



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**ANÁLISIS DE DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO ÓPTIMO DEL NEGOCIO MINERO,
CASO EVALUACIÓN PARA GRAN MINERIA A RAJO ABIERTO**

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

CRISTIAN EDUARDO PIZARRO PACHECO

**PROFESOR GUIA:
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISION:
JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO
IVAN BRAGA CALDERÓN**

**SANTIAGO DE CHILE
2015**

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL GRADO
DE: Magister en Gestión y Dirección de Empresas
POR: Cristian Eduardo Pizarro Pacheco
FECHA: 31/07/2015
PROFESOR GUIA: Luis Zaviezo Schwartzman

ANÁLISIS DE DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO ÓPTIMO DEL NEGOCIO MINERO, CASO EVALUACIÓN PARA GRAN MINERÍA A RAJO ABIERTO

La determinación del tamaño óptimo de un negocio minero no está ajeno a la estructura económica mundial ni a la estrategia global de cada compañía, la cual se manifiesta a través de su visión, su misión y eventuales objetivos estratégicos. Todos ellos en conjunto con los factores descritos anteriormente, generan los lineamientos para la decisión del tamaño del negocio, aunque el principal objetivo es evaluar cuál alternativa producirá los mejores resultados económicos para el proyecto. El mercado minero es altamente volátil y cíclico, manejado tanto por variables endógenas como exógenas, las que hacen que este sea un negocio altamente riesgoso.

La situación actual de la minería del cobre en Chile, que viene del fin de un periodo de bonanza, marcado por los altos precios y un aumento significativo en los costos y servicios asociados a su extracción, generó un nuevo escenario productivo, donde los precios de venta están a la baja, y donde los costos están aún en proceso de ajuste, que podría tardar un par de años. Este escenario, sumado a la baja de la calidad de los yacimientos mineros, y donde además es muy difícil hacer ajustes respecto del tamaño de producción una vez iniciada la extracción del yacimiento, hace que la definición del tamaño del negocio minero sea de vital importancia.

En este estudio se presenta un análisis para la determinación de tamaño del negocio minero para un yacimiento promedio de cobre existente en el norte de Chile, el cual presenta como características principales una gran cantidad de recursos mineros pero de baja ley media de cobre, y que debido a las actuales condiciones de mercado, no permite generar una gran cantidad de reservas mineras, por lo que para lograr establecer un negocio se requiere establecer una minería de gran escala. El estudio establece cuatro escenarios productivos (tamaño del negocio), es decir, plantas de 70 ktpd, 90 ktpd, 120 ktpd y 140 ktpd, y el análisis se enfoca principalmente en la determinación del VAN del negocio, considerando la evaluación de los planes de producción y Capex para mina y planta, en cada uno de los escenarios.

Los resultados obtenidos indican que el VAN del proyecto, aun cuando puede ser obvio, es muy sensible al precio del cobre y al costo de proceso, y que la inversión planta es la variable que tiene mayor incidencia dentro del VAN, ya que su valor es porcentualmente muy alta en comparación con otras inversiones del proyecto, como por ejemplo la inversión en equipos mina. El análisis también permite definir que para duplicar la capacidad de la planta se debe aumentar en un 50% el fino contenido en el yacimiento. En resumen se puede decir que las actuales condiciones de mercado, no soportarán tamaños de planta de escala superior (mayores a 100 ktpd), debido a la gran inversión que representan, a no ser que se descubra un yacimiento de grandes dimensiones o cambien las condiciones actuales de mercado.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
FIGURAS	3
TABLAS	4
1 INTRODUCCIÓN	5
2 OBJETIVO GENERAL	6
3 METODOLOGÍA	7
4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN	9
5 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ESCENARIO PRODUCTIVO DEFINIDO	11
6 DISEÑO DE FASES Y CUBICACIÓN	17
7 SELECCIÓN DE ESCENARIOS A EVALUAR	24
7.1 Consideraciones preliminares	24
7.1.1 Parámetros y Consideraciones Económicas	24
7.1.2 Consideraciones técnicas y operacionales.	26
8 ANALISIS ESTRATEGICO	28
8.1 Escenarios de Alimentación de Planta Concentradora	30
8.1.1 Escenario Planta Concentradora 70 ktpd	30
8.1.2 Escenario Planta Concentradora 90 ktpd	32
8.1.3 Escenario Planta Concentradora 120ktpd	34
8.1.4 Escenario Planta Concentradora 140 ktpd	36
9 CAPEX Y OPEX MINA	38
9.1 Bases de Estimación	38
9.1.1 Flota Equipos Definido para Cada Escenario	42
9.2 Costos de Capital	45
10 EVALUACIÓN Y COMPARACION DE ESCENARIOS	50
11 CONCLUSIONES	57
12 BIBLIOGRAFIA	59

FIGURAS

Figura 3.1: Esquema Representativo de Análisis de Escenarios	8
Figura 4.1: Procesos de la Planificación Minera	10
Figura 6.1: Fase 01	17
Figura 6.2: Fase 02	18
Figura 6.3: Fase 03	18
Figura 6.4: Fase 04	19
Figura 6.5: Fase 05	19
Figura 6.6:Fase 06	19
Figura 6.7:Fase 07	20
Figura 6.8: Fase 08	20
Figura 6.9: Fase 09	21
Figura 6.10: Fase 10	22
Figura 6.11: Fase 11	22
Figura 8.1: Modelo de Evaluación Planificación Minera	29
Figura 8.2: Movimiento de Materiales - Escenario Planta 70ktpd	30
Figura 8.3: Concentradora -Escenario Planta 70ktpd	31
Figura 8.4: Lixiviación - Escenario Planta 70ktpd	31
Figura 8.5: Movimiento de Materiales -Escenario Planta 90ktpd	32
Figura 8.6: Concentradora - Escenario Planta 90ktpd	32
Figura 8.7: Lixiviación - Escenario Planta 90ktpd	33
Figura 8.8: Movimiento de materiales -- Escenario Planta 120 ktpd	34
Figura 8.9: Concentradora - Escenario Planta 120 ktpd	34
Figura 8.10: Lixiviación - Escenario Planta 120 ktpd	35
Figura 8.11: Movimiento de Materiales - Escenario Planta 140 ktpd	36
Figura 8.12: Concentradora - Escenario Planta 140 ktpd	36
Figura 8.13 : Lixiviación - Escenario Planta 140 ktpd	37
Figura 10.1: Comparación VAN Incluyendo Capex Planta	50
Figura 10.2 : Comparación VAN Excluyendo Capex Planta	51
Figura 10.3: Sensibilización VAN según Costo Proceso	54
Figura 10.4: Sensibilización VAN según Precio Cu	54
Figura 10.5: Sensibilización VAN según Inversión Planta	55
Figura 10.6: Sensibilización VAN por Aumento de Ley de Cobre	56

TABLAS

Tabla 5.1: Costos para Valoración de Modelo de Bloques	13
Tabla 5.2: Parámetros Metalúrgicos Whittle	15
Tabla 5.3: Precio de Productos	16
Tabla 6.1: Cubicación de Fases	23
Tabla 7.1: Costos Unitarios	25
Tabla 7.2: Inversiones Planta	25
Tabla 7.3: Capital para Tranque de Relaves	26
Tabla 7.4: Gastos Generales y de Administración	26
Tabla 7.5: Costos de Remanejos	26
Tabla 7.6: Ramp Up Escenarios de Producción	27
Tabla 9.1: Distancias Plan Minero 70 ktpd	38
Tabla 9.2: Distancias Plan Minero 90 ktpd	39
Tabla 9.3: Distancias Plan Minero 120 ktpd	39
Tabla 9.4: Distancias Plan Minero 140 ktpd	39
Tabla 9.5: Equipamiento Minero	40
Tabla 9.6: Velocidad CAEX	41
Tabla 9.7: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 70 ktpd	42
Tabla 9.8: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 90 ktpd	43
Tabla 9.9: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 120 ktpd	44
Tabla 9.10: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 140 ktpd	45
Tabla 9.11: Adquisición de Equipos Plan Minero 70 ktpd	46
Tabla 9.12: CAPEX Mina Plan Minero 70 ktpd	46
Tabla 9.13: Adquisición de Equipos Plan Minero 90 ktpd	47
Tabla 9.14: CAPEX Mina Plan Minero 90 ktpd	47
Tabla 9.15: Adquisición de Equipos Mina - Plan Minero 120 ktpd	48
Tabla 9.16: CAPEX Mina Plan Minero 120 ktpd	48
Tabla 9.17: Adquisición de Equipos Mina - Plan Minero 140 ktpd	49
Tabla 9.18: CAPEX Mina Plan Minero 140 ktpd	49
Tabla 10.1: Resumen Indicadores Principales	52
Tabla 10.2: Producción de Finos	52
Tabla 10.3 : Costos Unitarios Resultantes	52
Tabla 10.4: Resultados Análisis de Sensibilidad	53
Tabla 10.5: Sensibilización VAN por Aumento de Ley de Cobre	56

1 INTRODUCCIÓN

El plan de negocios en minería es el producto final de la planificación minera para el aprovechamiento de los recursos naturales de un determinado yacimiento. Este plan de negocios incluye un programa de producción y alimentación a planta, donde se establece la forma de explotación del recurso minero, indicando el origen y destino de los diferentes materiales a remover, tonelajes y leyes de minerales que serán extraídos del depósito, además de los recursos humanos, equipamiento y materiales requeridos para su implementación.

El tamaño del negocio minero está dado por la capacidad instalada de su planta de producción, donde los principales factores condicionantes para su definición son los siguientes:

- Tamaño del yacimiento
- Ley y distribución del mineral contenido en el yacimiento
- Calidad metalúrgica
- Ubicación
- Calidad de la gestión de largo plazo
- Poder de mercado

El presente estudio está enfocado en la gran minería y particularmente a operaciones a rajo abierto, donde la determinación del tamaño óptimo del negocio minero no está ajeno a la estrategia global de cada compañía, la cual se manifiesta a través de su visión (percepción del largo plazo de la industria), su misión (como motor de las prácticas del negocio) y eventuales objetivos estratégicos específicos (ej.: obtención de cierta cantidad de beneficios en el corto plazo), todos ellos generan lineamientos para la determinación del tamaño del negocio, aunque el principal objetivo es determinar cuál alternativa producirá los mejores resultados económicos para el proyecto.

Como el tamaño óptimo es función de los factores antes mencionados, además de otros parámetros técnicos, se deben definir variados escenarios que permitan establecer cuál es la mejor alternativa técnico-económico.

2 OBJETIVO GENERAL

Determinar el tamaño óptimo del negocio minero para proyectos de gran escala a rajo abierto, el cual genere los mejores resultados económicos para la empresa dueña, de acuerdo a las actuales características del mercado minero.

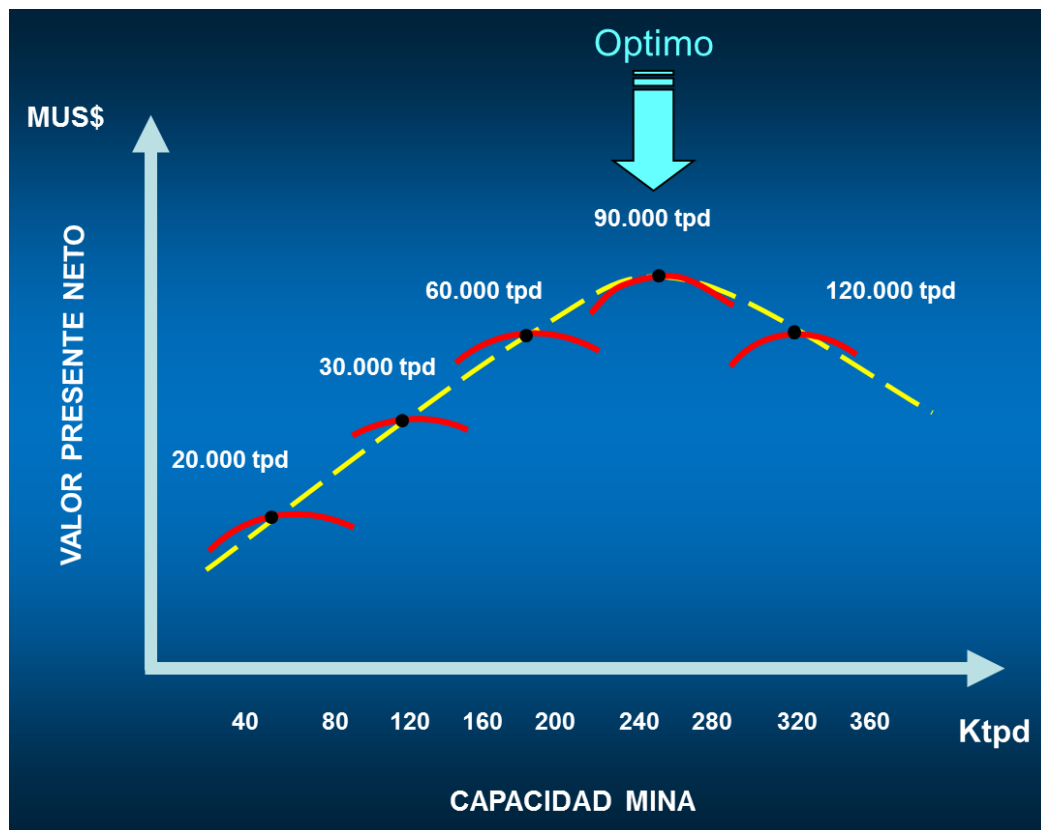
3 METODOLOGÍA

Se realizará una revisión de las actividades más importantes que están involucradas en la definición del tamaño del negocio minero, buscando los puntos críticos y más significativos del proceso. El estudio contempla analizar diferentes escenarios para un caso dado, determinando los factores y variables claves en el proceso.

Las actividades más importantes se resumen a continuación:

- Descripción del caso. Se indicará información del yacimiento que se pretende explotar, tales como: tamaño de yacimiento, leyes de mineral, etc., además de los objetivos estratégicos de la empresa dueña, que definirán la forma de explotación de los recursos mineros.
- Definición de escenarios. En función de lo descrito en el punto anterior, se definirá un rango de tasas potenciales de producción cada una de las cuales será analizada con diferentes capacidades de mina, estableciendo de esta manera la tasa de producción óptima para cada escenario
- Estudio de escenarios. Se realizará un análisis técnico económico de cada uno de los escenarios definidos, obteniendo los indicadores adecuados para una buena toma de decisiones.
- Análisis comparativos de resultados. Se compararan los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios, definiendo la mejor alternativa de producción, en función de los objetivos establecidos. Esta comparación nos permitirá definir el tamaño de la operación, tal como se observa en la Figura 3.1.

Figura 3.1: Esquema Representativo de Análisis de Escenarios



- Análisis de vulnerabilidades, variables exógenas a considerar y oportunidades. Se establecerán los factores críticos en esta etapa de optimización, además de las debilidades y fortalezas del procedimiento, y oportunidades de mejoras del plan.

4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN

La determinación del tamaño óptimo del negocio minero no está ajeno a la estrategia global de cada compañía, la cual se manifiesta a través de su visión (percepción del largo plazo de la industria), su misión (como motor de las prácticas del negocio) y eventuales objetivos estratégicos; todos ellos en conjunto con los factores descritos anteriormente, generan los lineamientos para la determinación del tamaño del negocio, aunque el principal objetivo es determinar cuál alternativa producirá los mejores resultados económicos para el proyecto.

Debido a esto se plantean muchas interrogantes que pretenden dar solución a esta inquietud, luego surgen preguntas como:

¿Cuánto y Cuándo Producir?

¿Maximizar Ingresos?

¿Maximizar Cantidad?

¿Minimizar Costos?

¿Maximizar Beneficio?

La respuesta no es tan simple, ya que como es bien sabido, la minería es un mercado de alta incertidumbre, donde los precios de sus commodities tienen un comportamiento muy volátil en el tiempo, presentando ciclos de bonanza y ciclos de bajos precios. Una condición de mercado, como ser un precio alto, implica una mayor valoración por el mineral.

En general, a los dueños les interesa incrementar el valor de su negocio, y el VAN es la medida del valor de los accionistas, es por esto que es de vital importancia determinar el tamaño adecuado del negocio minero que va a ser implementado, ya que la estrategia de consumo de las reservas mineras es una variable muy poco flexible, y una vez definida esta estrategia no siempre es posible cambiar la decisión en el corto plazo.

En el proceso de optimización, son muchas las variables involucradas, es por esto la importancia de una buena planificación. En este proceso se analiza simultáneamente la mejor estrategia de leyes de corte, capacidad de proceso versus recuperación, tamaño de tronadura, o cualquier política de optimización que permita obtener los resultados esperados por el planificador minero, mezclando minerales de distintas fases y analizando una extensa cantidad de opciones para inclinarse por la que tiene mejores

rendimientos económicos. Es importante notar que se requiere de un análisis que incorpore una serie de restricciones operativas, en base a las cuales, puede encontrar soluciones optimizadas técnicamente factibles. La Figura 4.1 muestra las etapas de la planificación minera.

Figura 4.1: Procesos de la Planificación Minera



5 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ESCENARIO PRODUCTIVO DEFINIDO

El escenario productivo de nuestro estudio, corresponde a una faena de la gran minería del cobre, que proyecta explotar un yacimiento a través de una operación a rajo abierto, y que pretende definir el mejor tamaño para su capacidad de producción de acuerdo a una decisión netamente económica.

Se pretende ampliar la capacidad de la planta concentradora a niveles definidos entre los 25 Mt y 43 Mt (entre los 70 ktpd y 120 ktpd) de mineral, por lo cual se han definido una serie de escenarios que abarquen este rango.

Además de los minerales sulfurados que van a proceso de concentración, el yacimiento presenta minerales oxidados que serán beneficiados a través del proceso de lixiviación, los que serán extraídos como consecuencia de la explotación de los sulfuros.

Operación Minera

El proyecto se desarrollará sobre una base a una operación a cielo abierto con bancos de 15 m de altura, con bancos dobles de 30m en el sector del desarrollo de lastre de cada fase. El tipo de minería debe ser de alta productividad y bajo costo, donde no se esperan problemas de dilución significativos debido a la naturaleza masiva del yacimiento.

El proyecto está concebido para mover grandes volúmenes de material, por lo que se utilizarán los equipos de mayor envergadura existente para obtener el máximo de productividad y bajos costos, considerando palas del orden de 73 yd³, las cuales poseen una altura máxima de corte óptimo de 16 metros, por lo que los 15 metros adoptados en el modelo de bloques no presentan dificultades para ser usados como altura de explotación.

Dada la disposición física del yacimiento, la altura de 15 metros y el tamaño del equipo de carguío permiten trabajar sin inconvenientes desde el punto de vista de selectividad y control de dilución. Adicionalmente, se usarán equipos de perforación adecuados para la perforación de estas magnitudes, y que no presentan inconvenientes para operar con estas alturas.

Los minerales se clasificarán a través de la ley de corte de cobre. El mineral clasificado de esa manera será enviado a proceso, en que deberá proporcionar beneficios económicos.

Criterios de Optimización y Políticas de Leyes de Corte

La determinación del Pit Final fue realizada utilizando el programa WhittleFour-X el cual utiliza el algoritmo de Lersch&Grossmann para generar una serie de pits anidados mediante la aplicación de precios crecientes.

Para el proceso de optimización de pit fueron utilizados en una primera etapa sólo los recursos Medidos e Indicados y en forma posterior, una vez definida la secuencia de explotación fueron valorizados los Inferidos.

La secuencia de explotación fue analizada considerando sólo el proceso de Concentradora para la optimización.

Para las políticas de leyes de corte fue utilizado el software COMET el cual permite establecer un plan minero preliminar en base a los diseños de fases existentes aplicando la teoría de Lane, es decir, considerando el costo de oportunidad en la determinación de leyes de corte las cuales permitirán lograr los objetivos de producción optimizando con ello el valor económico del proyecto.

Recuperación de la Reservas Mineras

Como el cuerpo mineralizado será explotado a través del método de explotación a rajo abierto, siguiendo una extracción secuencial, con equipos de gran tamaño y dada la geometría del yacimiento, se asume que la recuperación de las reservas mineras será del 100% con una insignificante dilución externa proveniente de eventuales alteraciones de la línea de programa de explotación.

Proceso Metalúrgico

El estudio considera el proceso hidrometalúrgico para las unidades de sulfuros secundario, mixtos y óxidos, y el proceso de flotación para los minerales sulfurados primario, secundario y mixto. El destino de cada tipo de mineral, se definirá de acuerdo a criterios económicos.

Modelo de Valoración de Recursos

El modelo de valoración de recursos se realizó utilizando los parámetros técnicos y económicos que presenta la faena.

La Tabla 5.1 muestra los costos utilizados para la valoración de bloques.

Tabla 5.1: Costos para Valoración de Modelo de Bloques

Costo Mina			
	Mineral	\$/t crush ore	1.460
	ROM	\$/t ROM ore	1.789
	Lastre	\$/t waste	1.628
	Costo Variable	\$/t mined	0.029
	Sustaining capital*	\$/t mined	0.767
	Banco Refrenda	m	3,230
Costo Proceso			
Concentradora			
	Planta 70 ktpd	(\$/t crush ore) + 1.2	Variable Modelo de Recursos
	Planta 90 ktpd	(\$/t crush ore) + 1.1	Variable Modelo de Recursos
	Planta 120 ktpd	(\$/t crush ore) + 1.0	Variable Modelo de Recursos
	Planta 140 ktpd	(\$/t crush ore) + 0.9	Variable Modelo de Recursos
	Planta 70 ktpd	0.426	Sustaining capital 70 ktpd
	Planta 90 ktpd	0.366	Sustaining capital 90 ktpd
	Planta 120 ktpd	0.289	Sustaining capital 120 ktpd
	Planta 140 ktpd	0.281	Sustaining capital 140 ktpd
Heap Leach			
	Heap leach - crush	\$/t crush ore	4.4662
	Sulphuric acid - crush	\$/t crush ore	Variable MB
	Sustaining capital - crus	\$/t crush ore	0.2757
Dump Leach			
	Dump leach - ROM	\$/t ROM ore	0.4140
	Sulphuric acid - ROM	\$/t ROM ore	1.0960
	Sustaining capital - ROM	\$/t ROM ore	0.0236
Costo G&A			
Concentradora			
	Planta 70 ktpd	\$/t crush ore	1.6693
	Planta 90 ktpd	\$/t crush ore	1.4945
	Planta 120 ktpd	\$/t crush ore	1.3415
	Planta 140 ktpd	\$/t crush ore	1.2759
Heap Leach			
	Planta de HL	\$/t crush ore	2.4330
Costo Venta			
Concentradora			
	Concentrado - Cobre	\$/lb Cu rec	0.5290
	Concentrado - Molibde	\$/lb Mo rec	2.7700
	Costo rRefinado de Orc	\$/oz Au	5.0000
	Costo Refinado de Plat:	\$/oz Ag	0.4000
SX/EW Costs - Leach			
	SX	\$/lb Cu contained	0.0697
	EW	\$/lb Cu contained	0.1645
Heap Leach y Dump Leach			
	Cátodos	\$/lb Cu rec	0.0127
	Concentrado	\$/lb Cu rec	0.7915

* Incluido en Costo de Operaciones

Costo de Transporte

Los costos de transporte usados para el análisis de valoración de bloques fueron definidos considerando un ajuste posicional de acuerdo a la profundidad del rajo, teniendo en cuenta una variación gradual en el costo de transporte de acuerdo a cada banco.

La ecuación definida es la siguiente:

$$\text{Costo Mina por Banco} = \text{CMST} + \text{CMV} * \text{NB}$$

Donde,

- CMST: Costo de mina sin transporte (costo variable según el destino sea mineral, dump o lastre)
- CMV: Costo de Mina Variable por Banco (0,0286 US\$/t)
- NB: El número de bancos hacia arriba o hacia abajo desde el banco de referencia

Costo Mina Variable por Banco

El costo de mina variable por banco (PMCAF = Positional Mining Cost Adjustment Factor) corresponde a un factor de ajuste aplicado al costo mina de acuerdo al origen del material y su posterior destino.

De esta manera es posible representar el diferencial de costo que significa profundizarse en el rajo o bien la existencia de diferentes puntos de destinos que implicarían distancias de transporte diferentes.

Parámetros Metalúrgicos

Los parámetros metalúrgicos usados en la optimización se muestran en la Tabla 5.2, y contienen tanto información para concentradora como lixiviación.

Tabla 5.2: Parámetros Metalúrgicos Whittle

Rock Type	Process	Element to Recover	Criterion	Recovery (%)	
Primary Sulphides	Concentrator	CuT	-	Resource Model Variable	
		Au	-	37,4	
		Ag	-	41	
		Mo	-	65	
Secondary Sulphides	Concentrator	CuT	$CuT < 0.5$	75	
		Au		37,4	
		Ag		41	
		Mo		65	
	Heap Leach	CuT (97%)	$CuT \geq 0.5$	85	
				Au	37,4
				Ag	41
				Mo	65
				CuT	55
		CuS (97%)	$CuS > 0.024576$	$CuT > 0.118$ $CuT \leq 0.6$ $55 \leq [(CuT - 0.118)/CuT] * 100$	55
				$CuT > 0.118$ $CuT \leq 0.6$ $55 > [(CuT - 0.118)/CuT] * 100$	$[(CuT - 0.118)/CuT] * 100$
				$CuT > 0.6$ $55 \leq (94.24 - 17.93 * CuT)$	55
				$CuT > 0.6$ $55 > (94.24 - 17.93 * CuT)$	$94.24 - 17.93 * CuT$
CuS (3%)	-	70			
CuS (3%)	-	13			
Mixed	Concentrator	CuT	$CuT < 0.5$	75	
		Au		37,4	
		Ag		41	
		Mo		65	
	Heap Leach	CuT (97%)	$CuT \geq 0.5$	85	
				Au	37,4
				Ag	41
				Mo	65
				CuT	55 * 0.788
		CuS (97%)	$CuS > 0.024576$	$CuT > 0.118$ $CuT \leq 0.6$ $55 \leq [(CuT - 0.118)/CuT] * 100$	$[(CuT - 0.118)/CuT] * 100 * 0.788$
				$CuT > 0.118$ $CuT \leq 0.6$ $55 > [(CuT - 0.118)/CuT] * 100$	$55 * 0.788$
				$CuT > 0.6$ $55 \leq (94.24 - 17.93 * CuT)$	$[94.24 - 17.93 * CuT] * 0.788$
				$CuT > 0.6$ $55 > (94.24 - 17.93 * CuT)$	$[98.47 - 2.42 / CuS] * 0.788$
CuS (3%)	-	70			
CuS (3%)	-	13			
Oxides	Heap Leach	CuT (97%)	$CuT \geq 0.5$	85	
				Au	37,4
				Ag	41
				Mo	65
				CuT	55
		CuS (97%)	$CuS > 0.024576$	$CuT > 0.118$ $CuT \leq 0.6$ $55 \leq [(CuT - 0.118)/CuT] * 100$	55
				$CuT > 0.118$ $CuT \leq 0.6$ $55 > [(CuT - 0.118)/CuT] * 100$	$[(CuT - 0.118)/CuT] * 100$
	CuS (3%)	-	70		
	CuS (3%)	-	13		
	Dump Leach	CuT	$CuT > 0.214$ $CuS \geq 0.06$	43	

Precio de Venta del Producto

El precio de venta para los productos que serán valorados en el proceso, así como las pérdidas en el transporte de cobre y el porcentaje de metal por pagar, lo que impacta directamente las multas obtenidas, se resumen en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Precio de Productos

Element	Selling Price	
Cu	3	\$/lb
Au	1.300	\$/oz
Ag	22	\$/oz
Mo	15	\$/lb

Payable by Element	Percent	
Payable Cu	96,3	%
Payable Au	92	%
Payable Ag	90	%
Payable Mo	100	%

Hauling Loss	Percent	
Concentrate Hauling Loss	0,5	%

6 DISEÑO DE FASES Y CUBICACIÓN

El diseño operativo de fases está basado en los resultados obtenidos de la optimización a través de Whittle. Esta actividad permitió obtener una serie de fases, considerando todos los parámetros geomecánicos y de diseño minero definidos por la compañía, además de incorporar el concepto de doble salida por fase, con el fin de dar una mayor flexibilidad al plan minero.

Las siguientes figuras muestran el diseño final de las fases.

Figura 6.1: Fase 01

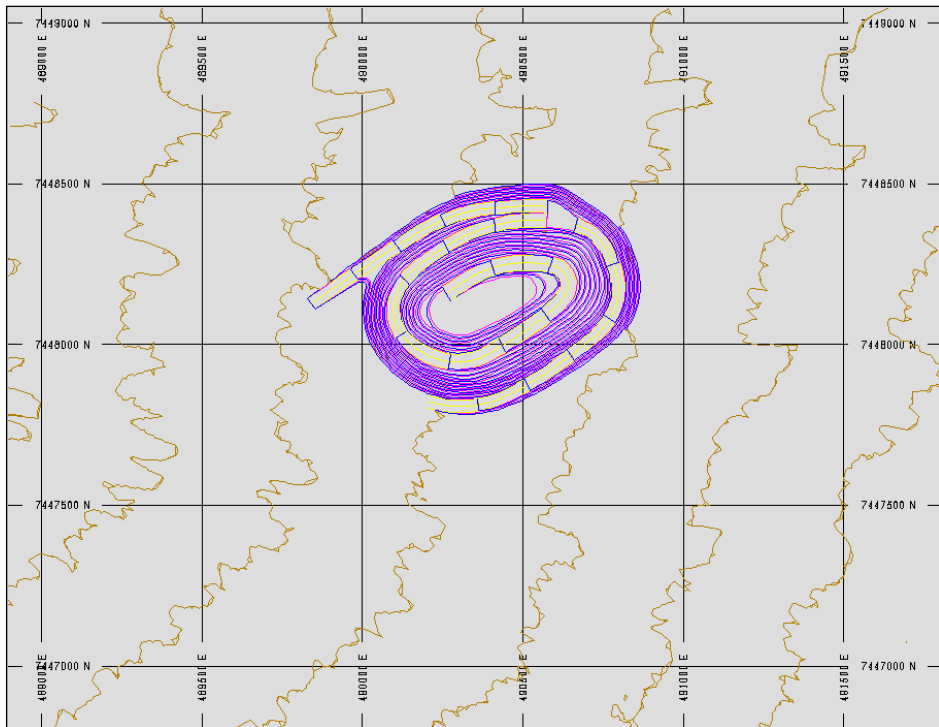


Figura 6.2: Fase 02

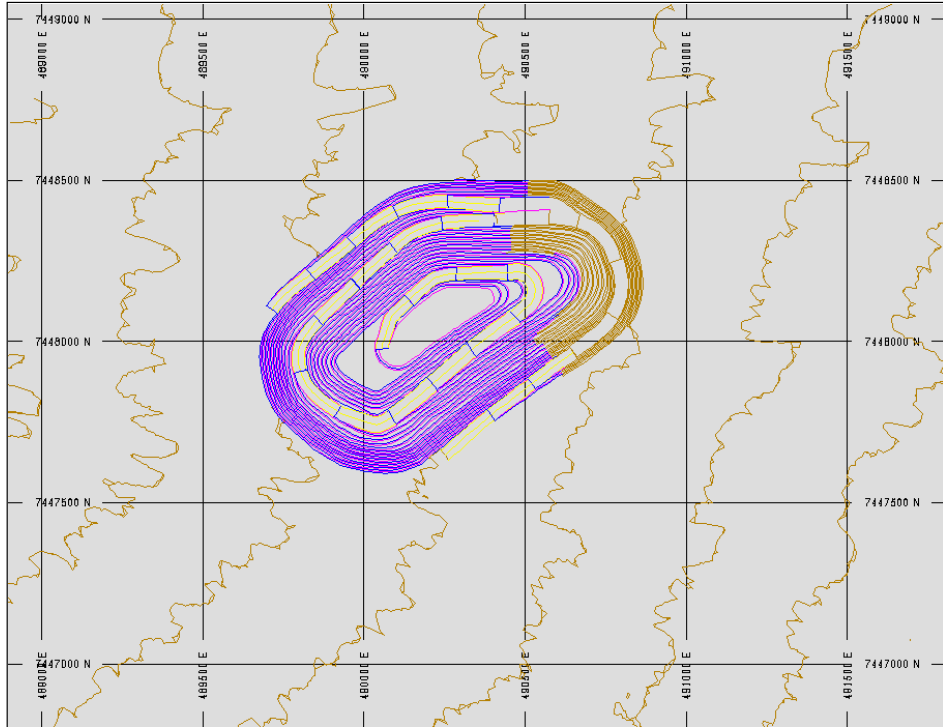


Figura 6.3: Fase 03

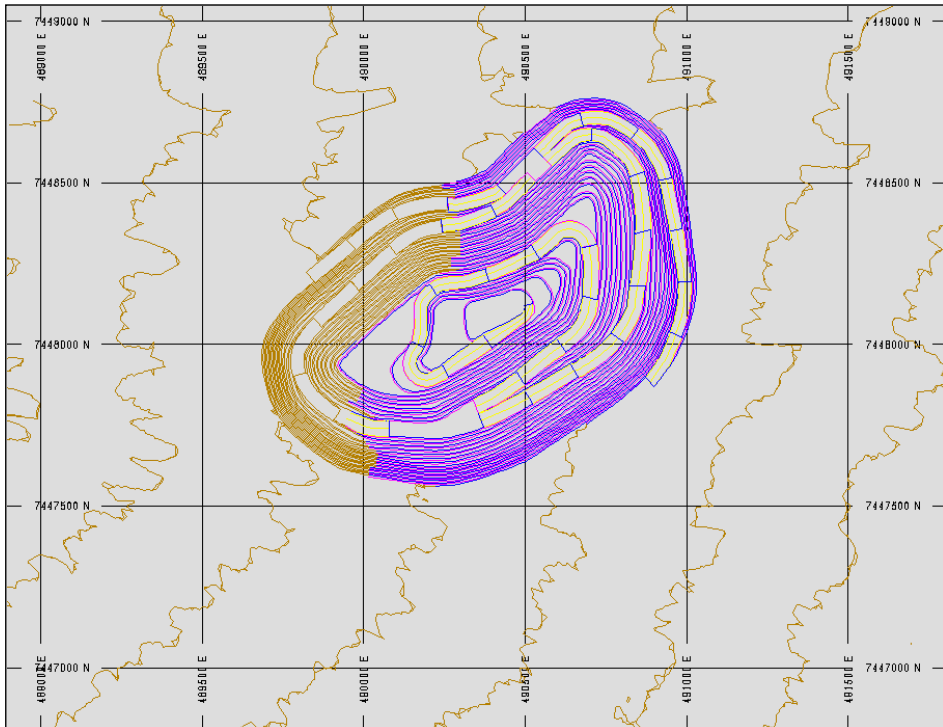


Figura 6.4: Fase 04

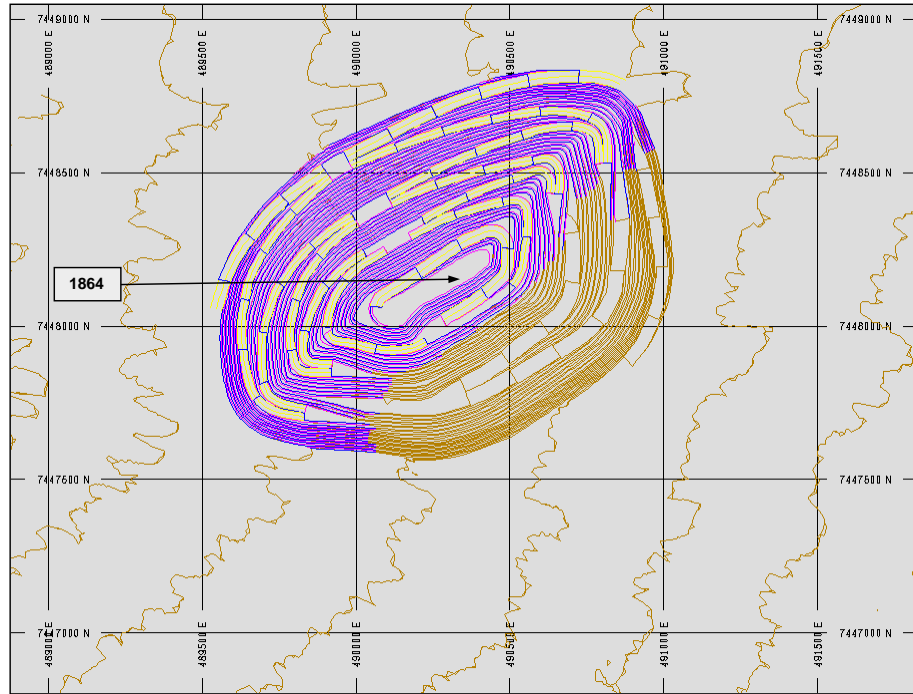


Figura 6.5: Fase 05

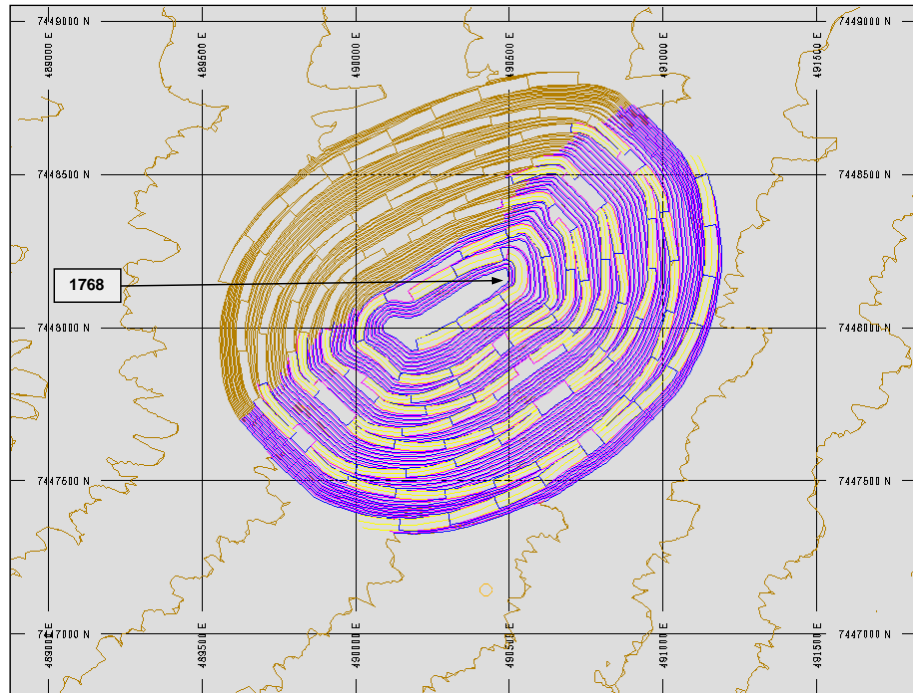


Figura 6.6: Fase 06

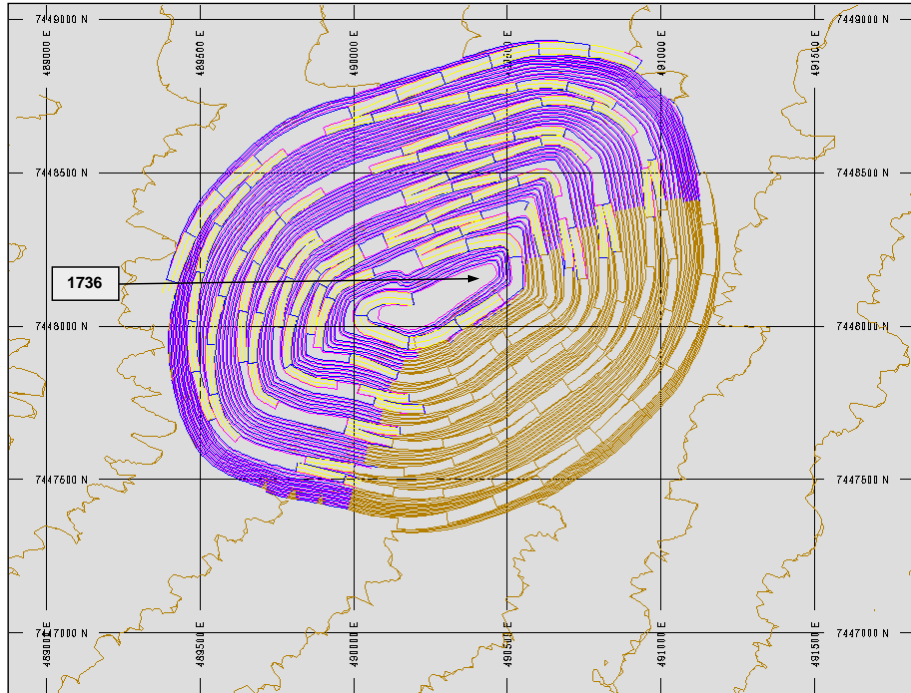


Figura 6.7:Fase 07

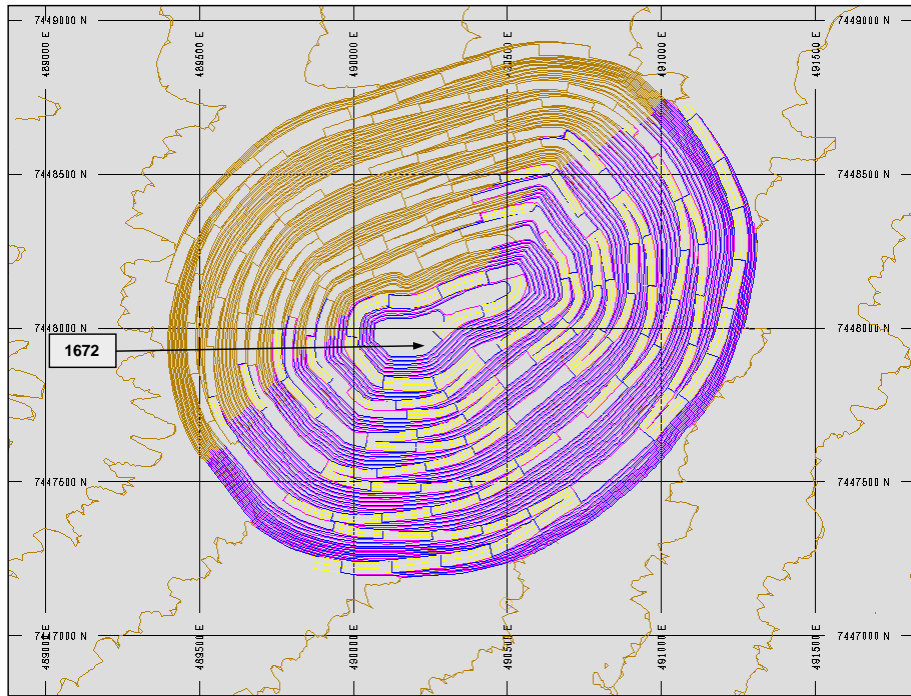


Figura 6.8: Fase 08

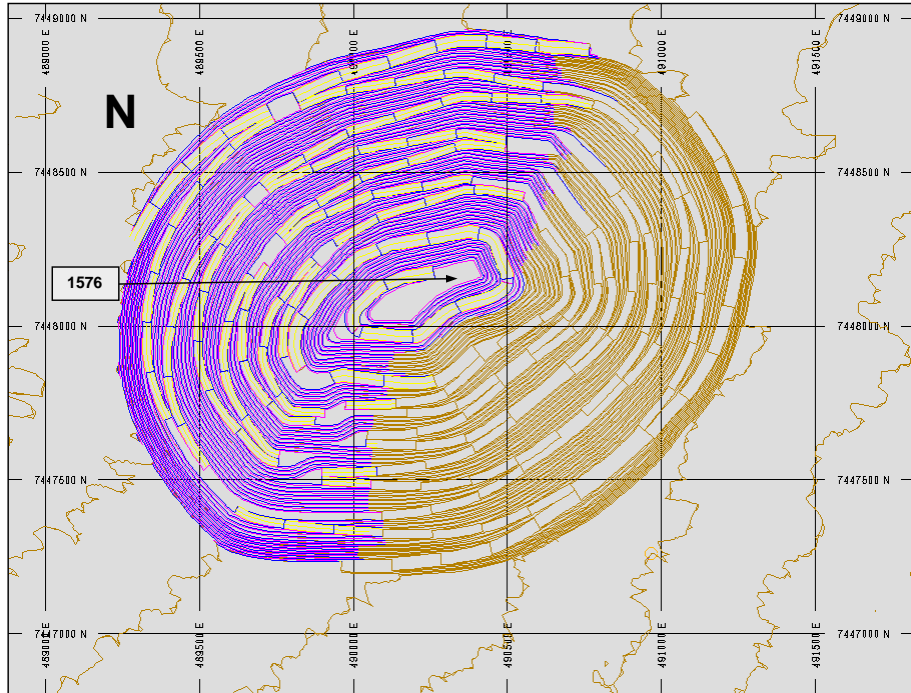


Figura 6.9: Fase 09

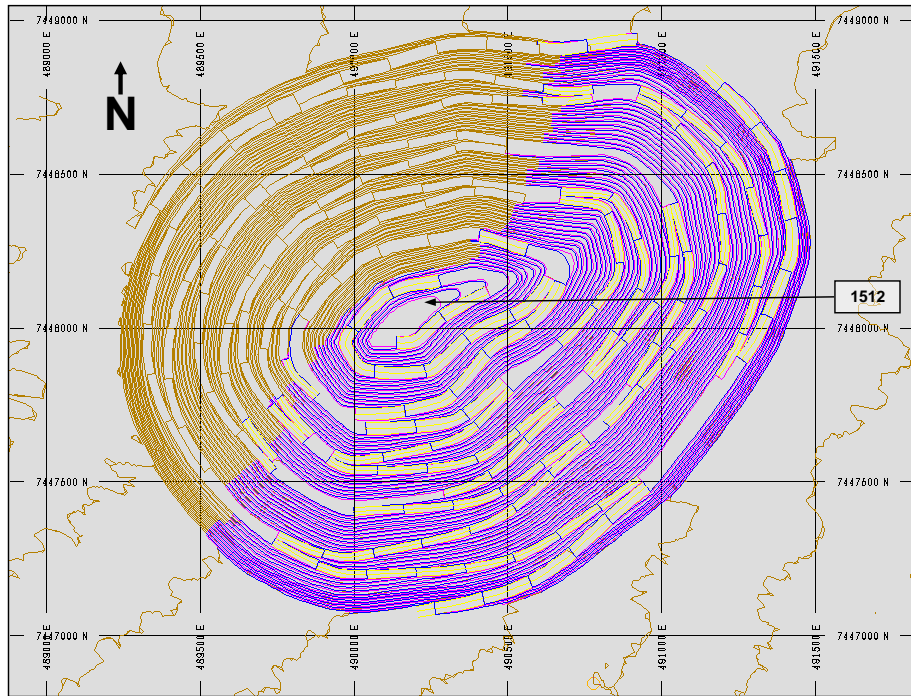


Figura 6.10: Fase 10

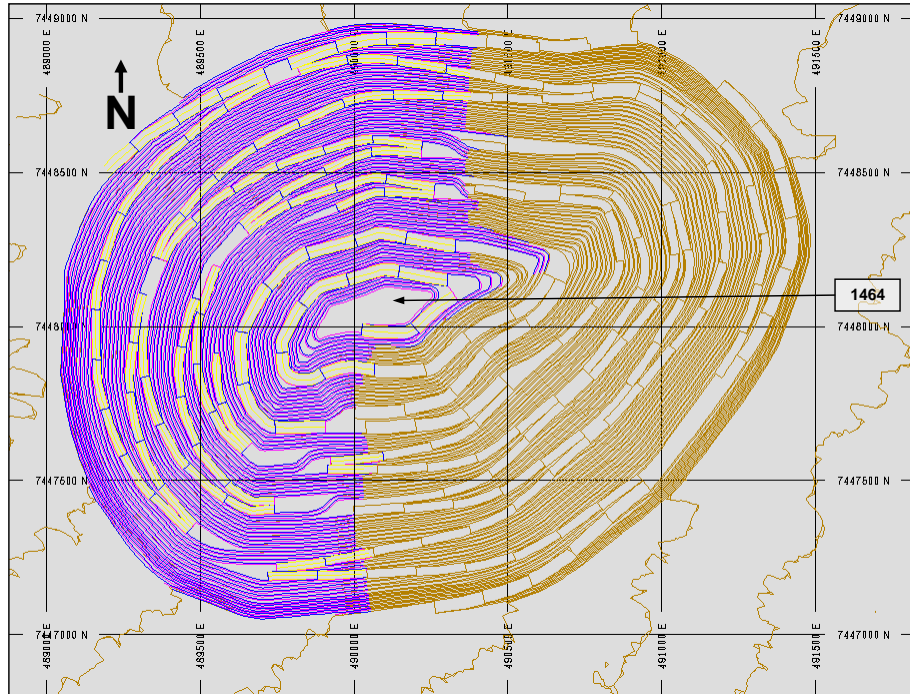
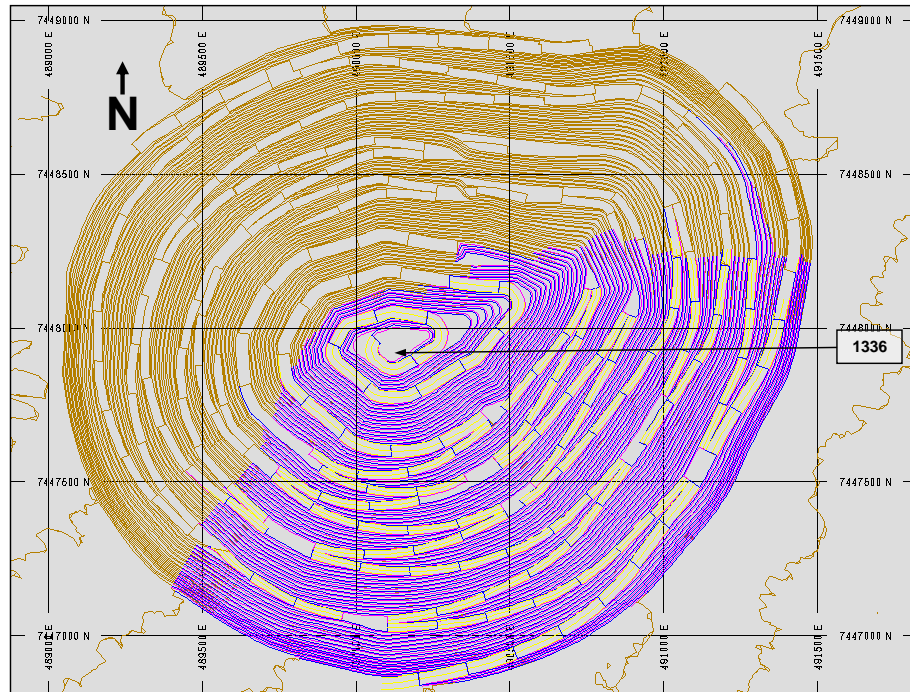


Figura 6.11: Fase 11



Cubicación de Fases

La siguiente tabla muestra las cubicaciones de las fases operativas por tipo de roca.

Tabla 6.1: Cubicación de Fases

FASE	Sulfuros Primarios (Med + Ind)			Sulfuros Secundarios (Med + Ind)			Mixtos (Med + Ind)			Oxidos (Med + Ind)			Lastre kt	Roca Total kt
	Mineral	CuT	CuS	Mineral	CuT	CuS	Mineral	CuT	CuS	Mineral	CuT	CuS		
	kt	%	%	kt	%	%	kt	%	%	kt	%	%		
1	50,219	0.35	0.02	11,445	0.37	0.09	23,953	0.33	0.29	9,941	0.25	0.09	60,764	156,322
2	16,257	0.33	0.02	5,728	0.61	0.13	1,509	0.33	0.29	106,036	0.37	0.18	40,537	170,067
3	37,004	0.37	0.03	4,827	0.51	0.05	4,384	0.44	0.38	11,732	0.42	0.20	61,162	119,109
4	46,668	0.29	0.03	13,694	0.37	0.12	9,858	0.31	0.27	45,673	0.32	0.16	4,873	120,766
5	63,397	0.34	0.04	1,507	0.35	0.13	914	0.26	0.24	3,109	0.31	0.12	2,296	71,223
6	48,112	0.31	0.02	1,130	0.32	0.07	427	0.33	0.29	329	0.28	0.09	1,801	51,799
7	58,031	0.31	0.03	5,807	0.57	0.12	1,821	0.27	0.21	42,538	0.33	0.15	44,622	152,819
8	81,449	0.24	0.02	21,088	0.63	0.09	7,411	0.29	0.26	1,976	0.34	0.14	722	112,646
9	101,046	0.27	0.02	15,575	0.69	0.07	25,461	0.38	0.34	20,245	0.12	0.03	76,256	238,583
10	178,569	0.29	0.02	2,449	0.64	0.08	15,088	0.38	0.34	374	0.19	0.03	762	197,242
11	233,370	0.27	0.02	11,166	0.32	0.05	4,622	0.31	0.27	22,278	0.22	0.08	17,402	288,838
TOTAL	914,122	0.29	0.02	94,416	0.52	0.09	95,448	0.35	0.31	264,231	0.32	0.15	311,197	1,679,414

Las cubicaciones fueron realizadas para una ley de corte mayor a cero.

7 SELECCIÓN DE ESCENARIOS A EVALUAR

7.1 Consideraciones preliminares

La selección del escenario productivo se ha realizado abarcando escenarios de producción de una planta concentradora con alimentación a planta desde los 70 ktpd hasta 140 ktpd. Para esto se generó un set de diseños mineros con fases que presentan tamaños adecuados para generar planes mineros para alimentar una planta concentradora una planta de flotación con capacidad de 70 y 90 ktpd, mientras que para los planes mineros capaces de alimentar plantas de 120 y 140 ktpd se consideró agrupar de a dos fases de manera de permitir una buena alimentación a planta. En concreto, se han generado 4 escenarios para su evaluación, una planta de flotación con capacidad de 70, 90, 120 y 140 ktpd.

A continuación se muestran las características de los escenarios a estudiar y la información utilizada en cada caso.

7.1.1 Parámetros y Consideraciones Económicas

Criterio de Evaluación. Cada plan minero es evaluado mediante el uso del software de planificación estratégica. El valor que presente cada escenario (VAN), proviene de los flujos descontados que consideran los gastos directos del procesamiento de materiales, más las inversiones asociadas a cada escenario. La fuente de ingresos corresponde a los productos generados por la planta concentradora.

En particular, todos los parámetros económicos corresponden a valores medios del mercado actual de la minería (según estadísticas de faenas mineras) a excepción de los Capex Mina, los que han sido calculados mediante una estimación matemática, en base a precios y vida útil de equipos tipo.

A continuación se muestran los parámetros económicos que caracterizan los ejercicios mostrados en el presente estudio.

Tabla 7.1: Costos Unitarios

Costo Mina	Valor Promedio	Unidad
Concentradora	1.46	US\$/t
Heap Leach	1.46	US\$/t
Dump Leach	1.79	US\$/t
Botadero	1.72	US\$/t

Costos Procesos	Valor Promedio	Unidad
Concentradora 70 ktpd	6.822	US\$/t
Concentradora 90 ktpd	6.642	US\$/t
Concentradora 120 ktpd	6.579	US\$/t
Concentradora 140 ktpd	6.507	US\$/t

Costos Procesos	Valor	Unidad
Costo Proceso HL	4.4662	US\$/t
Costo Acido HL	según consumo	
Precio Acido	137	US\$/t
Costo Proceso DL	0.414	US\$/t
Costo Acido DL	1.096	US\$/t

Tabla 7.2: Inversiones Planta

Capex Planta				
Escenario	Unidad	Planta	Relaves	Total
70 ktpd	MUS\$	1,421	133	1,555
90 ktpd	MUS\$	1,827	165	1,992
120 ktpd	MUS\$	2,416	213	2,629
140 ktpd	MUS\$	2,786	244	3,030

El monto de las inversiones es imputado íntegramente al inicio de los planes mineros, año 2017, sin diferirlas.

Tabla 7.3: Capital para Tranque de Relaves

Sustaining Mill / Tailing Dump		
Escenario	Valor	Unidad
70 ktpd	0.384	US\$/t
90 ktpd	0.330	US\$/t
120 ktpd	0.260	US\$/t
140 ktpd	0.253	US\$/t

Tabla 7.4: Gastos Generales y de Administración

Escenario	G&A (MUS\$/año)
	Concentradora
70 ktpd	38
90 ktpd	44
120 ktpd	53
140 ktpd	59

Tabla 7.5: Costos de Remanejos

Remanejos	Valor	Unidad
Mina a Stock1	0.37	US\$/t
Stock1 Reclamacion	0.52	US\$/t
Total Remanejo Stock 1	0.89	US\$/t
Mina a Stock2	0.61	US\$/t
Stock2 Reclamacion	0.69	US\$/t
Total Remanejo Stock 2	1.30	US\$/t

7.1.2 Consideraciones técnicas y operacionales.

- ✓ Inicio de planes mineros: año 2017.
- ✓ Inicio de Planta Concentradora: año 2020.
- ✓ Límite para primer Stock de Sulfuros: 170 Mt
- ✓ Límite para segundo Stock de Sulfuros: ilimitado.
- ✓ Número máximo de bancos extraídos por fase (desarrollo vertical): 10 bancos/año.
- ✓ El tamaño de mina para cada escenario es estudiado en forma independiente
- ✓ El ramp up de la planta obedece a un vector que se resume en la siguiente tabla.

Tabla 7.6: Ramp Up Escenarios de Producción

Ramp Up		
Escenario	Producción en año de inicio	
	Mtpa	ktpd
70 ktpd	15,737	43
90 ktpd	20,234	55
120 ktpd	23,167	63
140 ktpd	25,200	69

8 ANALISIS ESTRATEGICO

En el presente capítulo, se revisa el análisis estratégico desarrollado para este estudio, orientado a efectuar primeramente un análisis marginal de fases utilizando los dos grupos de fases diseñadas y, posteriormente, desarrollar el plan de producción preliminar que será la base y entregará los lineamientos para el plan de producción definitivo, en cuanto a extracciones mina, secuencia de fases, destino de los materiales y por sobre todo la estrategia de leyes de corte a utilizar.

Los parámetros económicos y metalúrgicos presentados en los capítulos anteriores, han sido utilizados en este análisis estratégico, donde se ha realizado un nuevo modelo de planificación que permita recoger la nueva información y desarrollar planes considerando que los minerales tienen como posibilidad de beneficio la planta Concentradora y el proceso Dump Leaching.

Metodología Utilizada

A continuación se detalla la forma en que se desarrolló este análisis donde se elaboraron planes de producción y evaluaciones económicas que sirven como referencia para las decisiones de selección. Cabe mencionar, que los resultados de producción y económicos aquí presentados no son los definitivos y tienen el carácter de referencial, permitiendo discriminar de buena manera las decisiones para continuar con la etapa siguiente.

El análisis estratégico se realiza utilizando como herramienta el software COMET, con el cual es posible optimizar y evaluar diferentes alternativas considerando capacidades mina, capacidades proceso, tipos de proceso y consideraciones operacionales mina, como ritmos máximos por fase, distancias verticales, desfases por períodos, entre otros.

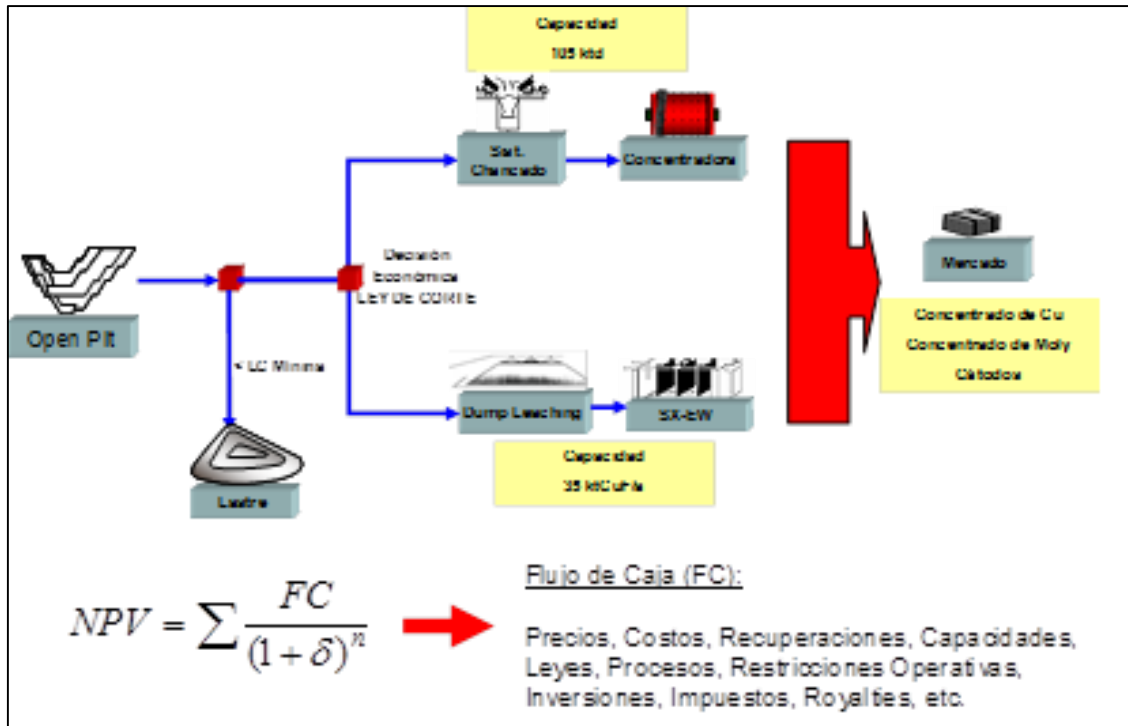
En el proceso de optimización, se analiza simultáneamente la mejor estrategia de leyes de corte, capacidad de proceso versus recuperación, tamaño de capacidad mina, o cualquier política de optimización que se necesite estudiar, mezclando minerales de distintas fases y analizando una extensa cantidad de opciones para inclinarse por la que tiene mejores rendimientos económicos.

Adicionalmente, se incorporan una serie de restricciones operativas, en base a las cuales, es posible encontrar soluciones optimizadas técnicamente factibles, utilizando el concepto del costo de oportunidad para la definición de la política de explotación de los recursos, de acuerdo a la teoría de Kenneth F. Lane.

En la Figura 8.1 se presenta de manera esquemática un modelo de evaluación y los destinos según la estrategia de leyes a aplicar, donde, la estrategia de ley de corte a

Concentradora es variable y la estrategia al proceso DumpLeaching es fija para toda la vida del proyecto.

Figura 8.1: Modelo de Evaluación Planificación Minera



La metodología general aplicada al análisis consistió en:

- Modelamiento con proceso Concentración y DumpLeaching.
- Aplicación de ley de corte variable en proceso Concentración.
- Desarrollo de planes definiendo un máximo de extracción que permitan una adecuada alimentación a planta. En estos planes se incorporan las restricciones operacionales de precedencia para cada fase, bancos a explotar por año y por fase, desfases verticales entre fases y capacidades de planta.
- Verificar el aprovechamiento de la capacidad instalada de la Concentradora y del DumpLeaching.
- Estimación de CAPEX.
- Evaluación Económica.

8.1 Escenarios de Alimentación de Planta Concentradora

Los siguientes gráficos muestran los cuatro escenarios definidos: 70ktpd, 90ktpd, 120ktpd y 140ktpd, el movimiento de material y tasas diarias de alimentación a la concentradora y el mineral de Heap y Dump el tonelaje anual.

8.1.1 Escenario Planta Concentradora 70 ktpd

Figura 8.2: Movimiento de Materiales - Escenario Planta 70ktpd

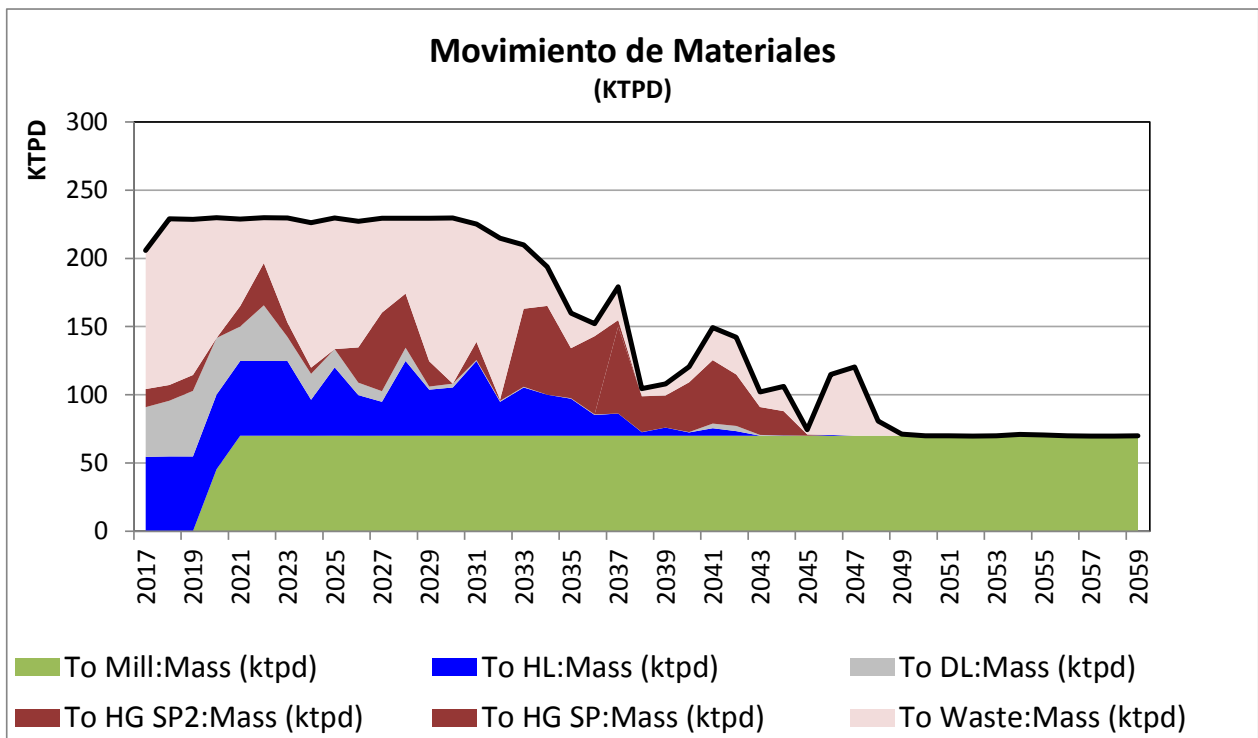


Figura 8.3: Concentradora -Escenario Planta 70ktpd

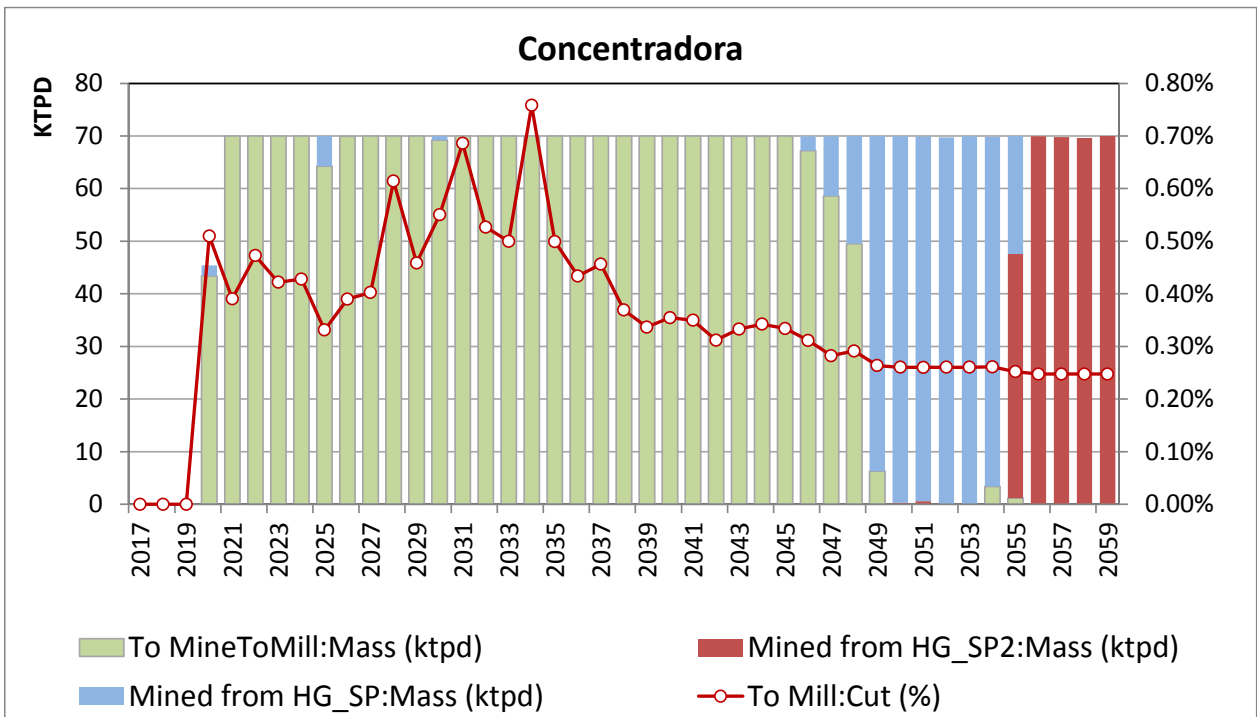
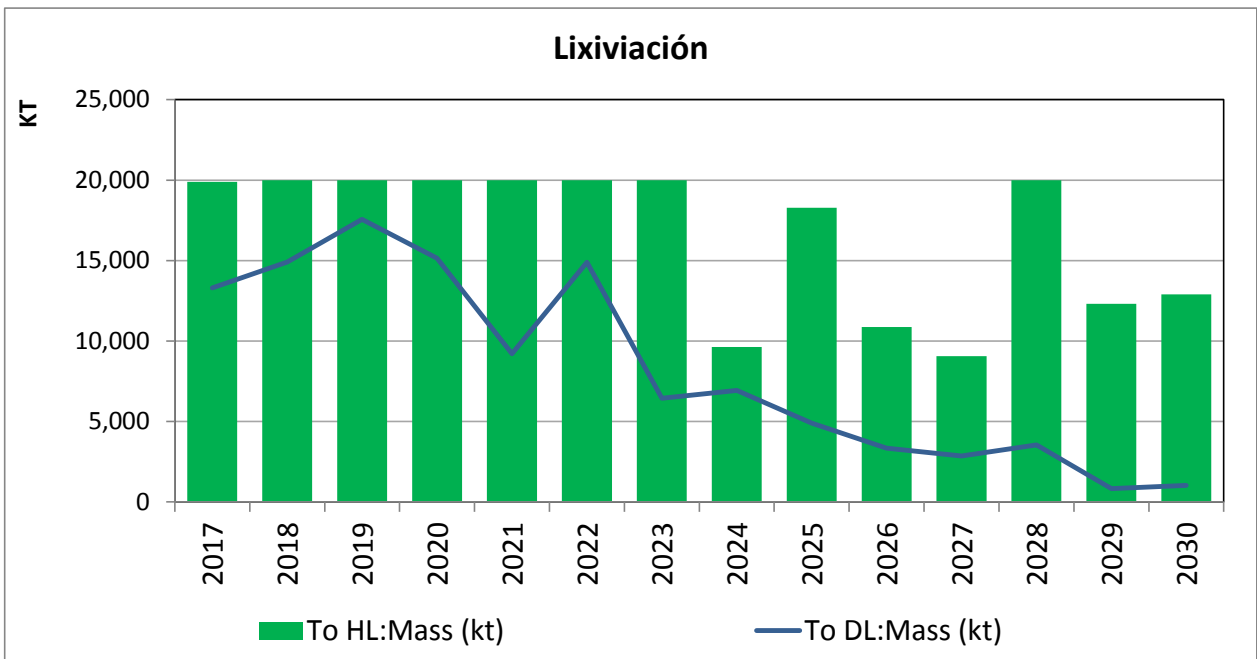


Figura 8.4: Lixiviación - Escenario Planta 70ktpd



Este escenario muestra que los procesos de heap y dump leaching tienen continuidad (más de 10 Mtpa) hasta el año 2030, y luego, los niveles de alimentación para ambos procesos se reducen.

8.1.2 Escenario Planta Concentradora 90 ktpd

Figura 8.5: Movimiento de Materiales -Escenario Planta 90ktpd

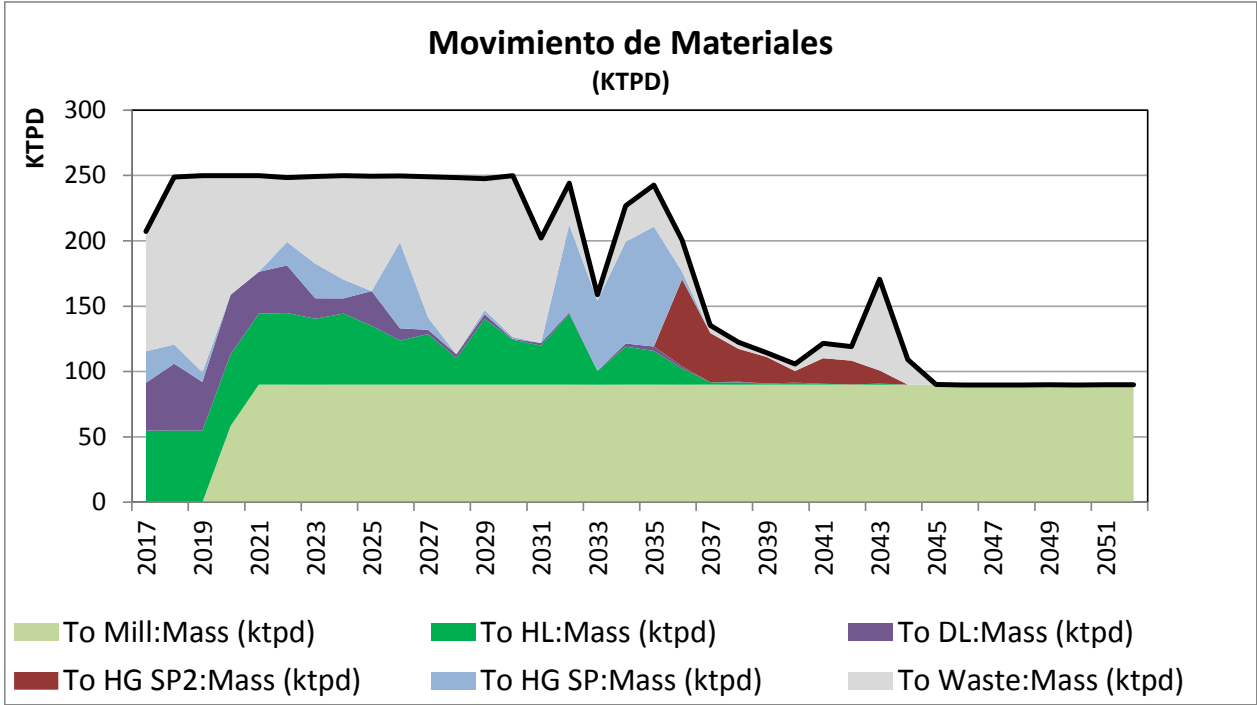


Figura 8.6: Concentradora - Escenario Planta 90ktpd

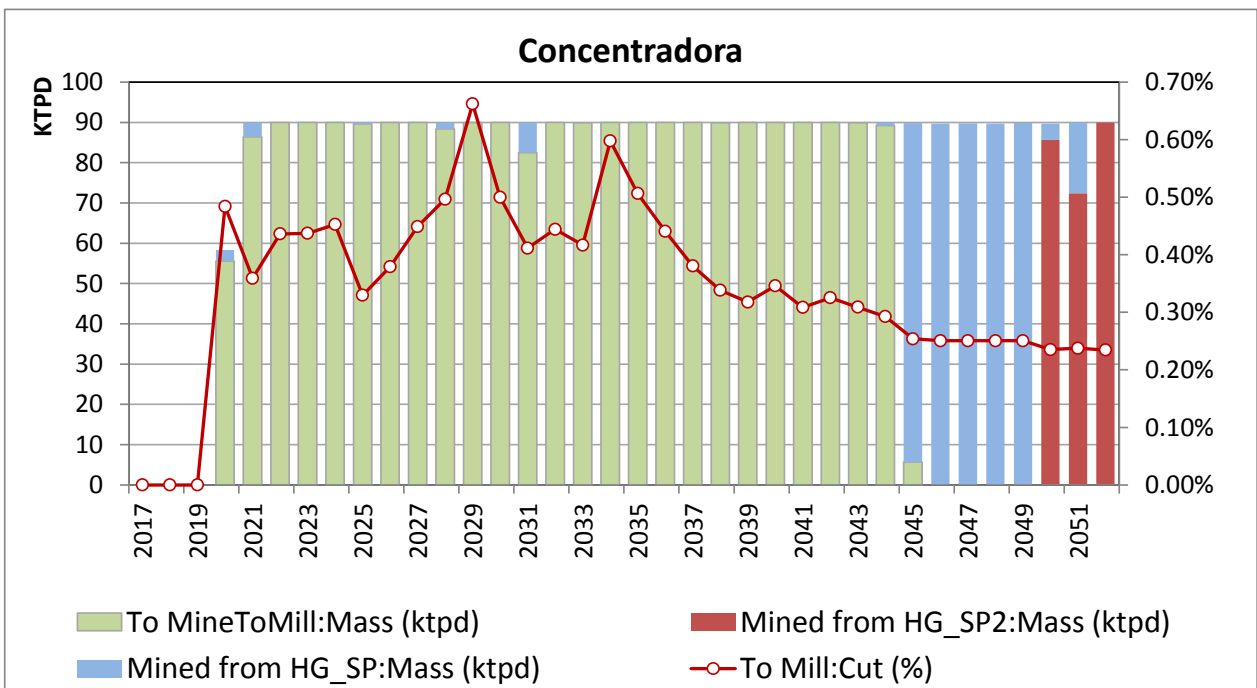
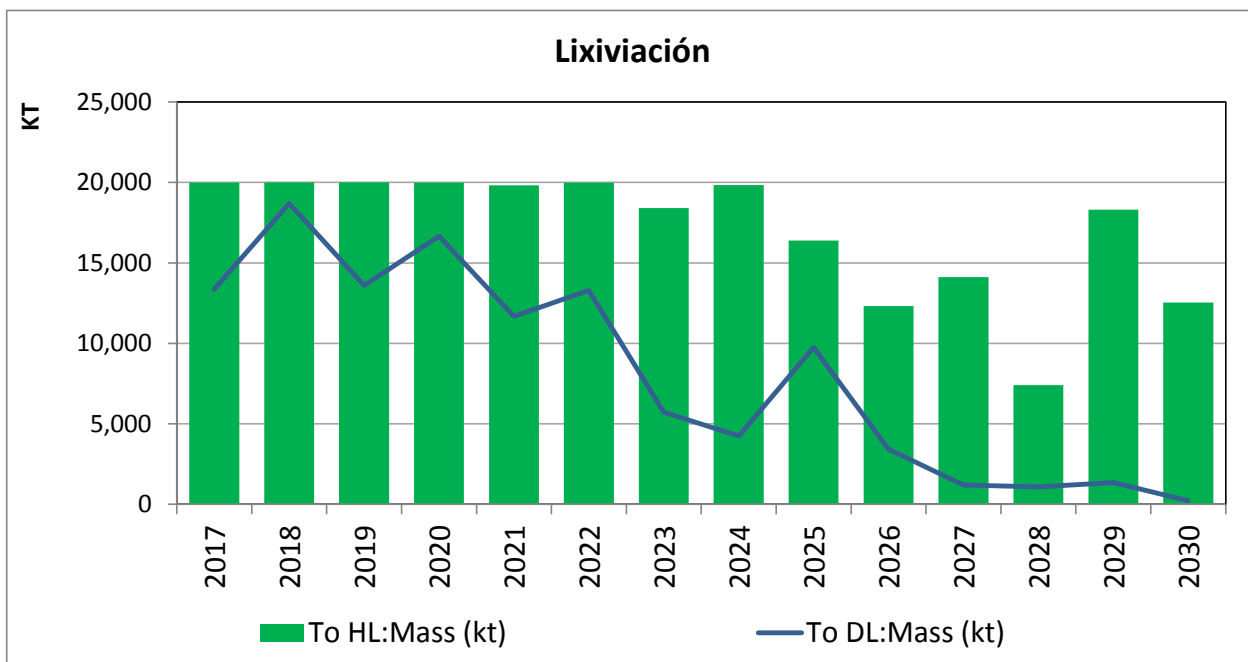


Figura 8.7: Lixiviación - Escenario Planta 90ktpd



Este escenario muestra que los procesos de heap y dupleaching tienen continuidad (más de 10 Mtpa) hasta el año 2028, y luego, los niveles de alimentación a ambos procesos se reducen.

8.1.3 Escenario Planta Concentradora 120ktpd

Figura 8.8: Movimiento de materiales -- Escenario Planta 120 ktpd

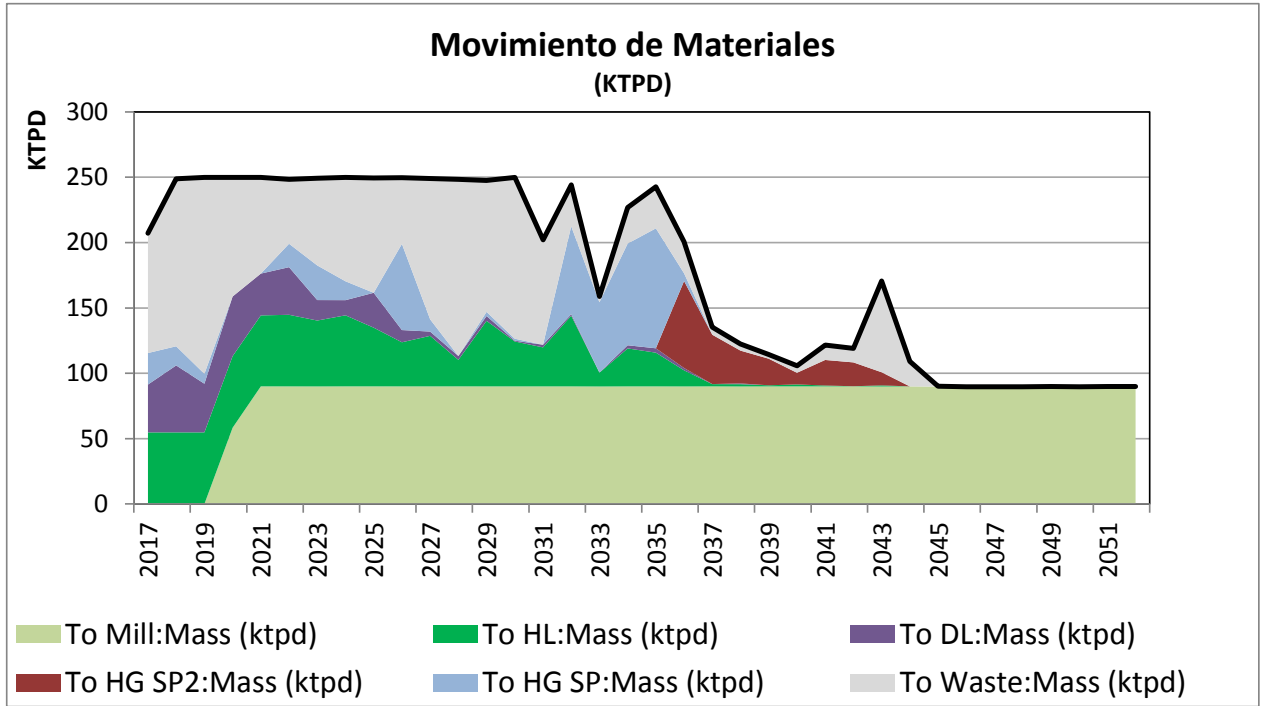


Figura 8.9: Concentradora - Escenario Planta 120 ktpd

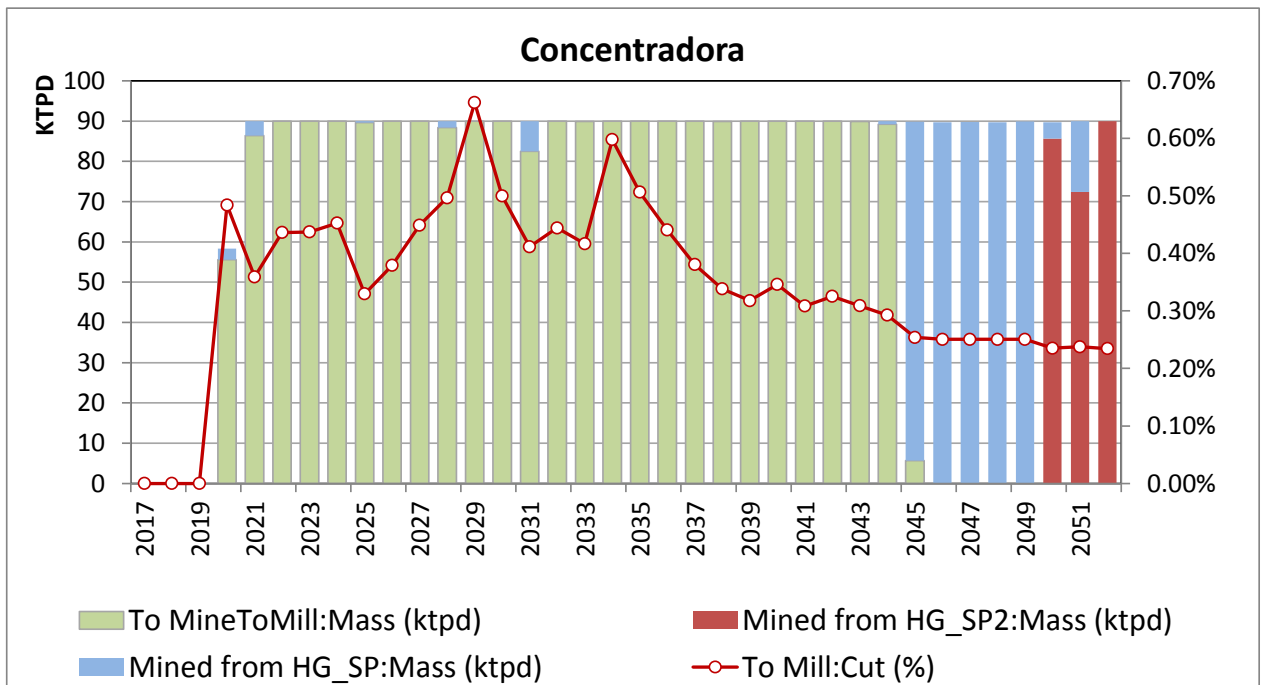
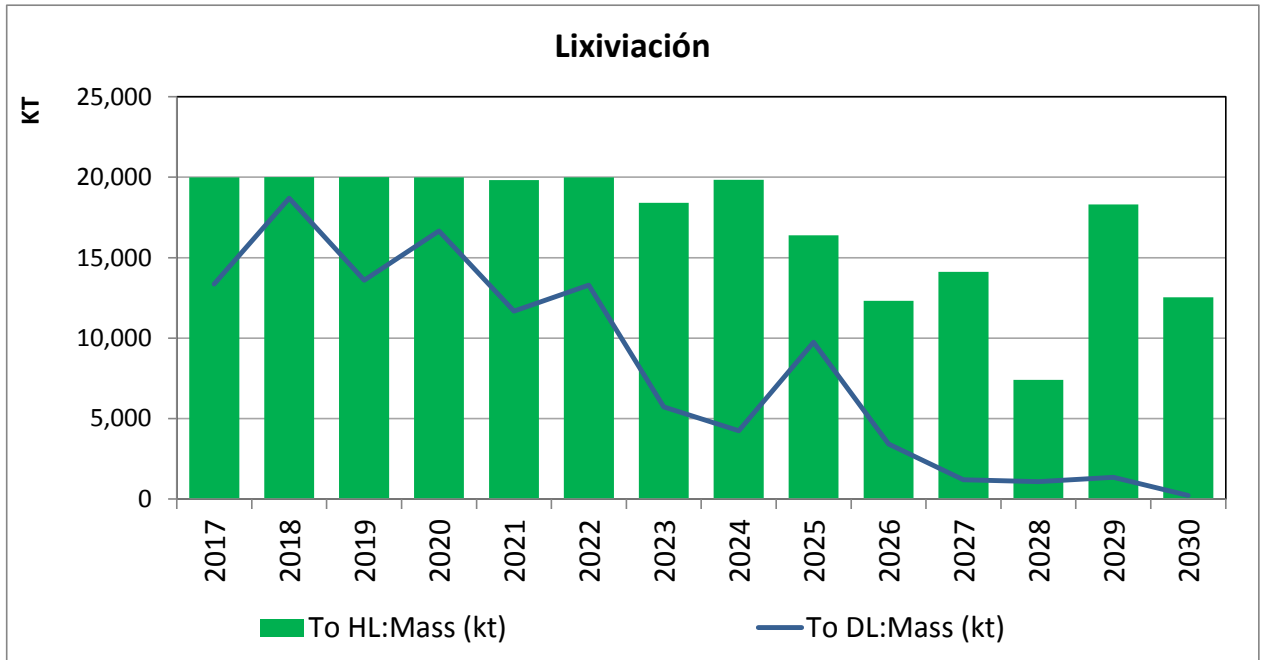


Figura 8.10: Lixiviación - Escenario Planta 120 ktpd



Este escenario muestra que los procesos de heap y dupleaching tienen continuidad hasta el año 2027, y, a continuación, los niveles de alimentación para ambos procesos se reducen.

8.1.4 Escenario Planta Concentradora 140 ktpd

Figura 8.11: Movimiento de Materiales - Escenario Planta 140 ktpd

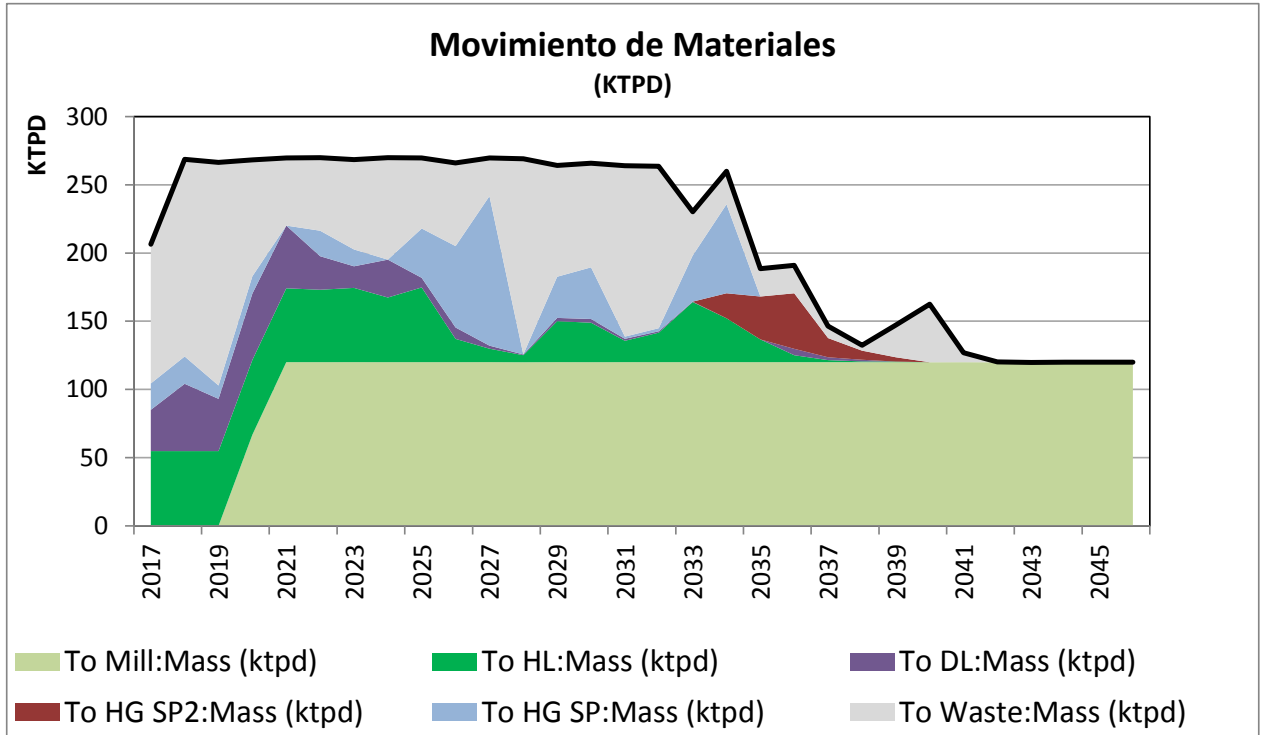


Figura 8.12: Concentradora - Escenario Planta 140 ktpd

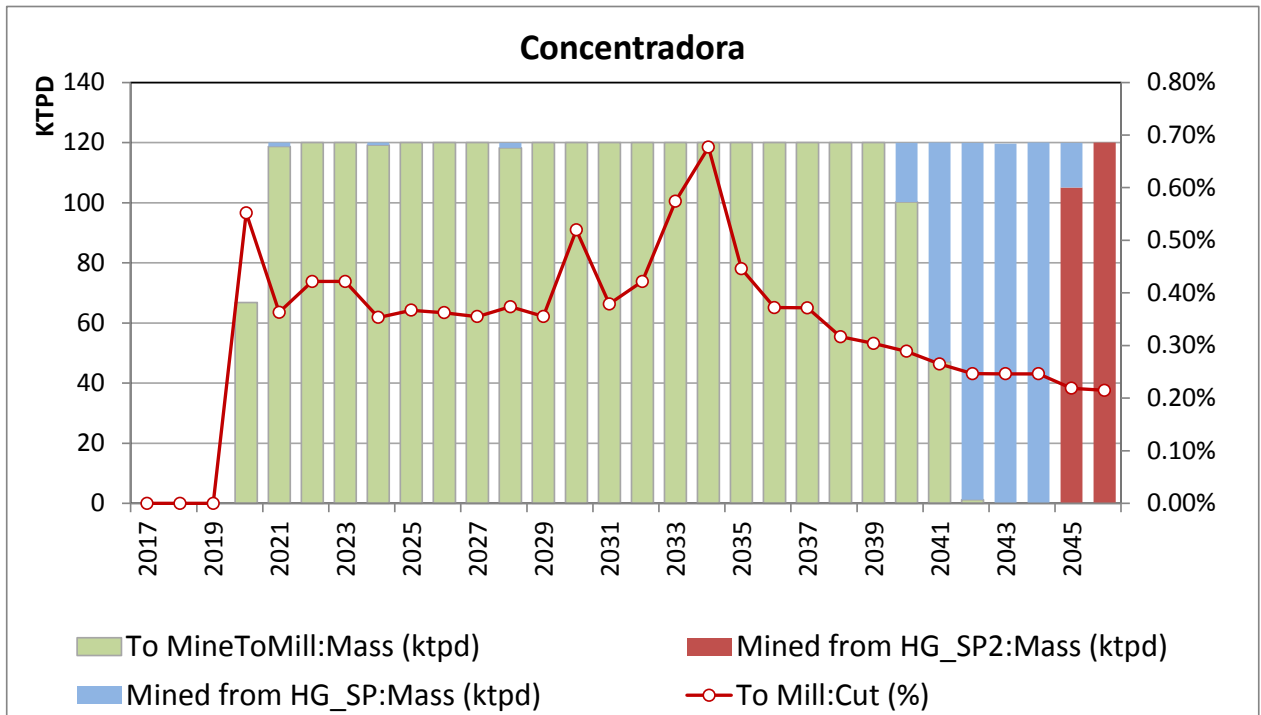
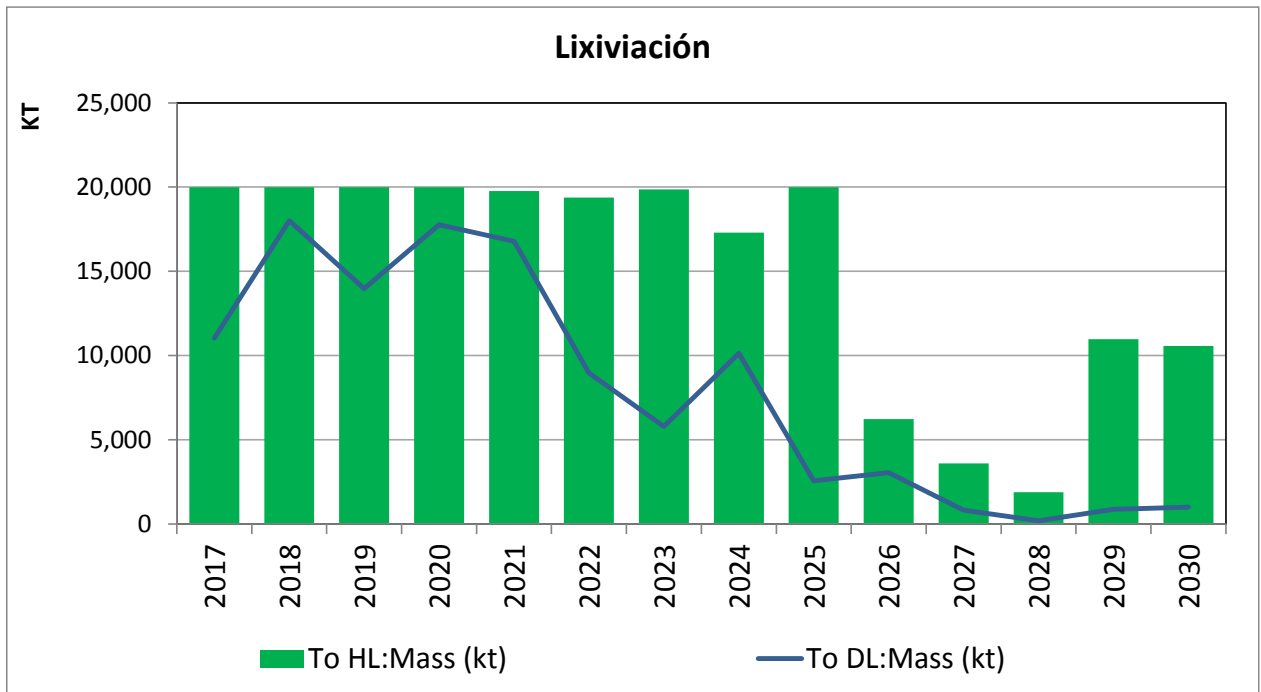


Figura 8.13 : Lixiviación - Escenario Planta 140 ktpd



Este escenario muestra que los procesos de heap y dupleaching tienen continuidad hasta el año 2026, y, a continuación, los niveles de alimentación para ambos procesos se reducen.

9 CAPEX Y OPEX MINA

9.1 Bases de Estimación

El costo de capital para los equipos de la mina se estimó para cada uno de los planes mineros evaluados, y considera el movimiento de material anual para los primeros 14 años (2017-2030) y períodos quinquenales en adelante, para cubrir todos los años de que abarcan los planes mineros.

Para cada período del plan, se midieron las distancias de transporte de origen y destino para los diferentes materiales, teniendo en cuenta las secciones hacia abajo con un ángulo mayor que o igual a 5% como gradiente y las secciones hacia arriba con ángulo mayor que o igual a 5% como pendiente; bajo estas pendientes, se considera un desplazamiento horizontal de los camiones. Desde la Tabla 9.1 a la Tabla 9.4 se muestra un resumen con las distancias de transporte estimadas para cada uno de los escenarios definidos.

Tabla 9.1: Distancias Plan Minero 70 ktpd

Periodo	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Roca Total (kt)	75,145	83,565	83,470	83,924	83,507	83,892	83,795	82,518	83,831	82,887	83,768
Gradiente (m)	436	729	681	731	561	441	439	408	330	384	392
Horizontal (m)	4,469	3,934	3,277	3,182	3,484	4,592	4,656	4,194	3,530	3,332	3,438
Pendiente (m)	2,766	1,550	1,948	1,908	1,953	2,235	2,835	3,292	3,736	3,844	4,144
Total (m)	7,671	6,213	5,906	5,821	5,998	7,268	7,930	7,894	7,596	7,560	7,974

Periodo	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-55	2056-2059	Total
Roca Total (kt)	83,775	83,762	83,848	366,205	242,506	209,414	166,774	128,052	82,546	2,357,184
Gradiente (m)	357	361	424	513	618	472	284	499	499	485
Horizontal (m)	3,589	3,623	3,786	3,582	2,757	2,592	2,015	1,542	1,542	3,217
Pendiente (m)	3,508	3,547	3,689	3,969	4,429	3,970	5,957	2,239	2,239	3,489
Total (m)	7,454	7,531	7,899	8,064	7,804	7,034	8,256	4,280	4,280	7,191

Tabla 9.2: Distancias Plan Minero 90 ktpd

Periodo	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Roca Total (kt)	75,601	90,812	91,222	91,189	91,193	90,694	91,010	91,174	91,049	91,170
Gradiente (m)	438	725	689	689	521	440	424	363	366	390
Horizontal (m)	4,466	3,878	3,261	3,257	3,853	4,618	4,430	3,807	3,399	3,412
Pendiente (m)	2,759	1,584	1,941	1,919	2,047	2,481	3,058	3,550	3,808	4,070
Total (m)	7,662	6,187	5,892	5,865	6,421	7,540	7,912	7,721	7,572	7,871
Periodo	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-52	Total
Roca Total (kt)	90,892	90,698	90,359	91,235	392,304	247,643	222,821	163,818	50,354	2,335,238
Gradiente (m)	363	361	429	513	546	543	353	466	499	485
Horizontal (m)	3,564	3,620	3,559	3,582	3,324	2,672	2,226	1,616	1,542	3,225
Pendiente (m)	3,614	3,544	3,468	3,969	4,113	4,192	5,230	2,818	2,239	3,491
Total (m)	7,541	7,524	7,455	8,064	7,983	7,406	7,809	4,899	4,280	7,201

Tabla 9.3: Distancias Plan Minero 120 ktpd

Periodo	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Roca Total (kt)	75,326	98,043	97,220	97,927	98,478	98,485	97,962	98,549	98,409
Gradiente (m)	442	720	689	655	499	434	398	364	380
Horizontal (m)	4,496	3,824	3,260	3,377	4,063	4,552	4,165	3,604	3,406
Pendiente (m)	2,774	1,605	1,938	1,945	2,166	2,685	3,268	3,679	3,958
Total (m)	7,713	6,149	5,888	5,977	6,728	7,671	7,831	7,647	7,744
Periodo	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-46	Total
Roca Total (kt)	97,136	98,473	98,209	96,444	97,015	440,334	284,584	224,837	2,297,432
Gradiente (m)	373	361	414	502	546	545	426	441	485
Horizontal (m)	3,509	3,604	3,572	3,579	3,324	3,120	2,399	1,747	3,252
Pendiente (m)	3,777	3,564	3,484	3,902	4,113	4,138	4,828	3,338	3,516
Total (m)	7,659	7,529	7,470	7,983	7,983	7,803	7,653	5,527	7,252

Tabla 9.4: Distancias Plan Minero 140 ktpd

Periodo	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Roca Total (kt)	75,700	104,789	105,293	105,709	104,790	105,175	105,813	104,261	105,106
Gradiente (m)	443	720	684	620	481	423	384	371	376
Horizontal (m)	4,493	3,801	3,278	3,530	4,200	4,426	3,945	3,516	3,458
Pendiente (m)	2,769	1,628	1,939	1,994	2,307	2,874	3,429	3,801	3,865
Total (m)	7,705	6,149	5,901	6,143	6,988	7,723	7,758	7,689	7,699
Periodo	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-43	Total
Roca Total (kt)	105,631	103,613	105,727	104,428	100,902	448,702	287,759	115,731	2,289,129
Gradiente (m)	366	394	474	537	545	530	430	372	483
Horizontal (m)	3,564	3,584	3,577	3,372	3,182	3,038	2,430	2,448	3,344
Pendiente (m)	3,655	3,514	3,770	4,068	4,130	4,222	4,850	5,825	3,695
Total (m)	7,585	7,492	7,821	7,977	7,857	7,790	7,711	8,644	7,522

Equipamiento Minero

De la flota de equipos que actualmente opera en la mina y que además estarán disponibles a finales de 2016 y que pueden permanecer en la faena para las principales actividades de perforación, carguío y transporte en el futuro, se tiene la flota de cargadores frontales de apoyo correspondiente al LeTourneau L1800, con cucharón de 28 m³, y funcionara hasta el año 2027, junto con la flota de camiones Komatsu 830 E. Debido a la cantidad de material movido desde el stock y la introducción de camiones 363 t en 2017, se incorporaran palas P&H y cargador frontales adicionales de acuerdo a los requerimiento de movimiento de materiales.

Los equipos de apoyo actuales que pueden continuar en operación corresponden a 3 bulldozer de 580 HP, un Wheeldozer de 527 HP, una motoniveladora de 297 HP, además de un camión aguatero.

Con base en lo anterior, el equipo minero para ser considerado en esta evaluación y sus principales características se muestran en la Tabla 9.5. Esta tabla además, nos servirá para la evaluación del CAPEX del Plan Minero, donde se consideran los precios de algunos equipos de movimiento de tierra de acuerdo a cotizaciones realizadas durante este último año.

Tabla 9.5: Equipamiento Minero

Equipos	Marca	Modelo	Tamaño	Precio (KUS\$)	Vida Util (hrs)
Transporte					
Komatsu 830E	Komatsu	830E DC-AC	220 t	4,589	120,000
Caterpillar 797F	Caterpillar	797F	363 t	6,866	120,000
Carguio					
Pala P&H 4100	P&H	4100	43m ³	25,440	150,000
Cargador Frontal L1800	LeTourneau	L1800	28 m ³	4,515	60,000
Perforación					
Perforadora de Producción	Sandvik	D90ESP	90.000 lbf	4,653	60,000
Perforadora de Control	Sandvik	D75KS	75.000 lbf	3,177	50,000
Equipos Auxiliares					
Bulldozer 580 HP	Caterpillar	CAT D10R	580 HP	1,792	50,000
Wheeldozer 856 HP	Komatsu	WD900	856 HP	1,725	50,000
Wheeldozer 527 HP	Komatsu	WD600	527 HP	2,145	50,000
Motoniveldora 297 HP	Caterpillar	16H/G	297 HP	1,135	50,000
Water Truck	Caterpillar	777D	20.000 gal	2,489	60,000

Parámetros Operacionales

Las estimaciones de los equipos necesarios para el plan de producción consideran una operación continua de 365 días / año, con dos turnos diarios de 12 horas cada uno.

Perforación

Los metros requeridos se estiman considerando una eficiencia de 35.2m/h; un patrón de perforación de 7m x 8,1 m en 270 mm de diámetro (10 5/8 ") para sulfuros y óxidos, y un patrón de perforación de 8.5mx 9.8m en 311 mm de diámetro (12 1/4 ") para el lastre.

Carguío

Palas de cable eléctrico con una capacidad de cuchara de 43 m³ (56 yd³) se utiliza como el principal equipo de carga en el rajo, y cargadores frontales de 28 m³ (37 yd³) de capacidad de la cuchara para manejar el mineral de los stocks y como equipo de apoyo al carguío.

Transporte

Los 28 camiones de 220-t (CAEX) existentes al final de 2016 son reemplazadas por las unidades 363-T cuando su vida útil expira. La matriz de velocidad del camión utilizado para estimar la flota necesaria se muestra en la Tabla 9.6.

Tabla 9.6: Velocidad CAEX

Item	unidad	Valor
Velocidad subiendo cargado	km/h	14.2
Velocidad bajando cargado	km/h	29.0
Velocidad horizontal cargado	km/h	47.4
Velocidad subiendo vacío	km/h	42.5
Velocidad bajando vacío	km/h	34.5
Velocidad horizontal vacío	km/h	48.2

Equipos auxiliares

La flota de equipos auxiliares necesarios se relaciona principalmente con el número de equipos mayores y los botaderos activos.

9.1.1 Flota Equipos Definido para Cada Escenario

La flota de equipos necesarios para cumplir con los planes de producción definidos en cada uno de los escenarios se muestra desde la Tabla 9.7 hasta la Tabla 9.10, que se muestran a continuación.

Tabla 9.7: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 70 ktpd

Item	Periodo									
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Movimiento de Materiales (ktpd)	206	229	229	230	229	230	230	226	230	227
Distancia Transporte Promedio (m)	7,671	6,213	5,906	5,821	5,998	7,268	7,930	7,894	7,596	7,560
Transporte										
Komatsu 830E	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Caterpillar 797F	10	13	13	13	13	15	18	21	22	22
Total	38	41	41	41	41	43	46	49	50	50
Carguio										
Pala P&H 4100 43m ³	3	3	3	3	4	4	5	5	5	4
Cargador Frontal L1800 28m ³	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Perforación										
Perforadora de Producción	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Perforadora de Control	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Equipos Auxiliares										
Bulldozer 580 HP	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wheeldozer 527 HP	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Motoniveldora 297 HP	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
Water Truck	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4

Item	Periodo									
	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-55	2056-59
Movimiento de Materiales (ktpd)	230	230	229	230	201	133	115	91	70	75
Distancia Transporte Promedio (m)	7,974	7,454	7,531	7,899	8,064	7,804	7,034	8,256	4,280	4,280
Transporte										
Komatsu 830E	28	9	8	8	8	1				
Caterpillar 797F	22	22	22	22	22	21	16	14	7	6
Total	50	31	30	30	30	22	16	14	7	6
Carguio										
Pala P&H 4100 43m ³	4	3	3	3	3	2	2	2		
Cargador Frontal L1800 28m ³	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Perforación										
Perforadora de Producción	5	3	3	3	3	2	2	2		
Perforadora de Control	1	1	1	1	1	1	1	1		
Equipos Auxiliares										
Bulldozer 580 HP	7	5	5	5	5	4	3	3	2	2
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wheeldozer 527 HP	3	2	2	2	2	2	1	1		
Motoniveldora 297 HP	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1
Water Truck	4	3	3	3	3	2	1	1	1	1

Tabla 9.8: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 90 ktpd

Item	Periodo									
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Movimiento de Materiales (ktpd)	207	249	250	250	250	248	249	250	249	250
Distancia Transporte Promedio (m)	7,662	6,187	5,892	5,865	6,421	7,540	7,912	7,721	7,572	7,871
Transporte										
Komatsu 830E	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Caterpillar 797F	10	16	16	16	16	16	21	25	25	25
Total										
Carguio										
Pala P&H 4100 43m3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5
Cargador Frontal L1800 28m3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Perforación										
Perforadora de Producción	4	4	4	4	4	4	5	6	5	5
Perforadora de Control	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Equipos Auxiliares										
Bulldozer 580 HP	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wheeldozer 527 HP	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Motoniveldora 297 HP	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5
Water Truck	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5

Item	Periodo									
	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-52	
Movimiento de Materiales (ktpd)	249	248	248	250	215	136	122	90	28	
Distancia Transporte Promedio (m)	7,541	7,524	7,455	8,064	7,983	7,406	7,809	4,899	4,280	
Transporte										
Komatsu 830E	28	10	9	9	9	1	0	0	0	
Caterpillar 797F	25	24	24	24	24	23	15	23	3	
Total										
Carguio										
Pala P&H 4100 43m3	5	3	3	3	3	2	2	3	0	
Cargador Frontal L1800 28m3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	
Perforación										
Perforadora de Producción	6	3	3	3	3	2	2	3	0	
Perforadora de Control	1	1	1	1	1	1	1	2	0	
Equipos Auxiliares										
Bulldozer 580 HP	8	5	5	5	5	4	3	5	1	
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
Wheeldozer 527 HP	3	2	2	2	2	2	2	2	0	
Motoniveldora 297 HP	5	3	3	3	3	2	2	3	1	
Water Truck	5	3	3	3	3	2	2	2	0	

Tabla 9.9: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 120 ktpd

Item	Periodo								
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Movimiento de Materiales (ktpd)	206	269	266	268	270	270	268	270	270
Distancia Transporte Promedio (m)	7,713	6,149	5,888	5,977	6,728	7,671	7,831	7,647	7,744
Transporte									
Komatsu 830E	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Caterpillar 797F	10	18	18	18	18	18	21	28	28
Total									
Carguio									
Pala P&H 4100 43m3	3	4	4	4	4	4	6	6	6
Cargador Frontal L1800 28m3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Perforación									
Perforadora de Producción	4	5	5	5	5	5	6	6	6
Perforadora de Control	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Equipos Auxiliares									
Bulldozer 580 HP	6	7	7	7	7	7	8	9	9
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wheeldozer 527 HP	2	2	2	2	3	3	4	4	4
Motoniveldora 297 HP	3	4	4	4	4	4	5	5	5
Water Truck	3	4	4	4	4	4	5	5	5

Item	Periodo							
	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45
Movimiento de Materiales (ktpd)	266	270	269	264	266	241	156	123
Distancia Transporte Promedio (m)	7,659	7,529	7,470	7,983	7,983	7,803	7,653	5,527
Transporte								
Komatsu 830E	28	28	11	9	9	10	1	0
Caterpillar 797F	28	28	28	27	27	27	25	22
Total								
Carguio								
Pala P&H 4100 43m3	5	5	4	4	4	4	2	2
Cargador Frontal L1800 28m3	2	2	1	1	1	1	1	1
Perforación								
Perforadora de Producción	6	6	4	3	3	3	2	2
Perforadora de Control	1	1	1	1	1	1	1	1
Equipos Auxiliares								
Bulldozer 580 HP	9	9	6	6	6	6	5	4
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	1
Wheeldozer 527 HP	4	4	2	2	2	2	2	1
Motoniveldora 297 HP	5	5	4	4	4	4	3	3
Water Truck	5	5	4	4	4	4	2	1

Tabla 9.10: Flota de Equipos Necesarios Plan Minero 140 ktpd

Item	Periodo								
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Movimiento de Materiales (ktpd)	207	287	288	290	287	288	290	286	288
Distancia Transporte Promedio (m)	7,705	6,149	5,901	6,143	6,988	7,723	7,758	7,689	7,699
Transporte									
Komatsu 830E	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Caterpillar 797F	10	21	21	21	21	21	24	29	29
Total									
Carguio									
Pala P&H 4100 43m3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
Cargador Frontal L1800 28m3	2	3	3	3	4	4	5	5	5
Perforación									
Perforadora de Producción	4	5	5	5	5	5	6	6	6
Perforadora de Control	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Equipos Auxiliares									
Bulldozer 580 HP	6	8	8	8	8	8	9	9	9
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wheeldozer 527 HP	2	3	3	3	3	4	4	4	4
Motoniveldora 297 HP	3	4	4	4	4	4	5	5	5
Water Truck	3	4	4	4	4	4	5	5	5

Item	Periodo							
	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-43
Movimiento de Materiales (ktpd)	289	284	290	286	276	246	158	63
Distancia Transporte Promedio (m)	7,585	7,492	7,821	7,977	7,857	7,790	7,711	8,644
Transporte								
Komatsu 830E	28	28	11	9	10	10	1	0
Caterpillar 797F	29	29	29	29	28	28	25	7
Total								
Carguio								
Pala P&H 4100 43m3	5	5	5	4	4	4	2	1
Cargador Frontal L1800 28m3	5	4	3	3	2	1	1	1
Perforación								
Perforadora de Producción	6	6	4	4	4	4	2	1
Perforadora de Control	2	2	2	1	1	1	1	0
Equipos Auxiliares								
Bulldozer 580 HP	9	9	6	6	6	6	5	1
Wheeldozer 856 HP	1	1	1	1	1	1	1	0
Wheeldozer 527 HP	4	4	3	3	3	3	2	0
Motoniveldora 297 HP	5	5	4	4	4	4	2	1
Water Truck	5	5	4	4	4	4	2	0

9.2 Costos de Capital

Considerando la flota de equipos mineros existentes a finales de 2016 y que permanecerán en operación, y las necesidades de equipos definidas anteriormente de acuerdo a los diferentes escenarios, se generó un programa de adquisición de equipos, incluyendo el aumento de flota y la sustitución.

Una vez definida la programación de la adquisición de equipos, se estiman las inversiones necesarias para cada periodo definido. Desde la Tabla 9.11 a la Tabla 9.18 se muestran los programas de adquisiciones y los flujos de inversiones para cada uno de los escenarios definidos.

Tabla 9.11: Adquisición de Equipos Plan Minero 70 ktpd

Item	Periodo																			
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-55	2056-57
Transporte																				
Komatsu 830E																				
Caterpillar 797F	10	3				2	3	3	1		10					7	5	3		
Total																				
Carguio																				
Pala P&H 4100 43m3	3				1		1													
Cargador Frontal L1800 28m3																			1	
Perforación																				
Perforadora de Producción	2						1			2						2				
Perforadora de Control															1					
Equipos Auxiliares																				
Bulldozer 580 HP	3						1			2					1	3		2		
Wheelozer 856 HP	1											1				1		1		
Wheelozer 527 HP	1				1					2					2			1		
Motoniveladora 297 HP	2						1			2				1	1		2			
Water Truck	2						1			2				1		1		1		

Tabla 9.12: CAPEX Mina Plan Minero 70 ktpd

Item	Periodo																			
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-55	2056-57
Transporte																				
Komatsu 830E																				
Caterpillar 797F	68,660	20,598				13,732	20,598	20,598	6,866		68,660					48,062	34,330	20,598		
Total																				
Carguio																				
Pala P&H 4100 43m3	76,321				25,440		25,440													
Cargador Frontal L1800 28m3																			4,515	
Perforación																				
Perforadora de Producción	9,305						4,653			9,305						9,305				
Perforadora de Control															3,177					
Equipos Auxiliares																				
Bulldozer 580 HP	5,377						1,792			3,585					1,792	5,377		3,585		
Wheelozer 856 HP	1,725											1,725				1,725		1,725		
Wheelozer 527 HP	2,145				2,145					4,290					4,290			2,145		
Motoniveladora 297 HP	2,270						1,135			2,270				1,135	1,135		2,270			
Water Truck	4,977						2,489			4,977				2,489		2,489		2,489		
Total	170,780	20,598			27,586	13,732	56,107	20,598	6,866	24,427	68,660	1,725		3,624	10,395	66,957	36,600	30,541	4,515	
VAC (KUS\$)	334,600																			

Tabla 9.13: Adquisición de Equipos Plan Minero 90 ktpd

Item	Periodo																			
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-52	
Transporte																				
Komatsu 830E																				
Caterpillar 797F	10	6					5	4			10				9	7	3			
Total																				
Carguio																				
Pala P&H 4100 43m3	3				1		1													
Cargador Frontal L1800 28m3													1				1			
Perforación																				
Perforadora de Producción	2						1	1		2						2				
Perforadora de Control												1				1				
Equipos Auxiliares																				
Bulldozer 580 HP	3	1					1	1		2					1	3	1	1		
Wheelozer 856 HP	1											1				1		1		
Wheelozer 527 HP	1				1					2					2		1	1		
Motoniveldora 297 HP	2						1	1		2				1	2		2			
Water Truck	2						1	1		2				1		1		1		

Tabla 9.14: CAPEX Mina Plan Minero 90 ktpd

Item	Periodo																			
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45	2046-50	2051-52	
Transporte																				
Komatsu 830E																				
Caterpillar 797F	68,660	41,196					34,330	27,464			68,660				61,794	48,062	20,598			
Total																				
Carguio																				
Pala P&H 4100 43m3	76,321				25,440		25,440													
Cargador Frontal L1800 28m3													4,515				4,515			
Perforación																				
Perforadora de Producción	9,305						4,653	4,653		9,305						9,305				
Perforadora de Control												3,177				3,177				
Equipos Auxiliares																				
Bulldozer 580 HP	5,377	1,792					1,792	1,792		3,585					1,792	5,377	1,792	1,792		
Wheelozer 856 HP	1,725											1,725				1,725		1,725		
Wheelozer 527 HP	2,145				2,145					4,290					4,290		2,145	2,145		
Motoniveldora 297 HP	2,270						1,135	1,135		2,270				1,135	2,270		2,270			
Water Truck	4,977						2,489	2,489		4,977				2,489		2,489		2,489		
Total	170,780	42,988			27,586		69,839	37,532		24,427	68,660	4,902	4,515	3,624	70,146	70,135	31,320	8,151		
VAC (KUS\$)	373,479																			

Tabla 9.15: Adquisición de Equipos Mina - Plan Minero 120 ktpd

Item	Periodo																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45
Transporte																	
Komatsu 830E																	
Caterpillar 797F	10	8					3	7		10				9	7	5	
Total																	
Carguio																	
Pala P&H 4100 43m3	3	1					1										
Cargador Frontal L1800 28m3												1				1	
Perforación																	
Perforadora de Producción	2	1					1			2					2		
Perforadora de Control											1					1	
Equipos Auxiliares																	
Bulldozer 580 HP	3	1					1	1		2				1	3		
Wheeldozer 856 HP	1											1				1	
Wheeldozer 527 HP	1				1					2					2		
Motoniveldora 297 HP	2	1					1	1		2			1		2	1	
Water Truck	2	1					1	1		2			1			1	

Tabla 9.16: CAPEX Mina Plan Minero 120 ktpd

Item	Periodo																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-45
Transporte																	
Komatsu 830E																	
Caterpillar 797F	68,660	54,928					20,598	48,062		68,660				61,794	48,062	34,330	
Total																	
Carguio																	
Pala P&H 4100 43m3	76,321	25,440					25,440										
Cargador Frontal L1800 28m3												4,515				4,515	
Perforación																	
Perforadora de Producción	9,305	4,653					4,653			9,305					9,305		
Perforadora de Control											3,177					3,177	
Equipos Auxiliares																	
Bulldozer 580 HP	5,377	1,792					1,792	1,792		3,585				1,792	5,377		
Wheeldozer 856 HP	1,725											1,725				1,725	
Wheeldozer 527 HP	2,145				2,145					4,290					4,290		
Motoniveldora 297 HP	2,270	1,135					1,135	1,135		2,270			1,135		2,270	1,135	
Water Truck	4,977	2,489					2,489	2,489		4,977			2,489			2,489	
Total	170,780	90,437			2,145		56,107	53,478		93,087	3,177	6,240	3,624	63,586	69,304	47,371	
VAC (KUS\$)	404,368																

Tabla 9.17: Adquisición de Equipos Mina - Plan Minero 140 ktpd

Item	Periodo																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-43
Transporte																	
Komatsu 830E																	
Caterpillar 797F	10	11					3	5		10			9	5	7		
Total																	
Carguio																	
Pala P&H 4100 43m3	3	1				1											
Cargador Frontal L1800 28m3		1			1		1					1		1		1	
Perforación																	
Perforadora de Producción	2	1					1			2					2		
Perforadora de Control							1				1					1	
Equipos Auxiliares																	
Bulldozer 580 HP	3	2					1			2				3	1		
Wheeldozer 856 HP	1											1				1	
Wheeldozer 527 HP	1	1				1				2				2			
Motoniveldora 297 HP	2	1					1			2			2	1	1		
Water Truck	2	1					1			2			1		1		

Tabla 9.18: CAPEX Mina Plan Minero 140 ktpd

Item	Periodo																
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031-35	2036-40	2041-43
Transporte																	
Komatsu 830E																	
Caterpillar 797F	68,660	75,525					20,598	34,330		68,660			61,794	34,330	48,062		
Total																	
Carguio																	
Pala P&H 4100 43m3	76,321	25,440				25,440											
Cargador Frontal L1800 28m3		4,515			4,515		4,515					4,515		4,515		4,515	
Perforación																	
Perforadora de Producción	9,305	4,653					4,653			9,305					9,305		
Perforadora de Control							3,177				3,177					3,177	
Equipos Auxiliares																	
Bulldozer 580 HP	5,377	3,585					1,792			3,585				5,377	1,792		
Wheeldozer 856 HP	1,725											1,725				1,725	
Wheeldozer 527 HP	2,145	2,145				2,145				4,290				4,290			
Motoniveldora 297 HP	2,270	1,135					1,135			2,270			2,270	1,135	1,135		
Water Truck	4,977	2,489					2,489			4,977			2,489		2,489		
Total	170,780	119,487			4,515	27,586	38,359	34,330		93,087	3,177	6,240	66,552	49,647	62,783	9,417	
VAC (KUS\$)	432,829																

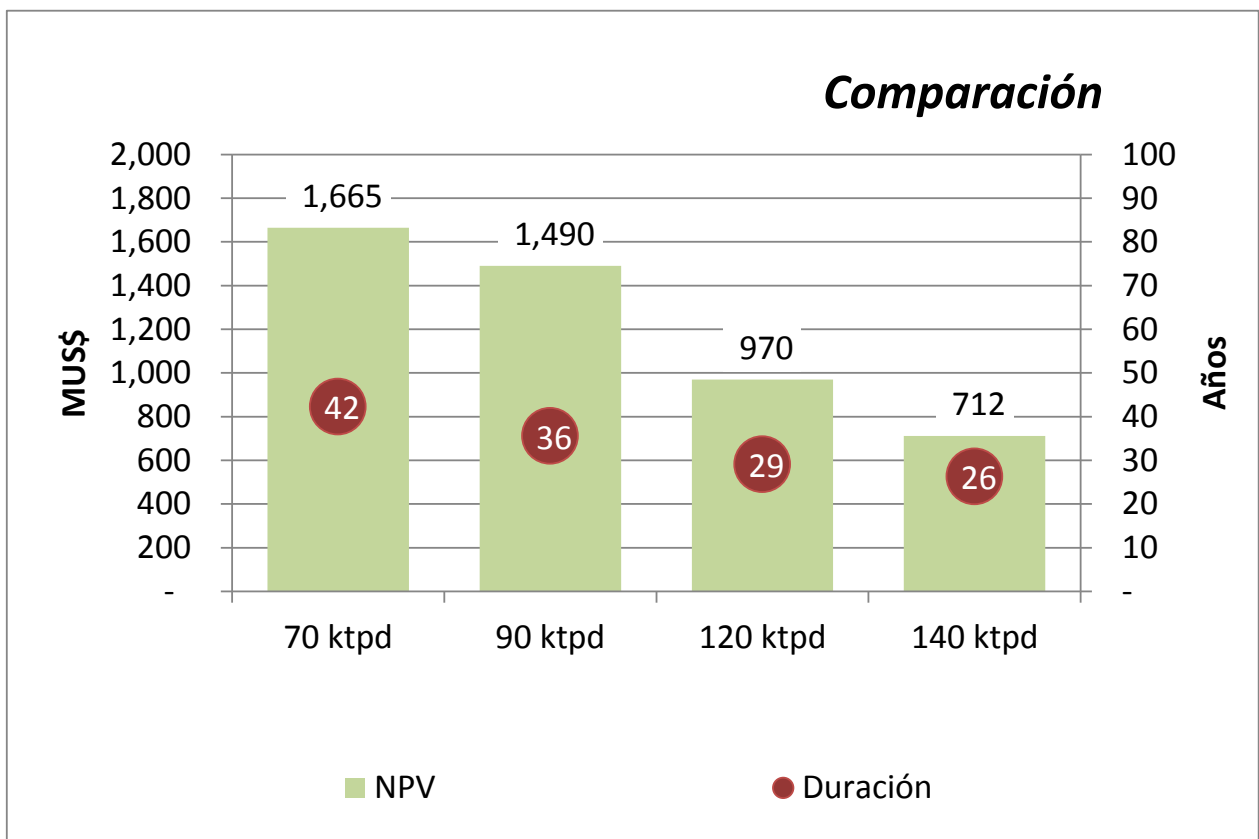
10 EVALUACIÓN Y COMPARACION DE ESCENARIOS

A continuación se revisa el análisis estratégico desarrollado para este estudio, analizando los planes de producción generados y que entregará los lineamientos en cuanto a extracciones mina, secuencia de fases, destino de los materiales y por sobre todo la estrategia de leyes de corte a utilizar.

Comparación y Selección de Escenario

Comparación Económica

Figura 10.1: Comparación VAN Incluyendo Capex Planta



El escenario concentradora 70-ktpd tiene el mayor VAN, es decir, MUS \$ 173 más que el escenario de 90ktpd y MUS \$ 577 más que el escenario con planta de 140-ktpd. La vida útil del proyecto es de 39 años. Durante 5 de estos 39 años la planta solo se alimenta de materiales en stock.

El impacto de las inversiones de plantas se muestra en el gráfico siguiente, donde se observa el VAN referencial estimado para cada escenario, excluyendo las inversiones de las plantas.

Figura 10.2 : Comparación VAN Excluyendo Capex Planta

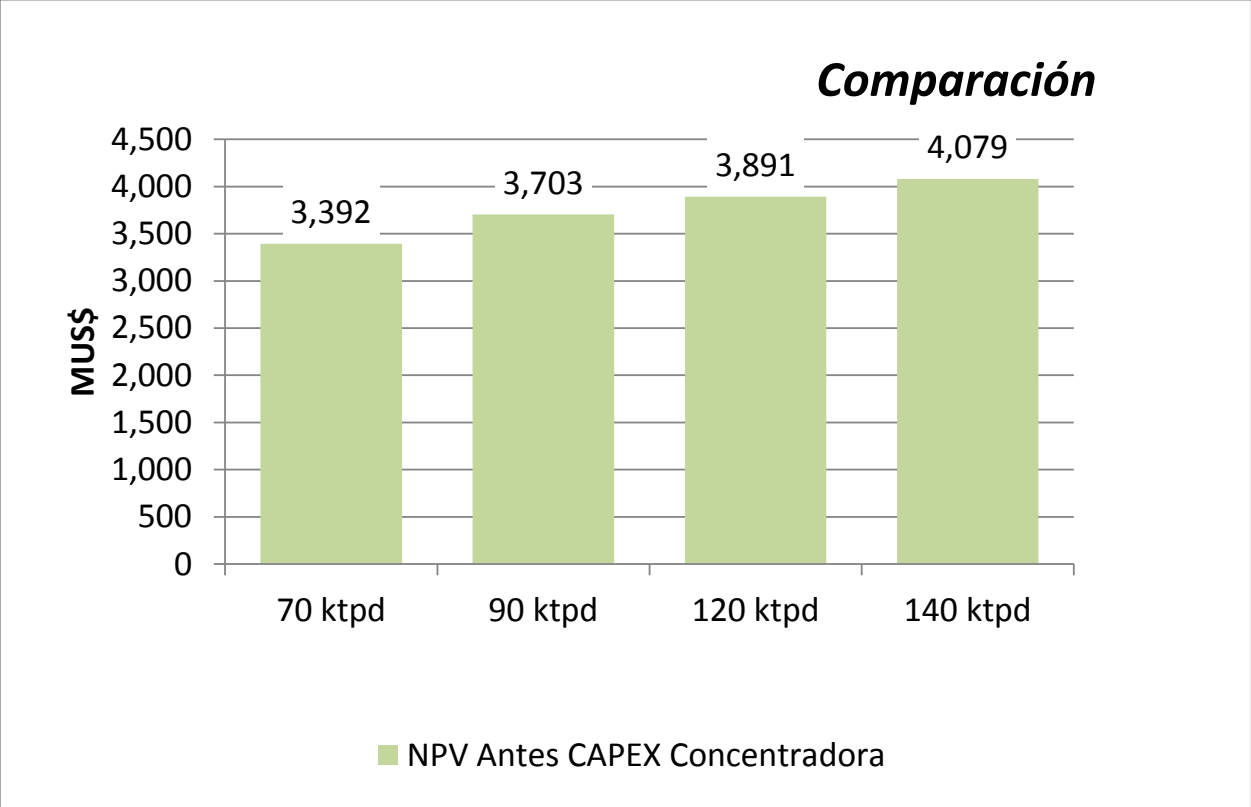


Tabla 10.1: Resumen Indicadores Principales

<i>Item</i>	<i>Unidad</i>	70 ktpd	90 ktpd	120 ktpd	140 ktpd
NPV	MUS\$	1,665	1,490	970	712
Tasa de Descuento	%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%
Vida Util Mina	Años	42	36	29	26
Capacidad Máxima de Mina	ktpd	230	250	270	290
Total Roca Movida	Mt	2,357	2,335	2,297	2,289
Roca Insitu	Mt	2,084	2,084	2,084	2,084
Mineral a Concentradora	Mt	993	1,057	1,122	1,164
Mineral a Heap Leach	Mt	315	301	260	219
Mineral a Dump Leach	Mt	119	118	115	118
Lastre	Mt	658	608	587	583
Mineral Stock Pile 01 (SP)	Mt	173	176	171	179
Mineral Stock Pile 02 (SP)	Mt	100	75	42	25
REM		0.46	0.41	0.39	0.39
Mineral Concentradora	Mt	993	1,057	1,122	1,164
Mineral Heap Leach	Mt	315	301	260	219
Mineral Dump Leach	Mt	119	118	115	118

Tabla 10.2: Producción de Finos

<i>Item</i>	<i>Unidad</i>	70 ktpd	90 ktpd	120 ktpd	140 ktpd
FINOS		4,157	4,247	4,321	4,357
Concentrado Cu	kt	3,203	3,336	3,508	3,609
Concentrado Mo	kt	24	26	27	28
Concentrado Au	kt	0	0	0	0
Concentrado Ag	kt	1	2	2	2
Heap Leach CuT	kt	770	727	635	563
Dump Leach CuT		158	156	150	155

Tabla 10.3 : Costos Unitarios Resultantes

<i>Item</i>	<i>Unidad</i>	70 ktpd	90 ktpd	120 ktpd	140 ktpd
Costo Mina	Mt	-1.46	-1.46	-1.46	-1.46
Costo Concentradora	Mt	-7.58	-7.38	-7.31	-7.23
Costo HL	Mt	-4.33	-4.33	-4.33	-4.33
Costo DL	Mt	-0.41	-0.41	-0.41	-0.41

Si bien el tener una planta de mayor tamaño, permite una menor vida útil del proyecto y mejores flujos, la inversión asociada a la construcción de plantas mayor tamaño hace que el negocio, en términos de VAN, disminuya en la medida que aumenta el tamaño de la planta, haciendo que la planta de menor tamaño (70 ktpd) sea el mejor negocio.

Análisis de Sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad a algunas variables (Costo Proceso, Precio de Cu e Inversión de la Planta) que influyen en el cálculo del VAN del proyecto, de manera de visualizar los efectos que genera en el VAN una variación de ellos. La Tabla 10.4 muestra un resumen de los resultados de estos análisis, y también se observan gráficamente desde la

Tabla 10.4: Resultados Análisis de Sensibilidad

<i>Item</i>	<i>Units</i>	70 ktpd	90 ktpd	120 ktpd	140 ktpd
Van Nominal	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. C.Proceso -20%	MUS\$	3,170	3,050	2,612	2,394
VAN. C.Proceso -10%	MUS\$	2,417	2,270	1,791	1,553
VAN. C.Proceso 0%	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. C.Proceso 10%	MUS\$	912	709	149	-129
VAN. C.Proceso 20%	MUS\$	160	-71	-672	-971
VAN. Precio Cu -20%	MUS\$	-3,800	-4,092	-4,708	-5,012
VAN. Precio Cu -10%	MUS\$	-1,067	-1,301	-1,869	-2,150
VAN. Precio Cu 0%	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. Precio Cu 10%	MUS\$	4,397	4,281	3,809	3,574
VAN. Precio Cu 20%	MUS\$	7,129	7,072	6,648	6,435
VAN. Inversión Planta -20%	MUS\$	2,010	1,932	1,554	1,385
VAN. Inversión Planta -10%	MUS\$	1,838	1,711	1,262	1,049
VAN. Inversión Planta 0%	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. Inversión Planta 10%	MUS\$	1,492	1,268	678	375
VAN. Inversión Planta 20%	MUS\$	1,319	1,047	386	38

Figura 10.3: Sensibilización VAN según Costo Proceso

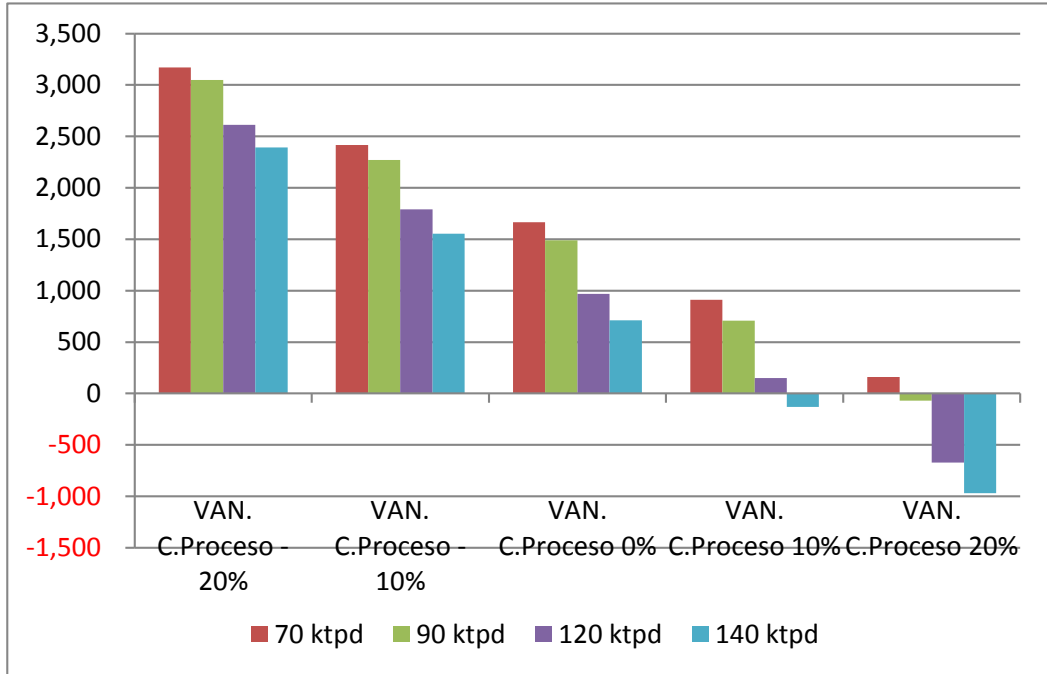


Figura 10.4: Sensibilización VAN según Precio Cu

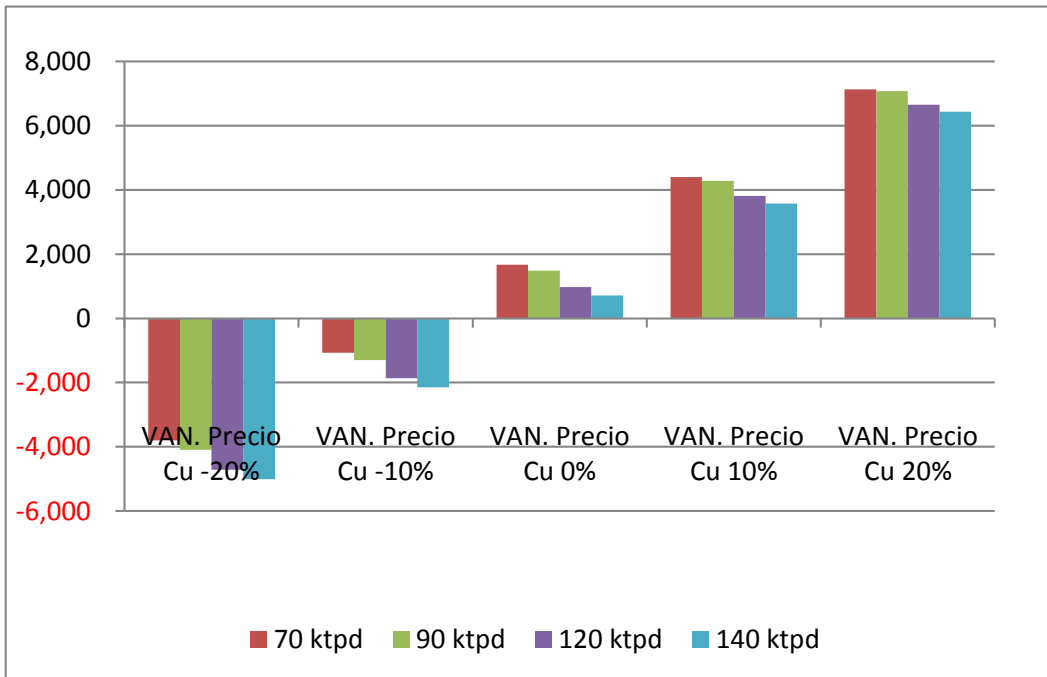
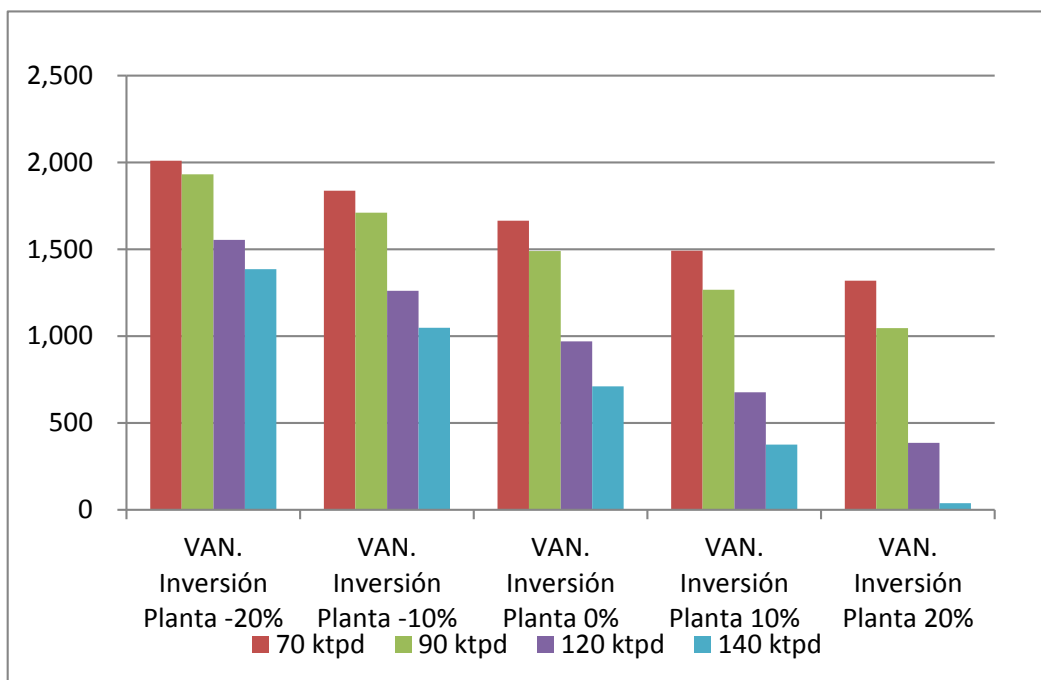


Figura 10.5: Sensibilización VAN según Inversión Planta



En general, la variación en pequeños porcentajes de las variables analizadas, y para las condiciones y características del yacimiento, no generan un cambio respecto de cual debiera ser el mejor negocio, y se mantiene la tendencia a utilizar la planta de menor tamaño.

Una disminución en la inversión de la planta permite un acercamiento en el valor del VAN de los escenarios definidos, pero la disminución de un 20% no permite cambiar la toma de decisión.

En resumen se puede concluir que un yacimiento de este tamaño y características, y bajo las actuales condiciones de mercado, no soporta una planta de proceso de gran tamaño, siendo lo más convenientes tener una planta de proceso de 70 ktpd, por sobre las otras alternativas definidas.

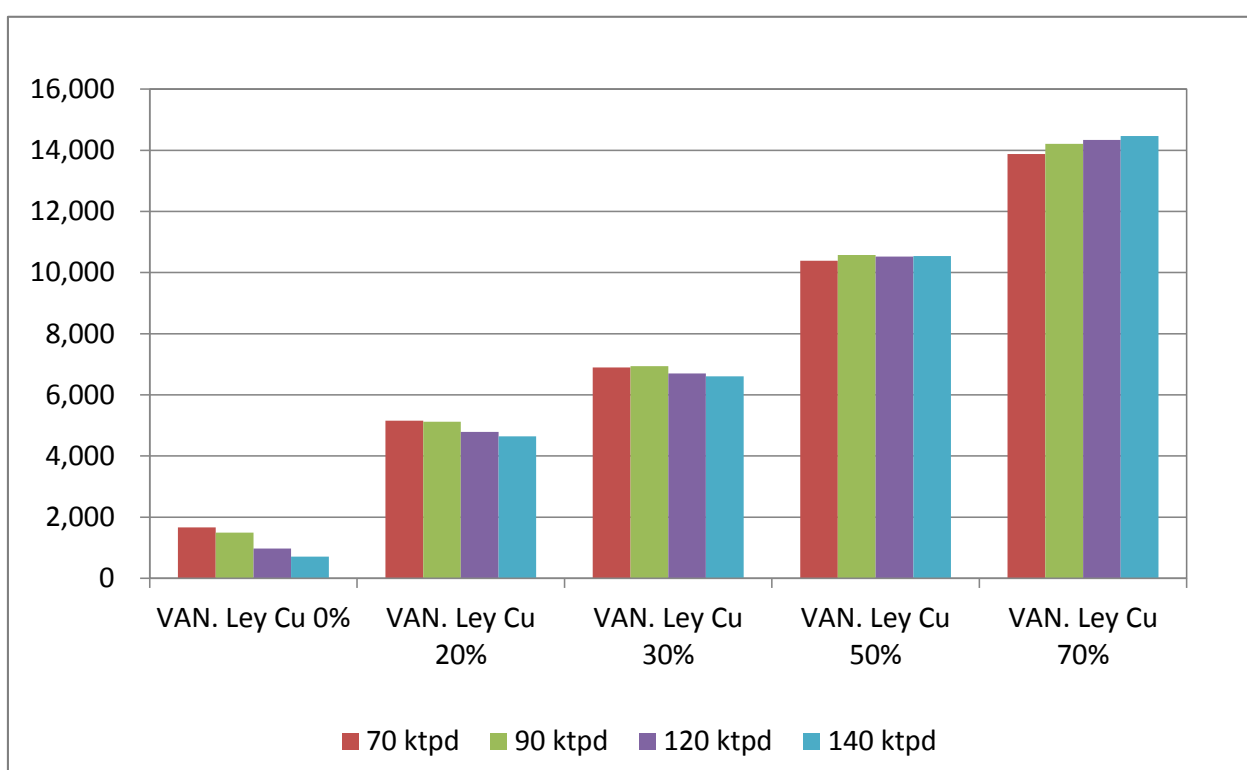
Aumento de fino de cobre en yacimiento

Para visualizar el efecto que tendría en los resultados la situación de tener un yacimiento de mejor calidad, es decir mejores leyes de cobre y por lo tanto la oportunidad de tener una mayor producción de fino de Cu, se realizó una sensibilización aumentando las leyes de cobre del yacimiento. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 10.5 y gráficamente en la Figura 10.6.

Tabla 10.5: Sensibilización VAN por Aumento de Ley de Cobre

Item	Units	70 ktpd	90 ktpd	120 ktpd	140 ktpd
Van Nominal	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. Ley Cu 0%	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. Ley Cu 20%	MUS\$	5,153	5,123	4,790	4,643
VAN. Ley Cu 30%	MUS\$	6,897	6,940	6,700	6,608
VAN. Ley Cu 50%	MUS\$	10,386	10,573	10,520	10,539
VAN. Ley Cu 70%	MUS\$	13,874	14,207	14,340	14,469

Figura 10.6: Sensibilización VAN por Aumento de Ley de Cobre



Se observa que para un aumento de la ley de cobre de más de un 30%, los resultados obtenidos para los 4 escenarios evaluados se encuentran dentro un margen que corresponde al error del estudio, esto quiere decir, que con un aumento de un 30 % de finos de Cu en el yacimiento debiéramos empezar a cambiar nuestra decisión, y optar por plantas de mayor tamaño, ya que además de generar un mejor VAN, nos permite tener un negocio con menos años de vida y una recuperación de la inversión en menor tiempo.

11 CONCLUSIONES

- La inversión en planta de procesamiento es la variable que tiene mayor incidencia dentro del VAN, y es la que definitivamente marca mayor diferencia entre un escenario y otro a la hora de tomar una decisión respecto de la mejor alternativa. Su valor es porcentualmente muy alto en comparación con otras inversiones del proyecto, como por ejemplo la inversión en equipos mina, por lo tanto, ésta es una de las variables que requiere del mayor atención y prolijidad a la hora de ser evaluada, de manera de tener sus valores dentro de un marco realmente esperado. La Tabla siguiente muestra la relación porcentual entre el Capex Mina y el Capex Planta.

Item	Units	Caso			
		70 ktpd	90 ktpd	120 ktpd	140 ktpd
Capex Planta	MUS\$	1,727	2,214	2,921	3,367
Capex Mina	MUS\$	273	293	308	335
% Capex Mina sobre Capex Planta	%	15.8	13.2	10.5	10.0

- Los resultados obtenidos además indican que el VAN del proyecto es muy sensible al precio del cobre y al costo de proceso, ya que estas variables están dentro de las que definen el paso de recursos mineros a reservas mineras económicamente explotables. Esto debido a la naturaleza económica de las reservas mineras, ya que una vez reconocido la existencia de un yacimiento con sus características (recurso minero), son los costos asociados a su extracción versus el beneficio económico de procesar estos minerales, determinaran si su extracción es técnica y económicamente viable, pasando a ser parte de las reservas mineras.
Esto es, por ejemplo, si baja el precio del cobre se definirá una menor cantidad de reservas mineras, por ende una menor cantidad de fino y de posibles ingresos futuros. Lo mismo sucederá si aumenta el costo de procesamiento de minerales.
- De acuerdo al análisis de sensibilidad respecto de las leyes del yacimiento, se puede concluir que para que el escenario de 140 ktpd se convierta en la alternativa más atractiva en términos de VAN, deberíamos tener un yacimiento con leyes de cobre mayores en aproximadamente un 50 %. Es decir, que el aumento del 50 % de fino de cobre, sin aumentar el tonelaje de roca a mover ni el material a procesar, nos permite absorber la inversión asociada a una planta de 140 ktpd, generando un mayor beneficio económico que las otras alternativas. La tabla siguiente muestra los índices económicos esperados para los diferentes escenarios si se considera un aumento porcentual de la ley de cobre del yacimiento.

<i>Item</i>	<i>Units</i>	70 ktpd	90 ktpd	120 ktpd	140 ktpd
Van Nominal	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. Ley Cu 0%	MUS\$	1,665	1,490	970	712
VAN. Ley Cu 20%	MUS\$	5,153	5,123	4,790	4,643
VAN. Ley Cu 30%	MUS\$	6,897	6,940	6,700	6,608
VAN. Ley Cu 50%	MUS\$	10,386	10,573	10,520	10,539
VAN. Ley Cu 70%	MUS\$	13,874	14,207	14,340	14,469

- En resumen se puede decir que para el yacimiento evaluado, las actuales condiciones de mercado no soportaran tamaños de planta de 120 – 140 ktpd, debido a la gran inversión que representan este tipo de plantas, siendo un mejor negocio extraer el yacimiento con una explotación a menor escala de 70 ktpd.
- En términos generales, una visión global de los últimos años en la gran minería nos indica que existe una disminución de las leyes medias de los yacimientos por agotamiento de reservas, y que los nuevos yacimientos descubiertos presentan bajas leyes medias o bien se encuentran ubicados a gran profundidad, aumentando largamente la relación estéril – mineral, lo que está haciendo cada vez más complicada el desarrollo de plantas de procesamiento de gran escala.

12 BIBLIOGRAFIA

- The Managment of Mineral Resources, Juan Camus S.
- Base de Datos de Metálica Consultores S.A.
- Material Docente MBA Minero Universidad de Chile, Facultad de Ingenieria.