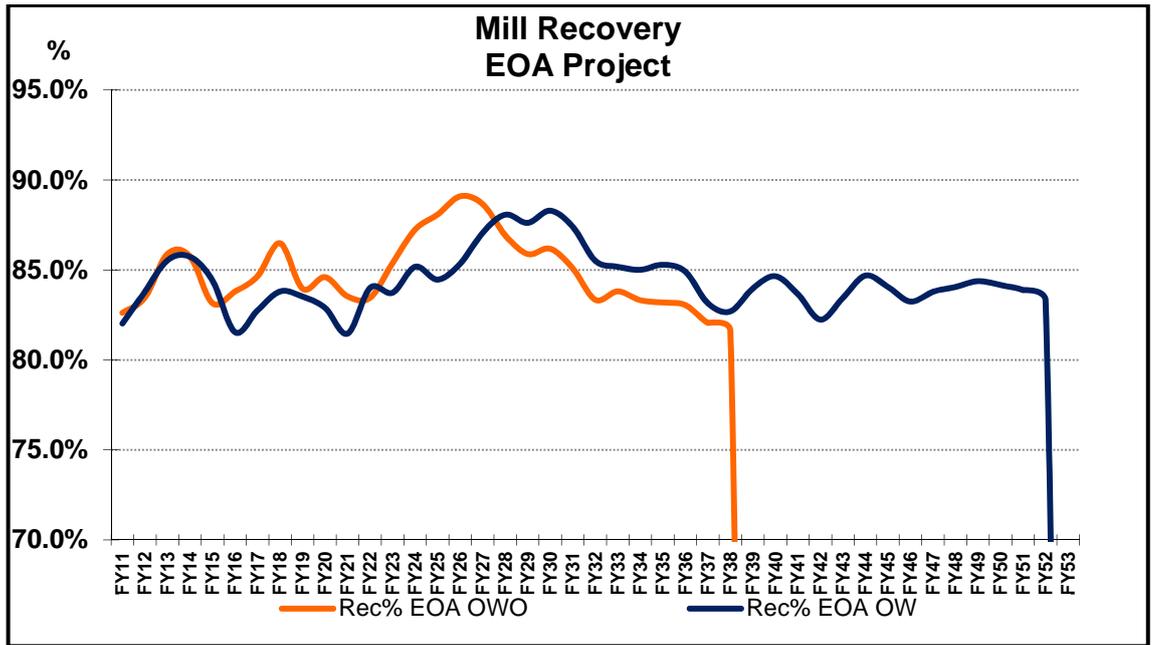


Figura 42 RECUPERACIÓN EN CONCENTRADORA

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

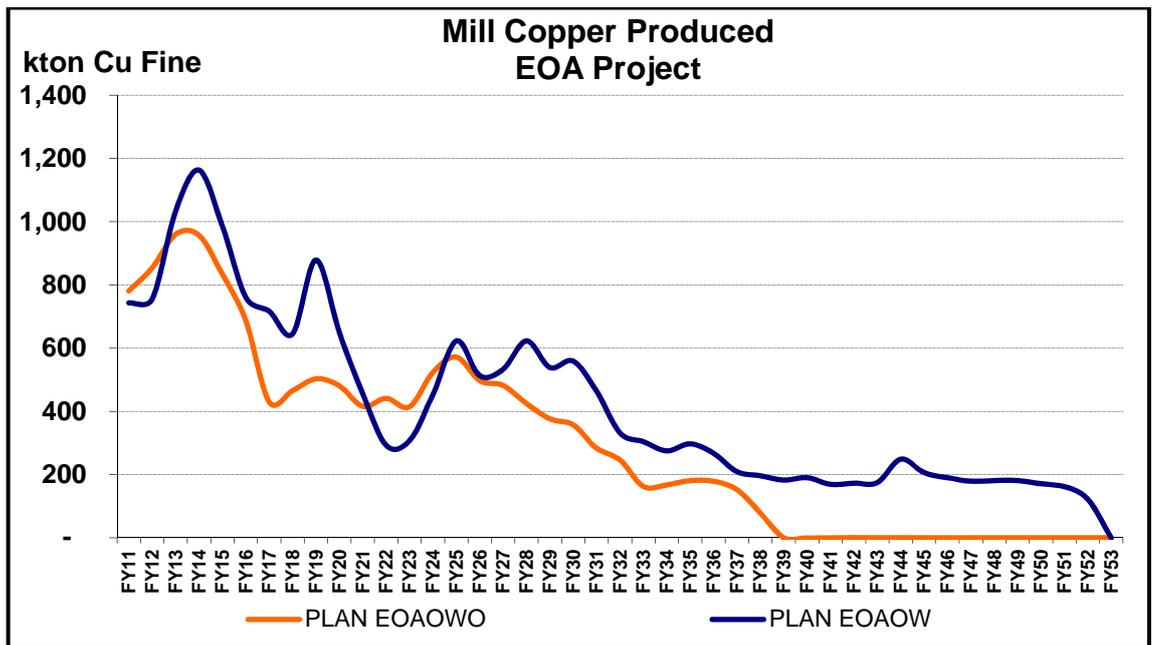


Figura 43 PRODUCCIÓN DE COBRE EN CONCENTRADORA

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

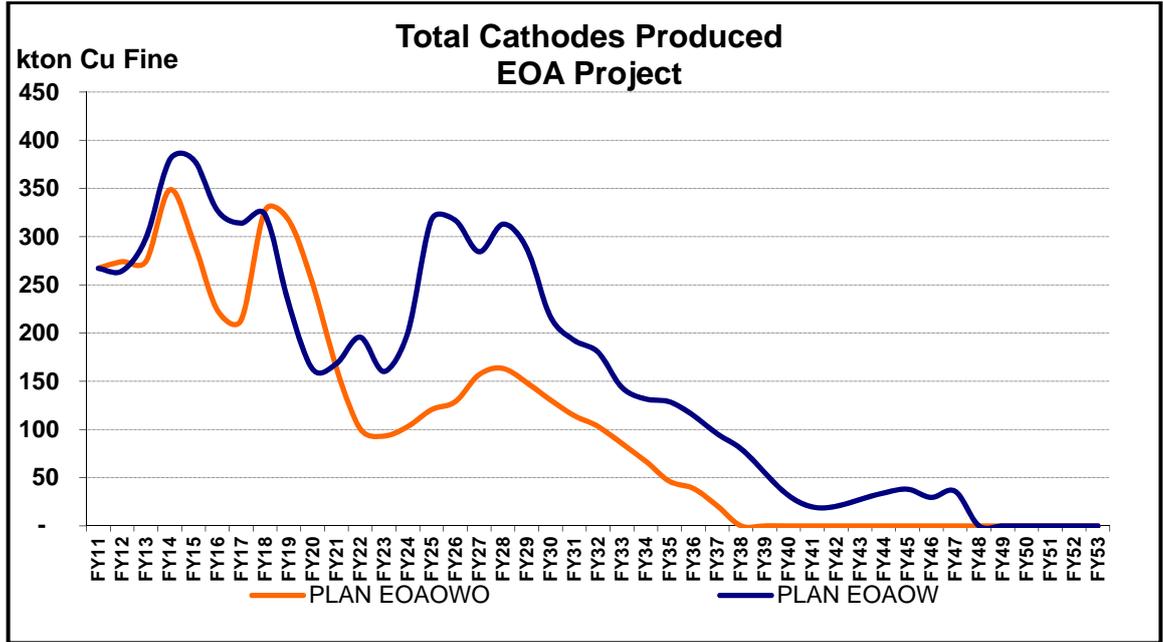


Figura 44 PRODUCCIÓN TOTAL DE CÁTODOS

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

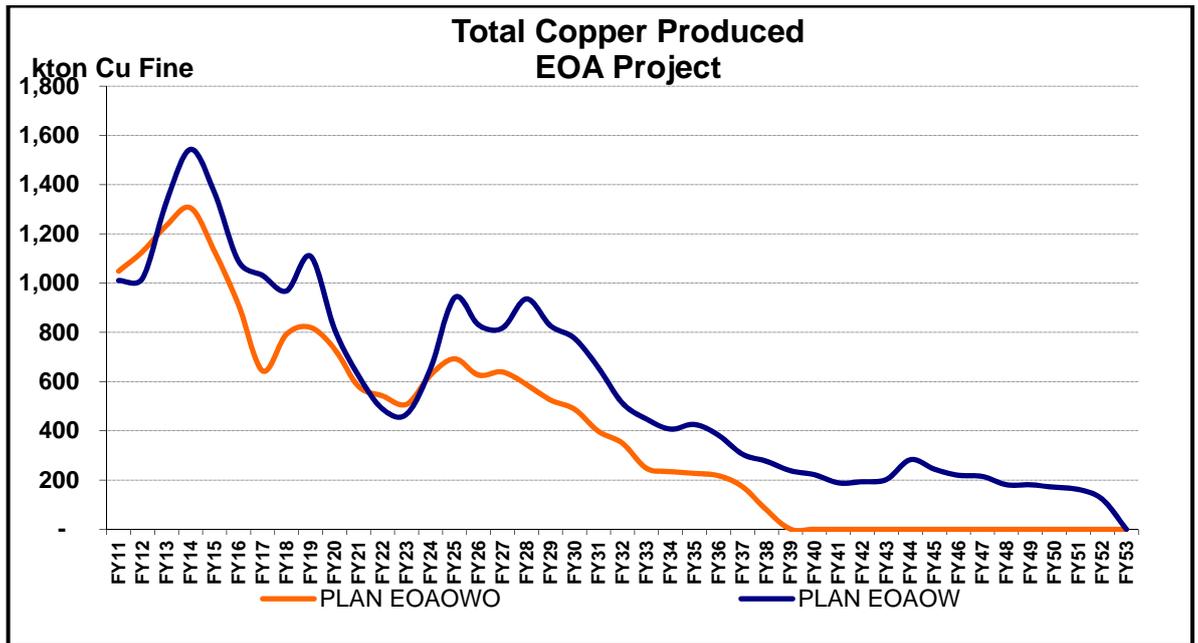


Figura 45 PRODUCCIÓN TOTAL DE COBRE

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

CAPITULO IV

EVALUACION DE RIESGOS Y ECONOMICA

4.1. CRITERIOS DE EVALUACION DE RIESGOS

La evaluación de riesgos del Proyecto EOA, está basada en metodología de BHP Billiton. Esta evaluación considera las siguientes actividades:

- Definición de la materialidad del proyecto.
- Identificación y evaluación de los riesgos materiales y eventos.
- Identificación de las causas e impactos.
- Identificación de los controles existentes y las acciones posteriores.
- Identificación de los dueños de los controles existentes y el propietario de las acciones futuras.
- Talleres de evaluación de riesgos.

4.2. DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES RIESGOS

La evaluación de riesgo ha identificado 03 Riesgos y 19 Eventos Materiales; los cuales se describen a continuación:

4.2.1. Riesgo 1: No cumplir con el calendario del proyecto

Cualquier retraso en la fecha de finalización estimado tendrá un impacto negativo sobre los beneficios económicos del Proyecto. Todos los riesgos operacionales, tales como la interferencia con las operaciones, han sido capturados dentro de este riesgo para evitar cualquier impacto que el proyecto podría tener en las operaciones existentes durante la ejecución. Este problema de riesgo tiene 14 eventos relevantes:

- Retraso en la construcción de obras civiles de las nuevas estaciones de chancado
- Ramp-up del sistema de chancado y correas más largo de lo estimado (Chancados 2 & 3)
- Retraso en la entrega de áreas comprometidas (plataformas, trabajos tempranos)
- Retrasos en los empalmes durante la ejecución (incluye movimiento de equipos)
- Retraso en desmantelar el área S3C (entrega a operaciones 4)
- Retraso en la primera entrega a operaciones
- Retraso en abastecer equipos y estructuras

- Falta de disponibilidad en el campamento, debido a variaciones en la fuerza laboral del proyecto
- Movilidad del personal clave del *EPCM*
- Perdida de personas clave del *Owner Team*
- Retraso en la movilización y adjudicación de contratos
- Falla catastrófica durante la implementación
- Falla en la identificación de interferencias con otros proyectos
- Retraso en la ejecución de trabajos de ensamble electromecánico

A continuación se describen los eventos de riesgos que más impactan a la operación minera:

A. *Ramp-up* del sistema de chancado y correas más largo de lo estimado (Crushers 2 & 3):

La causa identificada es el tiempo programado para el *Ramp-Up* del sistema de chancado y correas, que podría ser más largo debido a problemas con el equipo existente y los posibles daños al chancado 2 (repuestos).

Controles identificados:

- Identificación temprana de repuestos;
- Plan detallado para los empalmes (*tie-ins*) de pre-comisionamiento y puesta en marcha para disminuir la incertidumbre del estado del equipo durante la ejecución.

B. Retraso en desmantelar el área S3C (entrega a operaciones 4)

Las causas identificadas para este evento son las interferencias entre los trabajos de desmantelamiento del sistema actual de correas con el minado en el área de S3C y / o interferencia con los equipos más importantes de caminos mineros. Controles identificados:

- Coordinación temprana con Operaciones Mina de Escondida para evitar / reducir las posibles interferencias.

C. Retraso en la primera entrega a operaciones

Algunas de las causas que podrían retrasar la primera entrega son el resultado de los servicios no incluidos en los planos y / o las malas condiciones de la carretera. Controles identificados:

- Identificación de interferencias con los servicios MEL antes de realizar cualquier excavación, para detectar posibles interferencias con anticipación,
- Mantenimiento preventivo por MEL de las correas aguas arriba del límite de batería del proyecto para disminuir la posibilidad de falla de las instalaciones.

4.2.2. Riesgo 2: No cumplir con el Capex del Proyecto

El riesgo de aumentar el *CAPEX* aprobado para el Proyecto y que impacte de manera negativa los beneficios económicos, así como el potencial de afectar la operación existente. Los principales eventos son:

- La falta de disponibilidad de ALE o similar (movimiento de equipo pesado)
- No cumplir con LoA11 debido a disponibilidad y / o la calidad del mineral
- Retraso en la llegada de equipos y suministros para la faena

4.2.3. Riesgo 3: Incidentes HSEC

Dado el nivel de actividad que se desarrollará durante la etapa de construcción, un accidente significativo potencial con ocurrencia de uno o más fatalidades es un escenario a analizar. Los principales eventos son:

- Incidentes en las rutas (dentro de MEL y / o ruta B-475) durante la fase de ejecución
- Incidente significativo durante las primeras obras y la fase de ejecución

4.3. CRITERIOS DE EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica de este proyecto está alineada con los estándares de BHP Billiton de Evaluación de Inversión (IES).

La metodología considera el valor incremental asociado con la ejecución del proyecto, a través de la diferencia de las alternativas: "con proyecto" menos "sin proyecto" (es decir, no la ejecución de la construcción y explotación de EOA).

En la etapa de Selección se identificaron once alternativas. La evaluación final de inversión se desarrolló plenamente durante dos alternativas, mientras que las alternativas restantes fueron rechazadas sobre la base de razones técnicas, o su baja propuesta de valor en comparación con la alternativa “sin proyecto”.

La actividad principal de Escondida es la producción de cobre y este proyecto tiene como objetivo optimizar la secuencia de minado del rajo Escondida, permitiendo el acceso a mineral de mayores leyes, maximizando el NPV y asegurando la disponibilidad de mineral de material en términos de tiempo de calidad, cantidad y afines.

El modelo de evaluación económica utilizado para evaluar el impacto incremental de cada alternativa ha sido desarrollado en base al modelo de evaluación de Escondida. El precio del cobre se basa en los protocolos de precios de BHP Billiton de Septiembre 2009 para los escenarios bajo, medio y alto.

A. *Optimized Without Alternative (OWO)* – “Sin Proyecto”:

Considera que el sistema de chancado y correas quedan en su lugar actual por el resto de la vida de la mina, restringiendo el acceso a minerales; y por lo tanto afecta la producción de cobre fino en cátodos y concentrados, de acuerdo con el plan LoA10.

B. With Alternative – “Con Proyecto”:

Considera una serie de alternativas basadas en el perfil de producción que varían en función a distintos programas de producción que permite el acceso al mineral de alta ley. El resultado de la mejor alternativa, es la que será el “*Optimized With Alternative (OW)*”.

4.4. ANALISIS DETERMINISTICO Y PROBABILISITCO

La evaluación económica considera los flujos de caja a partir del año fiscal 2010 (FY2010) hasta el final de la vida de la mina.

Al cierre del estudio de Selección, se evaluaron económicamente las alternativas 3 y 11. La diferencia entre el flujo de caja resultante de cada alternativa se ha considerado como el flujo de caja incremental atribuible a la alternativa de ejecución del proyecto. El método de flujo de caja descontado (DFCF por sus siglas en inglés) se aplicó para determinar el valor del proyecto y las tasas de retorno de la inversión.

Cada modelo incluye todas las variables relevantes para la inversión, costos operativos, ingresos e impuestos.

4.4.1. Evaluación Determinística

Los resultados de la evaluación determinística se detallan en la tabla 14.

Tabla 14 EVALUACIÓN ECONÓMICA DETERMINÍSTICA

Fecha Evaluación

01 Ene 2010

		EOA Alternativa 11		EOA Alternativa 3	
		NPV 100% MEL	Valor NPV BHPBilliton Nv3 (57.5%)	NPV 100% MEL	Valor NPV BHPBilliton Nv3 (57.5%)
Valor Mid Determinístico	US\$M	1.894	1.102	1.741	1.013
Tasa Interna de Retorno Determinística	%	67,2%	67,5%	73,2%	73,6%

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Después de un análisis detallado y completo de evaluación económica de las alternativas 3 y 11 y teniendo en cuenta el NPV de cada una, la alternativa seleccionada es 11: reubicación del chancado a ubicación *ExPit*. Esta elección está amparada por el perfil de producción de cobre de la alternativa, el acceso a mineral de más alta ley que las otras alternativas.

La alternativa 11 constituye la mejor opción para el proyecto EOA considerando lo siguiente:

- El costo de inversión más bajo (*Capex*)
- La implementación del proyecto se ejecuta en una sola fase, en comparación con otras alternativas donde es necesario varias fases diferidas.
- Mejora la situación en términos de acceso al mineral de más alta ley, desde que las fases E4B, E5B y S3 son completamente liberadas y una vez que las instalaciones actuales son desmantelados.

Un resumen de la evaluación determinística, se adjunta en las tablas 15 y 16.

Tabla 15 INVERSIÓN PROYECTO EOA – ALTERNATIVA 11

Valuation Date	01 January 10	EOA Project	
NPV - BHP Billiton Shareholder Value level 3 (57.5%)		US\$ M	1.102
NPV - 100% Escondida Asset		US\$ M	1.894
Internal Rate of Return (IRR) level 3		%	67,5%
Payback from Valuation Date		years	4,1
Capital Investment, nominal Escondida 100%, Mid Case			
Investment on FY10		US\$ M	18,4
Investment on FY11		US\$ M	176,6
Investment on FY12		US\$ M	170,5
Investment on FY13		US\$ M	67,7
Total Investment		US\$ M	433,3
Capital Investment, nominal BHP Billiton Share 57.5%, Mid Case			
Investment on FY10		US\$ M	10,6
Investment on FY11		US\$ M	101,6
Investment on FY12			98,0
Investment on FY13		US\$ M	39,0
Total Investment		US\$ M	249,1

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Tabla 16 EVALUACIÓN ECONÓMICA ALTERNATIVA 11

Fecha Evaluación		01 Ene 2010	
		EOA – Alternative 11	
		NPV 100%	Valor NPV BHPBilliton Nv3 (57.5%)
		MEL	
Valor Mid Determinístico	US\$M	1.894	1.102
Tasa Interna de Retorno Determinística	%	67,2%	67,5%

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

Diferentes escenarios de evaluación fueron definidos con el fin de completar una evaluación económica determinística: optimista (caso alto), neutral al riesgo (caso medio) y pesimista (caso bajo). En la tabla 17, se adjunta la matriz de evaluaciones de escenarios:

Tabla 17 MATRIZ VALUACIÓN DETERMINÍSTICA ALTERNATIVA 11

Proyecto EOA
 Ev. Económica
 Términos Reales 01 Ene 10

Casos de Inversión	Escondida Precio Cobre			Valor BHP Billiton 57.5% Precio Cobre		
	Bajo NPV	Medio NPV	Alto NPV	Bajo NPV	Medio NPV	Alto NPV
Bajo	(865)	1.231	2.810	(491)	719	1.633
Medio	356	1.894	3.787	212	1.102	2.195
Alto	950	2.499	4.484	554	1.450	2.597

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

El NPV adicional de la alternativa 11 es fuertemente sensible al precio del cobre. Otras variables que sensibilizan el valor de la inversión fueron: recuperación de cobre en los concentradores, ley del mineral en concentradora y el rendimiento en el equipo, gastos de *capital*, el inicio del proyecto, costos de tratamiento y refinamiento, energía, petróleo y ácido sulfúrico. Ver figura 46.

La evolución de los flujos de caja, NPV incremental para los dos casos ("sin proyecto" y "con proyecto") y la producción de cobre incremental, se muestran a continuación. Ver figuras 47, 48 y 49.

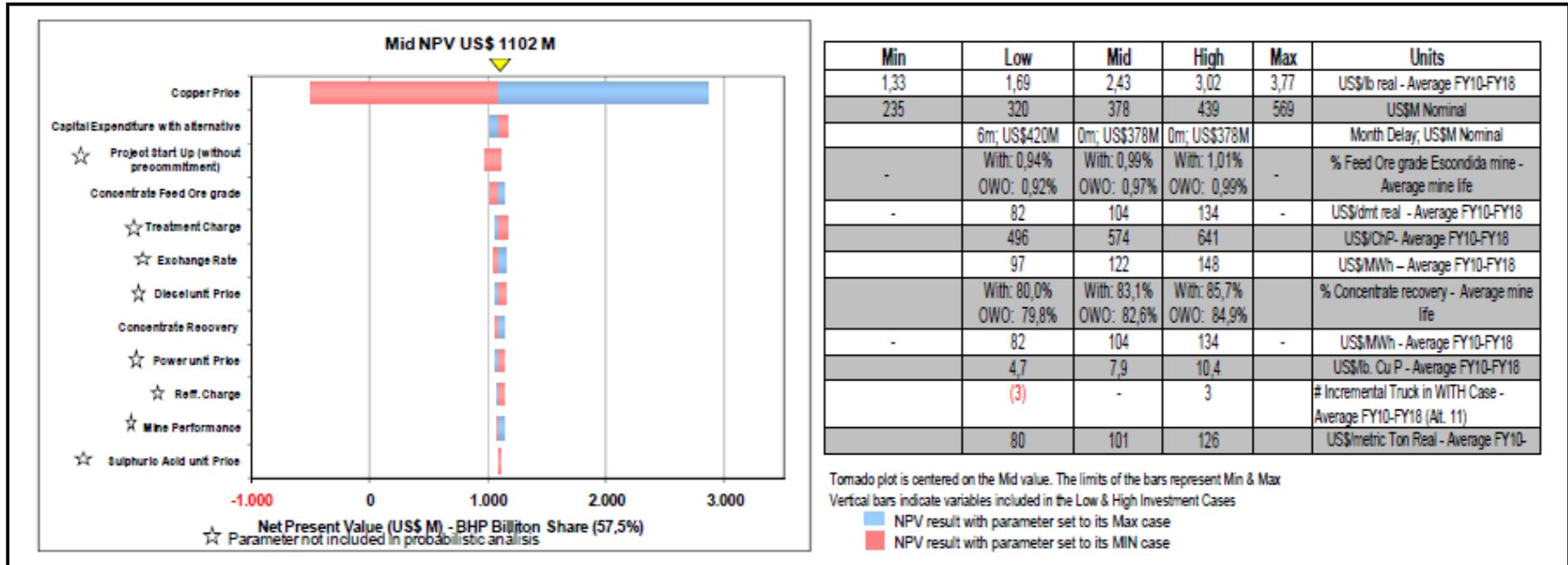


Figura 46 SENSIBILIDAD DE NPV – ALTERNATIVA 11

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

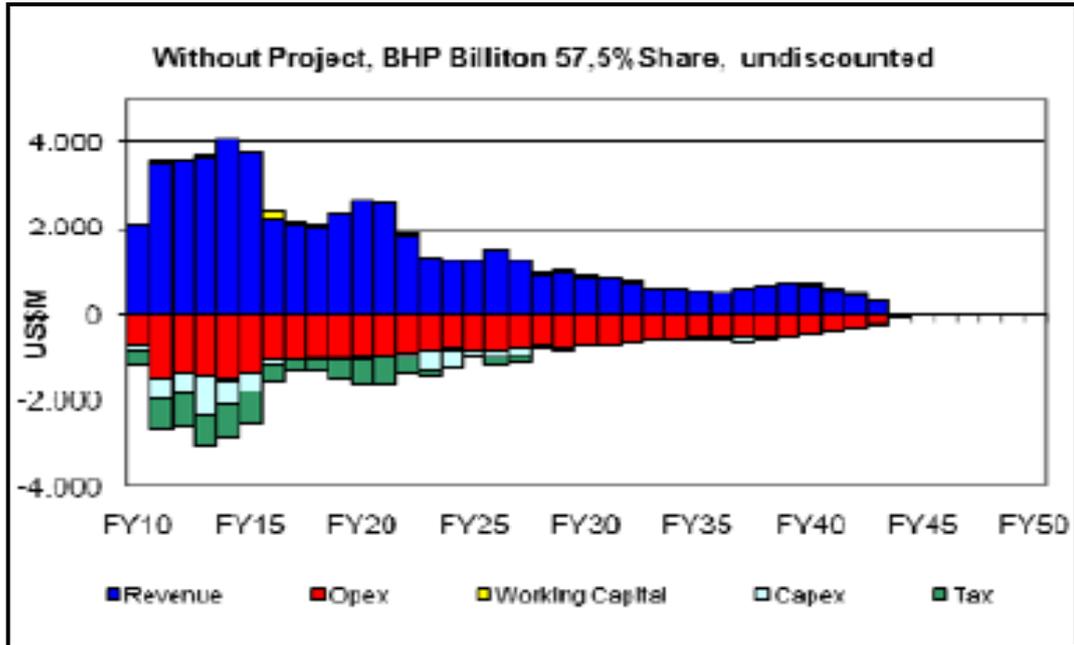


Figura 47 FLUJOS DE CAJA SIN DESCONTAR – OWO
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

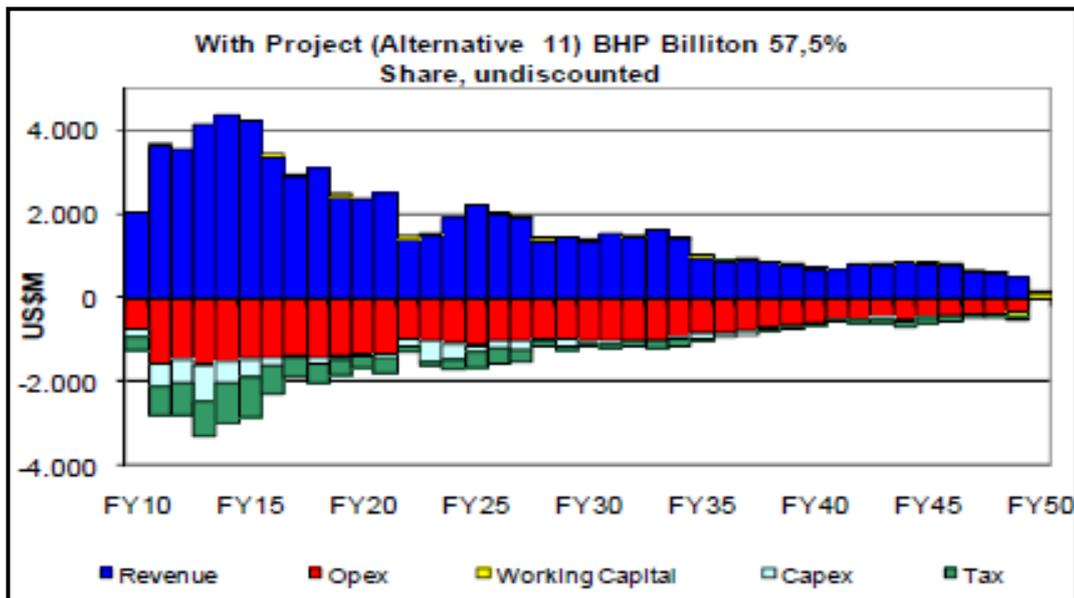


Figura 48 FLUJOS DE CAJA SIN DESCONTAR – OW
 Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

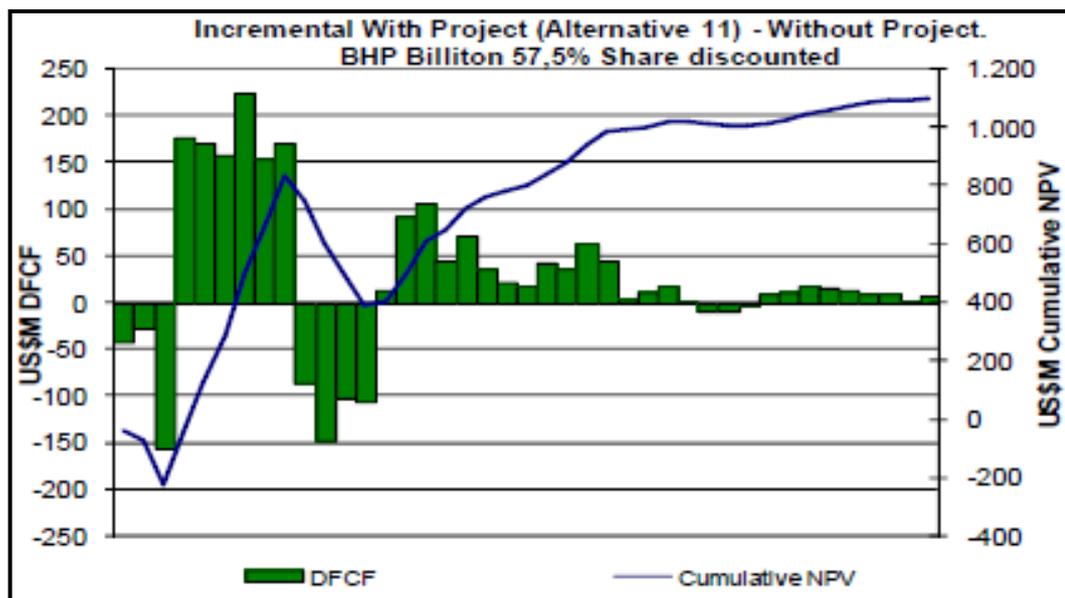


Figura 49 FLUJOS DE CAJA INCREMENTALES DESCONTADOS
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

4.4.2. Evaluación Probabilística

Se desarrollaron distribuciones probabilísticas para cada una de las variables clave con el fin de entender la probabilidad de un NPV superior a cero para el proyecto. Las distribuciones de NPV fueron generados con el software *Crystal Ball*, ejecutando 10,000 simulaciones y con un nivel de confianza mayor al 95%. Ver tabla 18.

Tabla 18 EVALUACIÓN PROBABILÍSTICA – ALTERNATIVA 11

Fecha Evaluación		01 Ene 2010	
		NPV 100% MEL	Valor NPV BHPBilliton Nv3 (57.5%)
Valor Mid Determinístico	US\$M	1.894	1.102
Valor Esperado	US\$M	1.853	1.078
Probabilístico P50	US\$M	1,641	955
Probabilístico P90 – P10	US\$M	222 – 3.788	136 – 2.195
Probabilístico NPV>0	%	93,52%	93,6%

Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

En un análisis incremental, la probabilidad de obtener un resultado positivo es de 93.4%. Ver figuras 50 y 51.

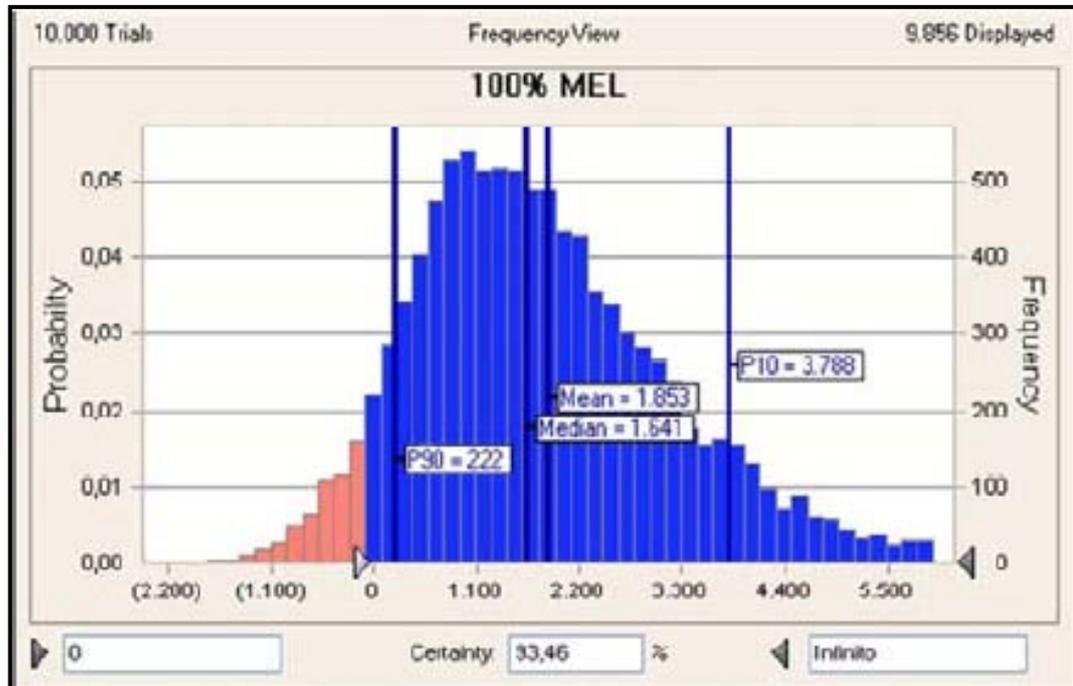


Figura 50 ANALISIS INCREMENTAL – 100% ESCONDIDA
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

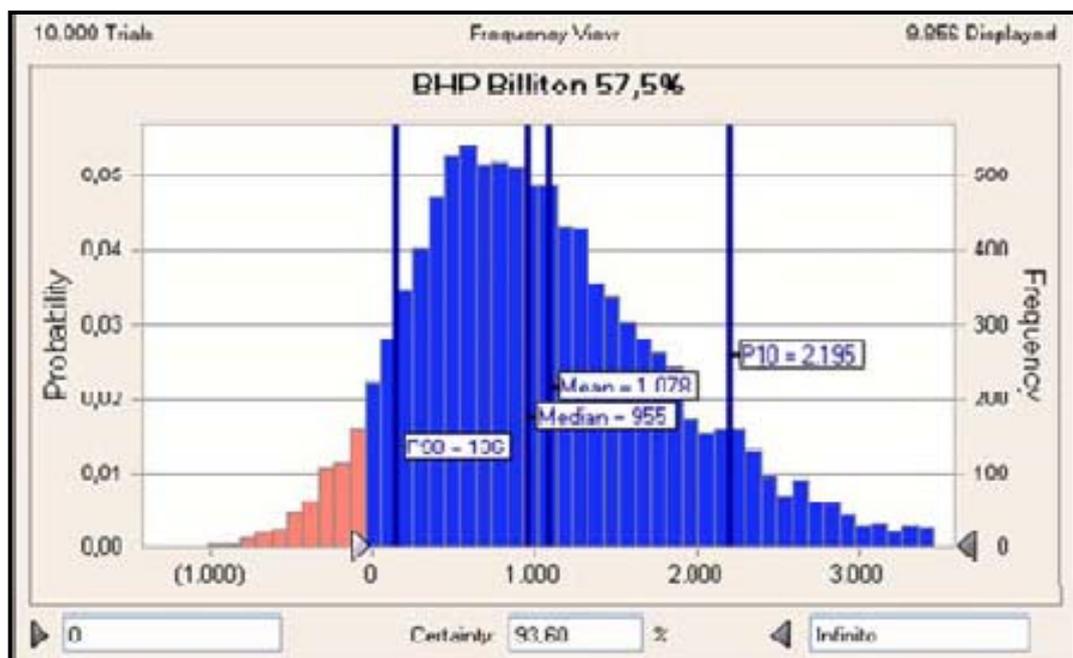


Figura 51 ANALISIS INCREMENTAL – BHP BILLITON
Fuente: Estudio de Selección – Proyecto EOA

CONCLUSIONES

1. La secuencia de extracción que maximiza el valor del rajo Escondida está directamente relacionada al acceso de minerales de alta ley de las expansiones Sur y Este. Por lo tanto, las bases del proyecto EOA son técnicamente sólidas.
2. La decisión de ejecutar el proyecto EOA, genera condiciones operacionales favorables:
 - Entrega mayor flexibilidad operacional, al distribuir las expansiones de manera uniforme en el rajo, evitando el trabajo en la zona vertical.
 - Se reduce el riesgo de tráfico concentrado en una sola zona de la mina

Estos beneficios operacionales, si bien pueden ser inadvertidos en el cálculo tradicional de flujos de caja descontados, proveen una sólida plataforma para el crecimiento, donde la excelencia operacional juega un factor clave.

3. Al evaluar un proyecto de *capital* mayor, es requisito fundamental tener la visibilidad de toda la vida de la mina, con la finalidad de asegurar que la inversión toma en cuenta decisiones de largo plazo. En el caso de EOA, se reduce el total *Capex*, al hacer un solo movimiento de los chancadores.
4. La metodología de *Front End Loading* ha demostrado su efectividad en asegurar que se maximiza el valor a través de un proceso de análisis riguroso y aprobaciones definidas. En el caso del Proyecto EOA, el tener 11 alternativa divergentes y con claridad de las decisiones estratégicas facilito el análisis.
5. La decisión de considerar como *Optimized Without Alternative* el dejar los chancados en su posición *InPit* es válida y visionaria al considerarla en retrospectiva, debido a los altos costos de *capital* que requieren los proyectos en la industria minera.
6. El principal riesgo de este tipo de proyecto es que la entrega a operaciones sea tardía en vista que compromete directamente los flujos de caja de los primeros años del proyecto.
7. Dada la condición geológica del depósito Escondida se debería esperar que en el futuro se enfrente nuevamente la condición de una nueva reubicación del sistema de chancado. A la fecha se estima que esa decisión se tome recién en los próximos 30 años.

RECOMENDACIONES

1. El uso intensivo de la metodología de *Front End Loading* en el análisis de proyectos es altamente recomendable, al margen del tamaño o costo de *capital* del proyecto.
2. Al desarrollar planes de minado para sustentar proyectos de *capital*, se debe asegurar que los planes son “*fit-for-purpose*” para evitar el re-trabajo y concentrarse en el análisis exhaustivo.

BIBLIOGRAFIA

BHPBILLITON - MINERA ESCONDIDA LIMITADA. *Selection Phase Study*

Escondida Ore Access Project

---- 1.*Executive Summary*. Santiago de Chile, Septiembre 2009, 46 p.
(Informe de Proyecto).

---- 2.*Executive Summary*. Santiago de Chile, Septiembre 2009, 19 p.
(Informe de Proyecto).

---- 4.*Risk Management*. Santiago de Chile, Septiembre 2009, 17 p.
(Informe de Proyecto).

---- 5.1 *Geology*. Santiago de Chile, Septiembre 2009, 111 p. (Informe de
Proyecto).

---- 5.2 *Mining*. Santiago de Chile, Octubre 2009, 115 p. (Informe de
Proyecto).

---- 15.*Investment Evaluation*. Santiago de Chile, Septiembre 2009, 27 p.
(Informe de Proyecto).

BHPBILLITON - MINERA ESCONDIDA LIMITADA. *Definition Phase Study Escondida Ore Access Project. 1.0 Definition Phase Study Overview*. Santiago de Chile, Agosto 2010, 20 p. (Informe de Proyecto).

BHPBILLITON – INVESTMENT & VALUE MANAGEMENT BASE METALS. *Internal Systems for Investment Decision Making*. Santiago de Chile, Julio 2009, 21 p. (Documento Interno).

MINERA ESCONDIDA LIMITADA. *Weekly Production Report*. Antofagasta, Chile, Diciembre 2012, 2 p. (Reporte Interno).

TSG CONSULTING. Global Mining Corporation Escondida OMMDP - *Discrete Event Simulation Model Data and Logic Document - Phase 3*. Antofagasta, Chile, Septiembre 2012, 60 p. (Informe de Consultoría).

MINERA ESCONDIDA LIMITADA. Informe de Sustentabilidad 2011. Antofagasta, Chile, Marzo 2012, 20 p. (Reporte Interno).

FUNDACION MINERA ESCONDIDA. Propietarios. <http://www.fme.cl>
(Enero 2013)

GLOSARIO

LoA – *Life of Asset*: se refiere al plan de producción de largo plazo que considera los recursos minables.

***Pit*:** denominación en inglés del tajo abierto / rajo abierto.

***ExPit*:** se refiere a cualquier área que se encuentra fuera del límite de pit final

***InPit*:** se refiere a cualquier área que se encuentra dentro del límite de pit final.

***ROM*:** Run of Mine, es el mineral que sale de la mina y que no es chancado. Generalmente se destina a la pila de Lixiviación de Sulfuros de Baja Ley.

***OW – Optimized With Alternative*:** es la única alternativa que maximiza el valor del asset. Desde la perspectiva de análisis de proyectos se le denomina también como el caso “con proyecto”

***OWO – Optimized Without Alternative*:** se refiere al “Caso Base” de comparación. También se le conoce como el caso “sin proyecto”. Para efectos de BHP Billiton, también debe ser una alternativa optimizada.

Go-Forward Alternative: es la alternativa ganadora al final de la etapa de Selección y que se convierte en el OW a ser desarrollado en las etapas de Definición y Ejecución

Do Nothing: es el caso, en el cual no se pretende realizar inversión alguna y que por su condición pasaría a ser el OWO

NPV – Net Present Value: es el resultado de los flujos de caja descontado y se refiere al valor de un proyecto o inversión al considerar flujos de caja futuros y sus riesgos.

FEL – Front End Loading: metodología de desarrollo y estudio de proyectos.

IPS – Identification Phase Study: primera etapa del FEL

SPS – Selection Phase Study: segunda etapa del FEL

DPS – Definition Phase Study: tercera etapa del FEL

HSEC – Health, Safety, Environment and Communities: es el agrupamiento de disciplinas, asociadas al bienestar de las personas, activos y reputación en términos de salud, seguridad, medio ambiente y comunidades.

Capex: abreviación de Gastos de Capital (*Capital Expenses*)

Ramp-up: periodo de inicio de operaciones de un proyecto nuevo.

EPCM: abreviación de una de las estrategias de administración de proyectos: *Engineering, Procurement, Construction and Management*.

Owner Team: se refiere al equipo que dirige el proyecto y que actúa en representación del mandante.

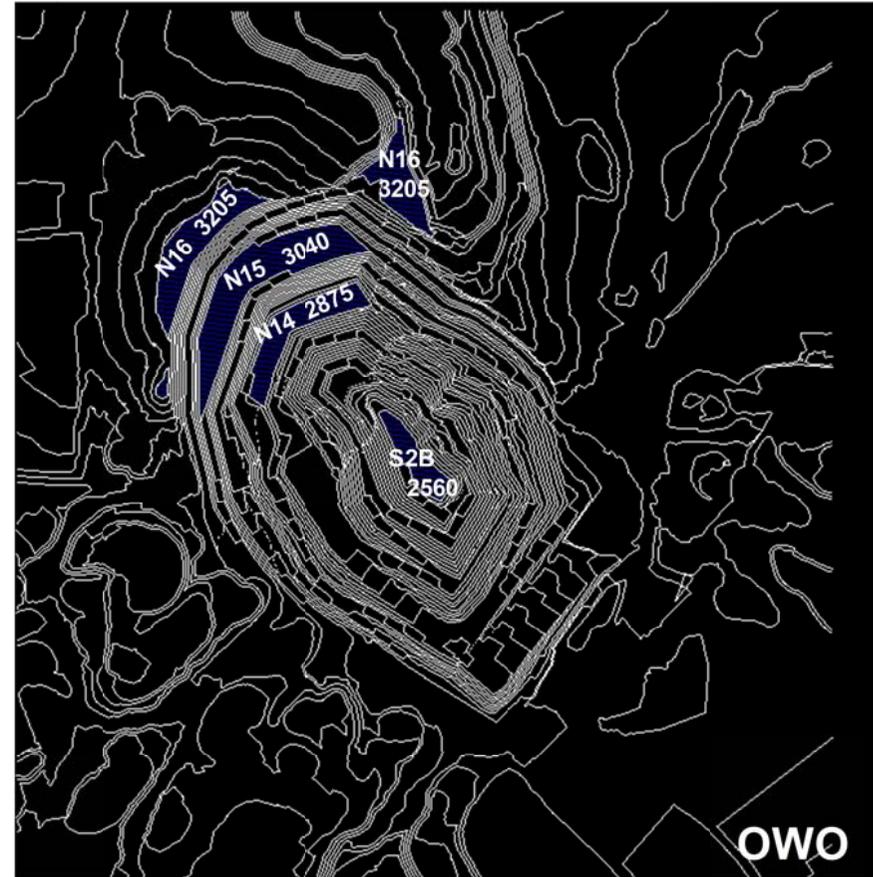
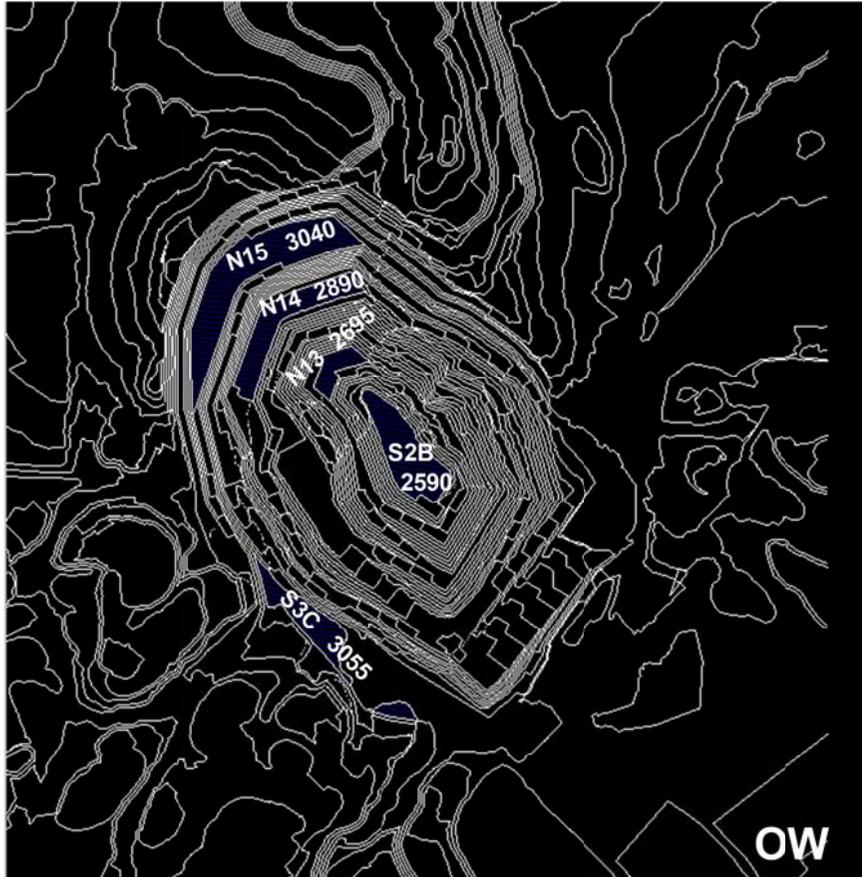
Tie-in: periodo y/o proceso de empalme de procesos / actividades.

Asset: denominación que se da a cada mina o faena minera en la estructura de negocios de BHP Billiton.

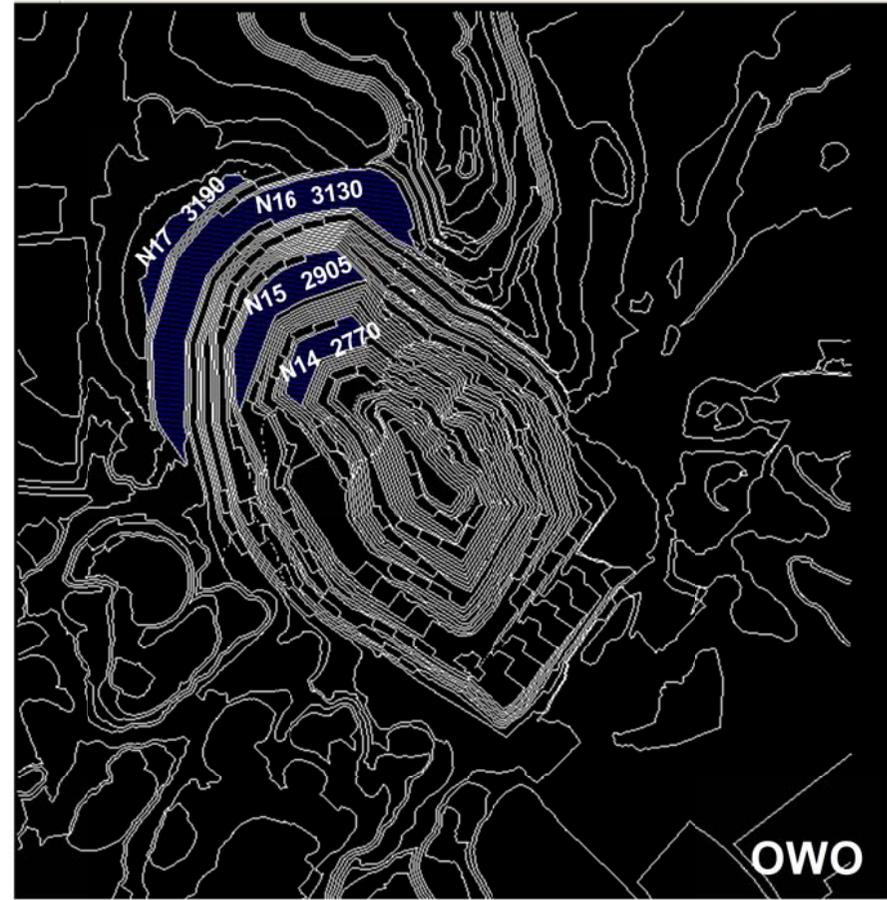
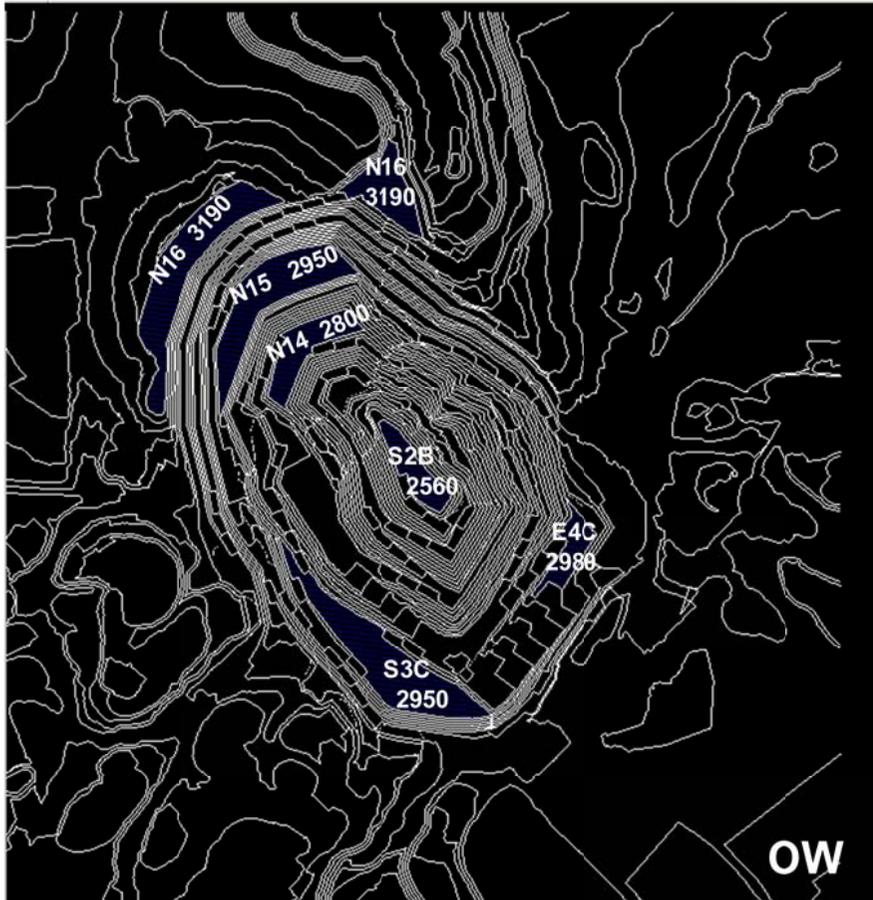
CSG: denominación que se da a un grupo de negocios según la estructura de BHP Billiton. Por ejemplo, el CSG de Metales Base contiene assets productores de Cobre, Plomo, Plata, Zinc.

ANEXO: SECUENCIA DE EXTRACCION MINA: OW V/S OWO

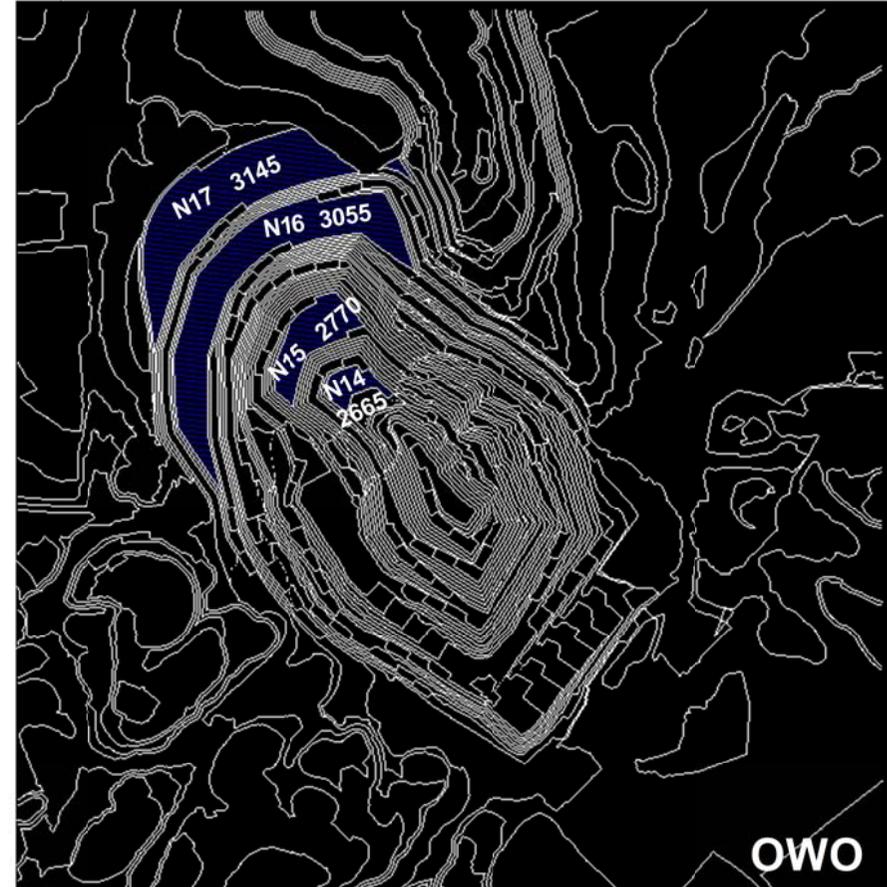
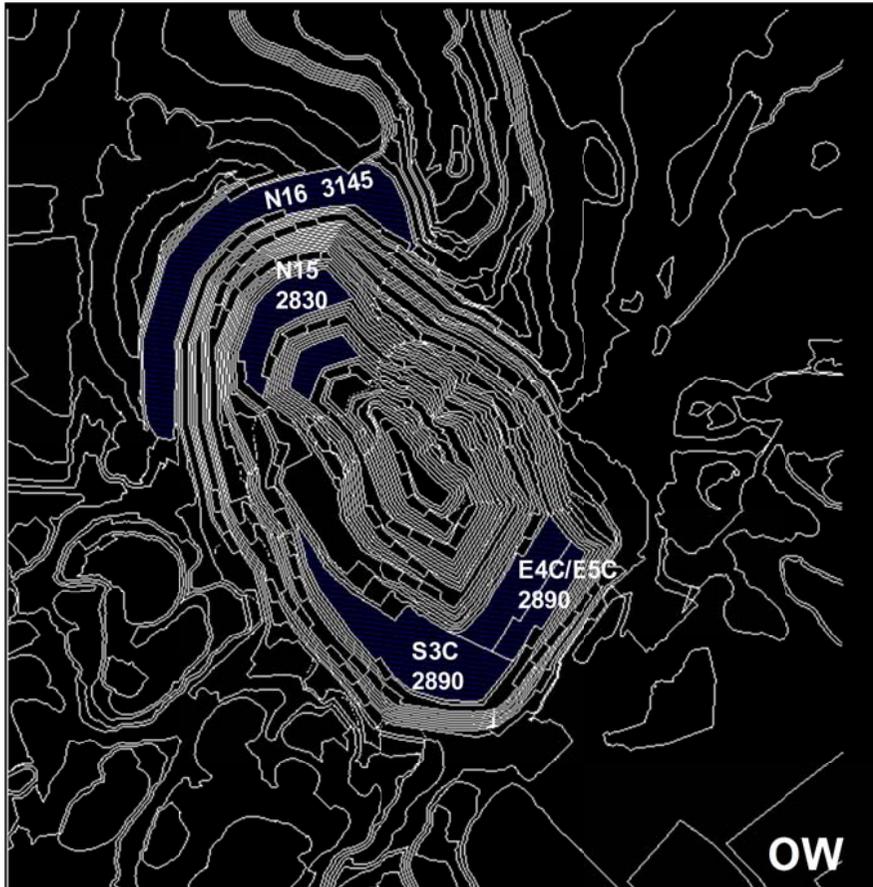
SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA - FY11



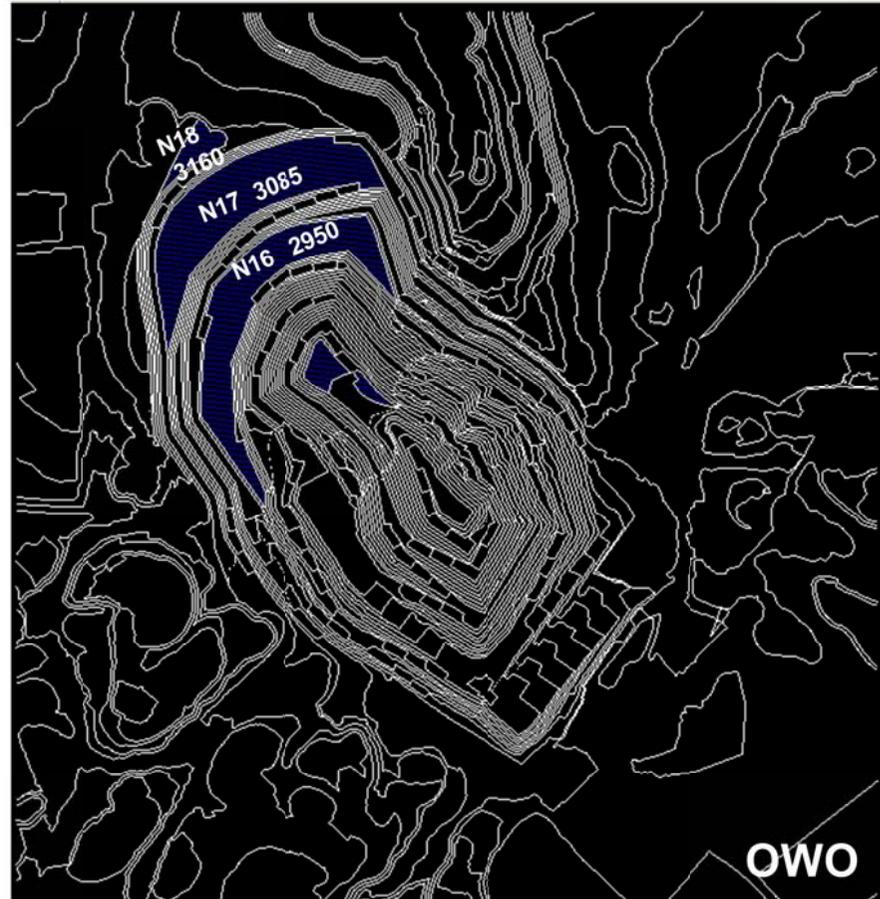
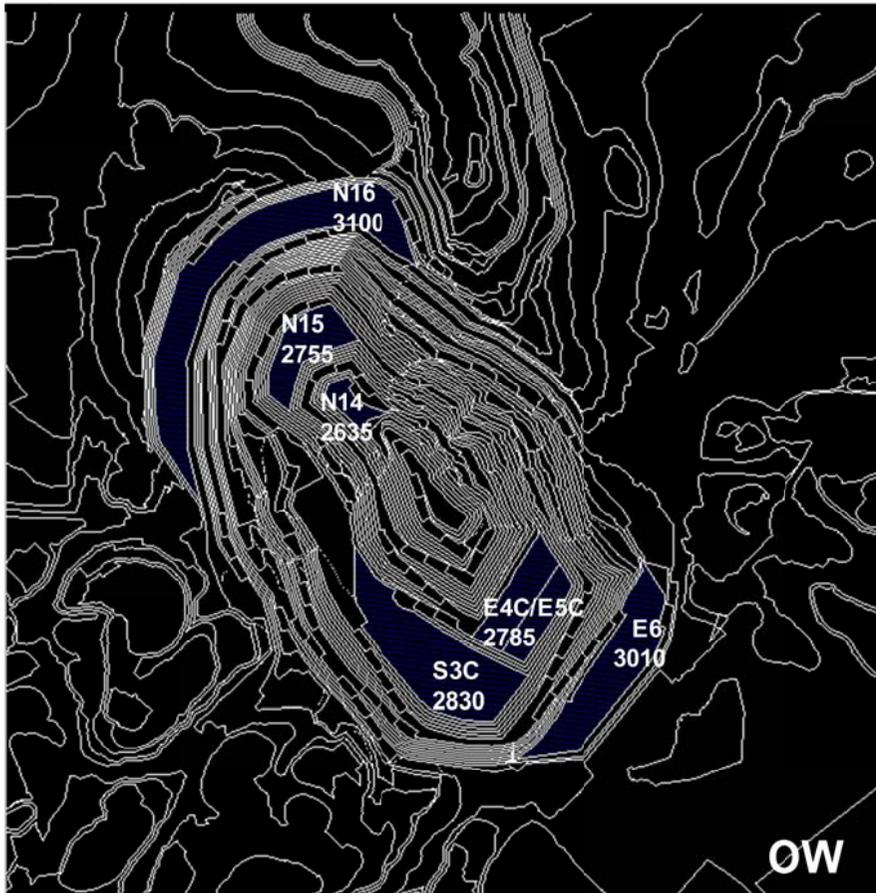
SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA - FY12



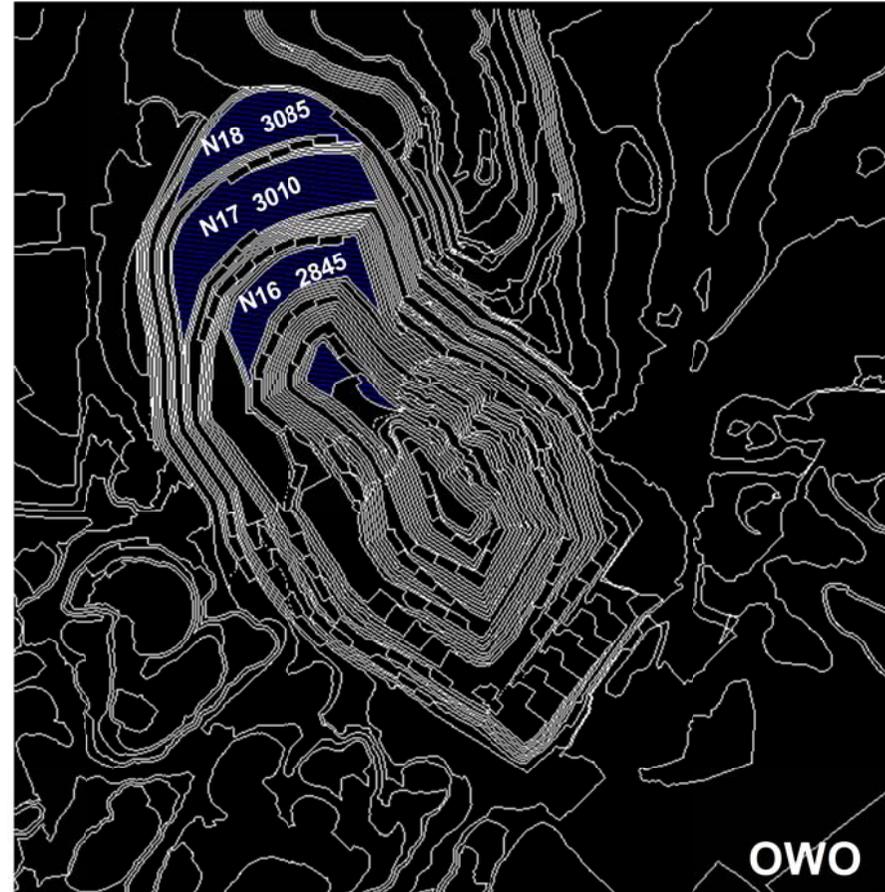
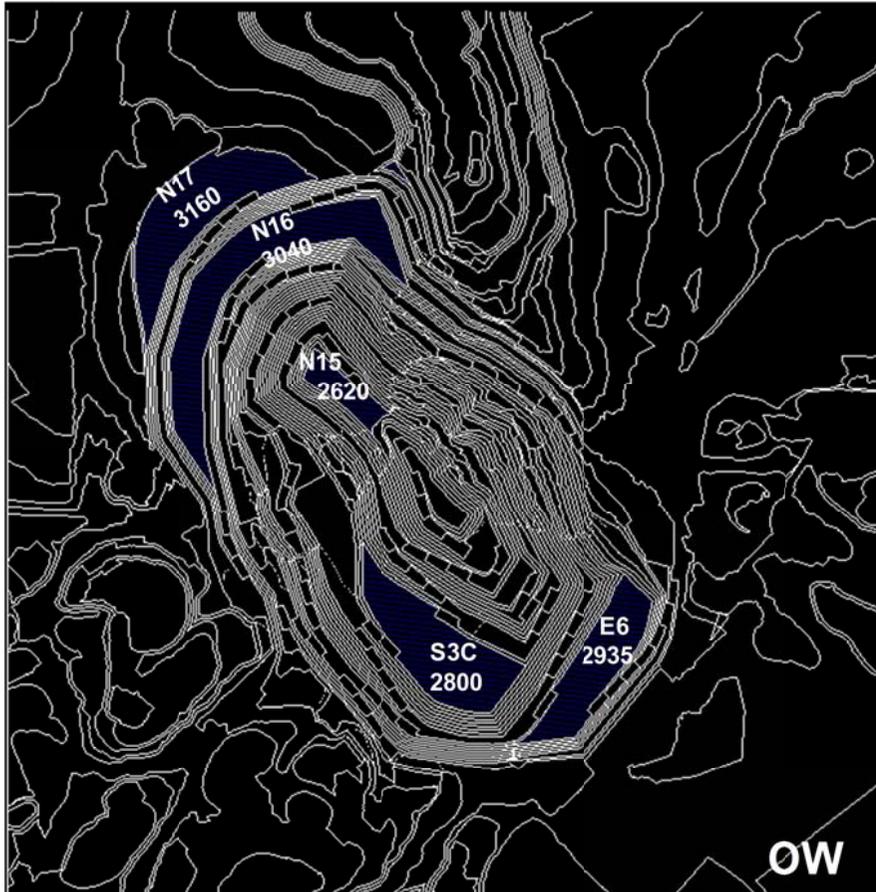
SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA - FY13



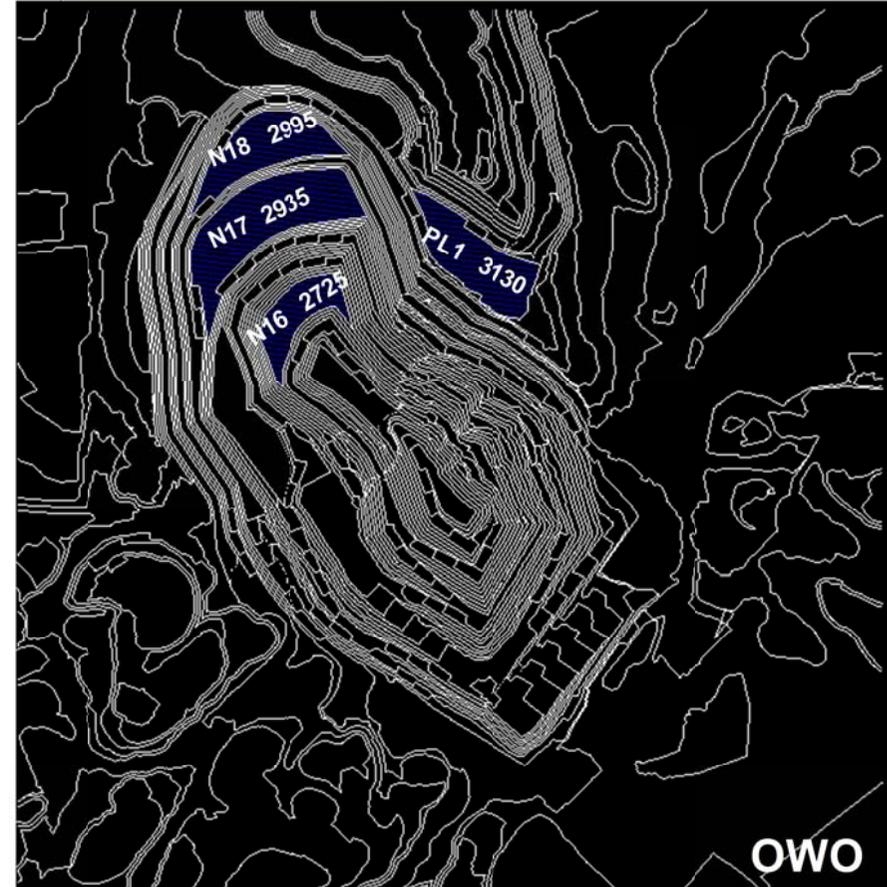
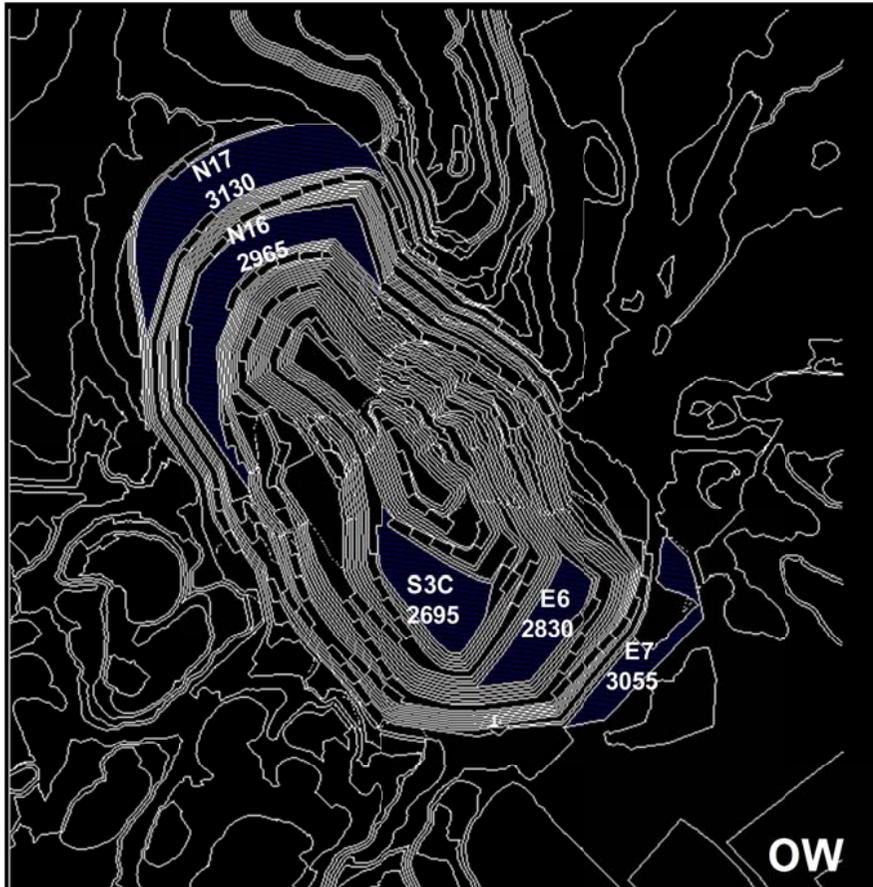
SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA - FY14



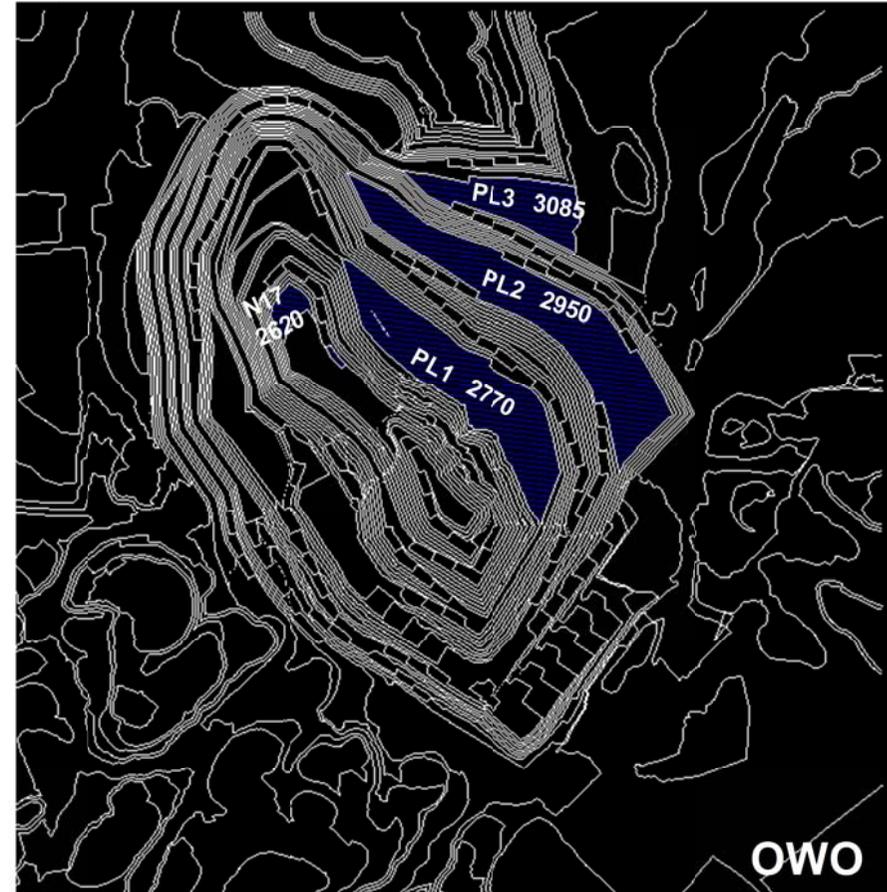
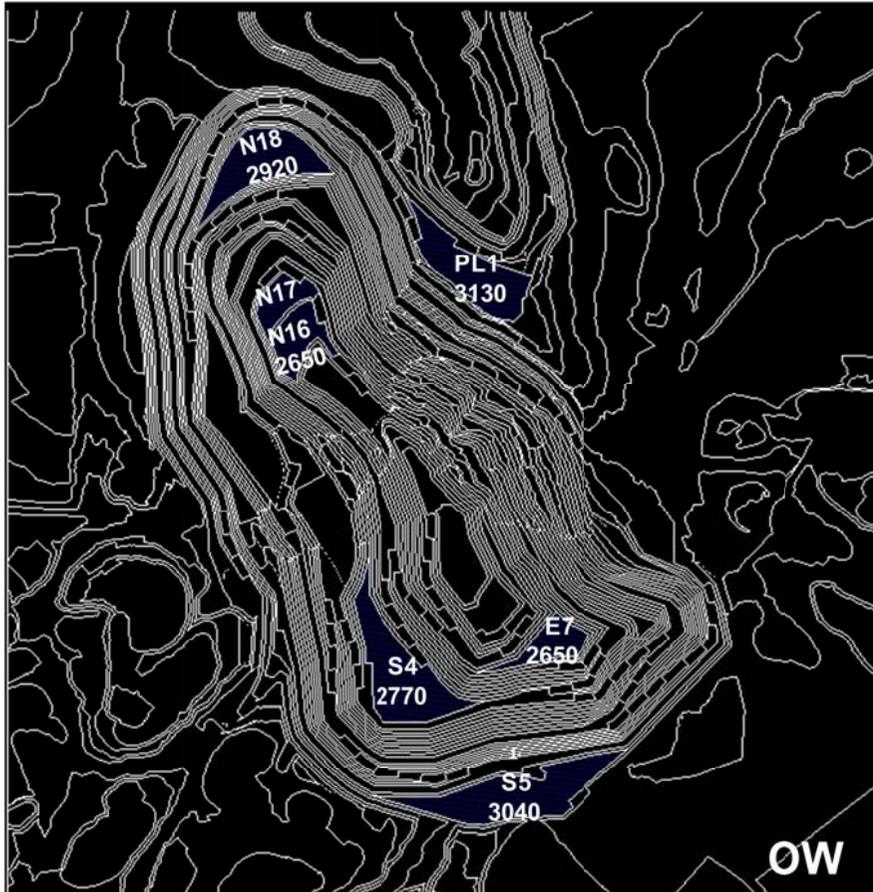
SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA - FY15



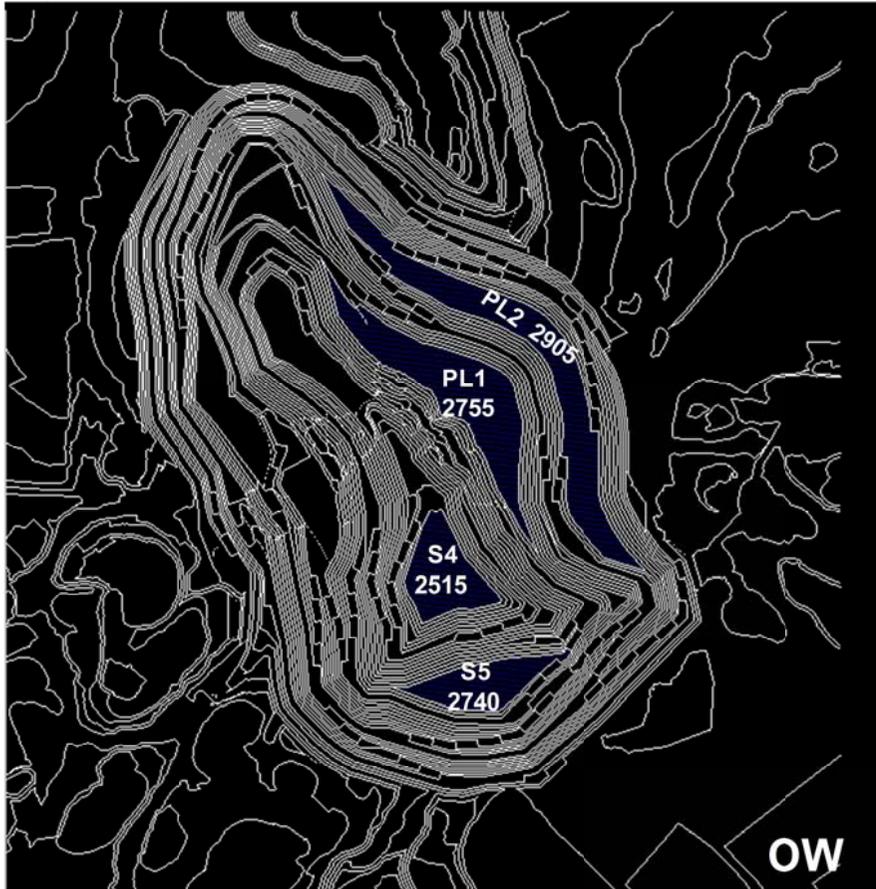
SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA - FY16



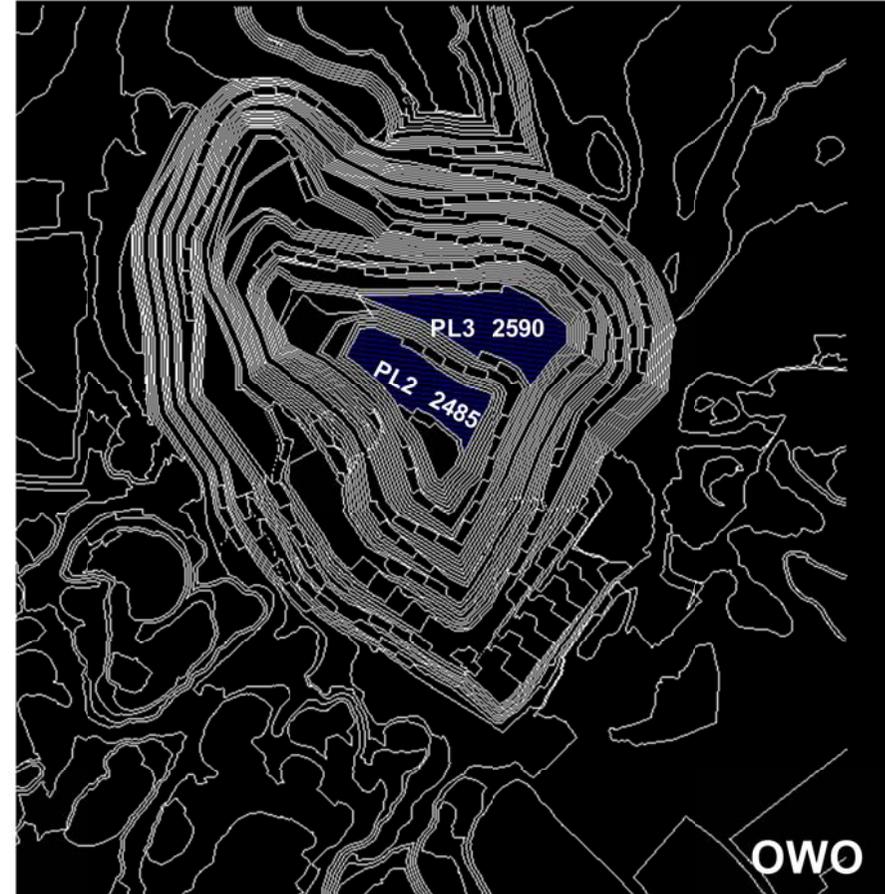
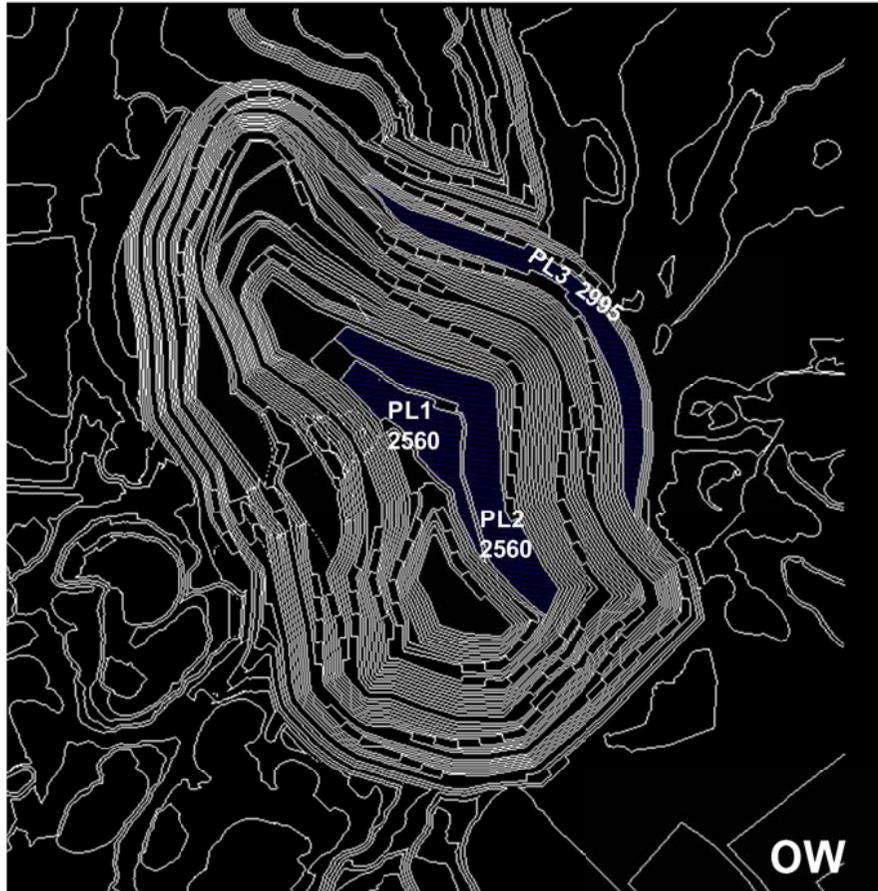
SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA – FY21



SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA – FY25



SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA – FY29



SECUENCIA DE EXTRACCION – RAJO ESCONDIDA – FY52

