



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

**DESARROLLO DE UN METODO HEURISTICO PARA LA
GENERACION DE PROGRAMAS MINERIO DE CORTO PLAZO EN
MINERIA DE COBRE A CIELO ABIERTO**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION DE
OPERACIONES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL**

ESTEBAN JAVIER ASTE SAINZ

**PROFESOR GUÍA:
RAFAEL EPSTEIN NUMHAUSER**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ANDRES WEINTRAUB POHORILLE
RODOLFO URRUTIA URIBE
RAUL CARMONA CORTES**

**SANTIAGO DE CHILE
MARZO 2012**

RESUMEN

El problema de programación minera de corto plazo en minería a cielo abierto abarca un gran espectro de decisiones operacionales. Estas decisiones deben tomarse a nivel de extracción minera, transporte de material y durante los procesos de planta a los se somete el mineral obtenido.

Además de las muchas decisiones, deben tomarse en cuenta un número considerable de restricciones operacionales al momento de secuenciar la extracción de las diferentes áreas de la mina que se encuentran en explotación. Estas restricciones incluyen interferencias entre equipos (palas) en operación, distancias de seguridad entre diferentes zonas de la mina en explotación, conectividad al interior de las áreas explotadas, capacidades de transporte, de planta y emisiones de contaminantes, entre otras. Esto, sumado a la responsabilidad de cumplir con las metas impuestas por la planificación minera de largo plazo.

Para resolver el problema de programación de corto plazo en minería a cielo abierto se recurrió a un método heurístico, debido a la complejidad y al gran número de combinaciones posibles en la toma de decisiones. El problema es dividido en dos subproblemas: Mina y Planta. Para resolver el Subproblema de Secuenciamiento en la extracción minera se recurre a la utilización de una técnica heurística conocida como Backtracking o Vuelta Atrás, la cual se genera árboles compuestos por nodos que representan los estados temporales de la mina a medida que la extracción avanza. En caso de que algún nodo represente un estado que no cumpla con las restricciones operacionales (nodo infactible), la técnica vuelve atrás uno o más nodos y continúa buscando una solución factible hasta encontrarla. Para el Subproblema de Programación de Planta se utiliza un modelo de programación lineal tomando como información de entrada la solución obtenida en el subproblema anterior.

El resultado obtenido corresponde a una herramienta capaz de generar programas mineros de corto plazo de calidad que cumplen satisfactoriamente con todas las restricciones operacionales y con las metas impuestas por la planificación de largo plazo. Además, la metodología propuesta es lo suficientemente flexible como para permitir la interacción con el planificador minero. Finalmente, los tiempos de ejecución del método son muy bajos, por lo que el planificador es capaz de utilizarlo para analizar diferentes alternativas y escenarios de forma rápida y eficiente. Todo lo anterior consiste en un gran avance al acercar la planificación a la operación en la industria minera.

“Confía en Jehová con todo tu corazón, y no te apoyes en tu propio entendimiento.

En todos tus caminos tómalo en cuenta, y él mismo hará derechas tus sendas.”

(Proverbios 3:5,6)

AGRADECIMIENTOS

Antes de darle vuelta a la última página de capítulo universitario de mi vida, vale la pena darle el merecido reconocimiento a quienes, como personajes de una novela, participaron en su inicio, desarrollo y desenlace.

Primero que todo, quiero darle las gracias a toda mi familia por su apoyo incondicional. A mi hermano Daniel, futuro ingeniero y un crack. A mi papá, cuyos sabios consejos me mantuvieron alineado con lo verdaderamente importante durante toda la carrera. A mi mamá, cuyo estímulo y ayuda constante en mi etapa escolar y universitaria, en especial durante la redacción de este informe de tesis, fueron fundamentales para poder lograr llegar a la meta. Sin ella simplemente no hubiera sido posible.

Quiero también agradecer a mis compañeros de armas, a mis amigos con los que batallé día tras día, hombro con hombro en la U. A *Beto*, *Tonnino*, Alan, Álvaro y tantos más. Quizás debí hacer un anexo para nombrarlos a todos.

Obviamente, como también hay vida aparte de la U, poca pero hay, quiero agradecer a las personas que han sido parte de mi vida y me han acompañado durante todos estos años. A mis grandes amigos rancagüinos: Johnny, Esteban, Ailín, *Vale*, *Rorrito*, Jonathan y Hugo. A mi compadre: Antonio, que me apañó desde que llegué a Santiago y nunca ha dejado de hacerlo. Y a mi amigo/profe/compañero de entrenamiento: Felipe.

El proyecto detrás de este informe de tesis fue complejo, es por eso que merecen un agradecimiento especial quienes participaron conmigo en llevarlo a cabo: Felipe, Rodolfo, Cristian, Raúl (*Gurú*), *Kiko* y mi profe guía, Rafael. Gracias por sus aportes, su consejo, su paciencia y su confianza.

A todos y cada uno de ustedes... **Gracias Totales.**

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: ANTECEDENTES DELA MINERÍA A CIELO ABIERTO EN CHILE	2
1.1 ANTECEDENTES GENERALES	3
1.1.1 Situación actual de la Industria Minera en Chile	3
1.1.2 Divisiones operativas de CODELCO Chile	3
1.1.3 División Chuquicamata	4
1.2 PROCESO MINERO	5
1.2.1 Etapa de Mina.....	5
1.2.2 Etapa de Almacenamiento de Mineral	8
1.2.3 Etapa de Chancado Primario	8
1.2.4 Etapa de Preparación de Planta.....	9
1.2.5 Etapa de Planta	9
1.3 LÍNEAS DEL PROCESO	10
1.4 PLANIFICACIÓN MINERA.....	12
1.4.1 Planificación de Largo Plazo	12
1.4.2 Programación de Corto Plazo	13
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	15
2.1 INTRODUCCIÓN AL BACKTRACKING	16
2.1 ÁRBOLES DE BÚSQUEDA.....	20
2.2 ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO	21

CAPITULO 3: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	23
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	24
3.2 PROBLEMA DE SECUENCIAMIENTO	24
3.2.1 Condiciones y Parámetros Iniciales	25
3.2.2 Decisiones	27
3.2.3 Restricciones Operacionales	27
3.2.4 Objetivos Finales	32
3.3 PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN DE PLANTA	33
3.3.1 Condiciones y Parámetros Iniciales	34
3.3.2 Decisiones	35
3.3.3 Restricciones Operacionales	36
3.3.4 Objetivos Finales	36
CAPITULO 4: OBJETIVOS.....	37
4.1 OBJETIVO GENERAL	38
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
CAPITULO 5: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	39
5.1 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	40
5.2 SUBPROBLEMA DE SECUENCIAMIENTO.....	41
5.2.1 Modelación de Elementos Mineros	42
5.2.1.1 Poligonales	42
5.2.1.2 Bancos	43
5.2.1.3 Fases o Expansiones	44

5.2.1.4	Minas	44
5.2.1.5	Palas	45
5.2.2	Modelamiento de restricciones operacionales.....	45
5.2.2.1	Diseño y Actualización de la Red de Poligonales	45
5.2.2.2	Referencia de Poligonales.....	46
5.2.2.3	Poligonales Antecesoras	48
5.2.2.4	Interferencia Operacional entre Palas	49
5.2.2.5	Poligonales Vecinas.....	50
5.2.2.6	Poligonales Accesibles	51
5.2.2.7	Conectividad entre Bancos	52
5.2.2.8	Poligonales de Tránsito.....	54
5.2.2.9	Actualización de la Red de Poligonales Accesibles	55
5.2.2.10	Actualización del Grafo de Poligonales del Mismo Banco	56
5.2.2.11	Actualización del Grafo de Poligonales del Banco Superior.....	58
5.2.3	Descripción del Método de Secuenciamiento	59
5.2.3.1	Interacción con el Usuario	61
5.2.3.2	Árboles	62
5.2.3.3	Nodos	63
5.2.3.4	Restricciones Explícitas.....	64
5.2.3.5	Restricción Implícita o Criterio de Finalización	65
5.2.3.6	Acciones	65
5.2.3.7	Priorización de Acciones	89

5.2.3.8	Revisión de factibilidad	91
5.2.3.9	Poda del Árbol.....	92
5.2.3.10	Funcionamiento General.....	95
5.2.4	Solución Final.....	99
5.3	SUBPROBLEMA DE PROGRAMACIÓN DE PLANTA.....	99
5.3.1	Modelo de Programación de Planta (MPP):.....	100
5.3.1.1	Conjuntos:	100
5.3.1.2	Parámetros.....	101
5.3.1.3	Variables V1, lógica de extracción	101
5.3.1.4	Variables V2, flujos.....	102
5.3.1.5	Variables V3, económicas	102
5.3.1.6	Restricciones R1, lógica de extracción	102
5.3.1.7	Restricciones R2, flujos.....	104
5.3.1.8	Restricciones R3, capacidades productivas mina.....	105
5.3.1.9	Restricciones R4, equipos.....	106
5.3.1.10	Restricciones R5, económicas	106
5.3.1.11	Restricciones R6, naturaleza de las variables.....	107
CAPITULO 6: RESULTADOS		108
6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA REAL DE PROGRAMACIÓN DE CORTO PLAZO	109
6.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PROGRAMA MINERO.....	116
6.2.1	Ritmos y Tonelajes	117
6.2.2	Secuencias de Extracción	121

6.2.3	Utilización de Palas	128
6.2.4	Mezcla y Llenado de Planta.....	129
6.3	TIEMPOS DE EJECUCIÓN	133
6.4	ÁRBOLES DE BÚSQUEDA.....	135
CAPITULO 7: CONCLUSIONES.....		139
7.1	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	140
BIBLIOGRAFÍA		144
ANEXOS		145
ANEXO A: REPORTES DEL PROGRAMA MINERO DE CORTO PLAZO		146
	REPORTE 1: DETALLE MENSUAL DE EXPLOTACIÓN	146
	REPORTE 2: RITMOS DE EXPLOTACIÓN MENSUAL POR EXPANSIÓN	175
	REPORTE 3: ENVÍOS DE MINERAL A PLANTA DESDE FASES Y STOCKS POR PERÍODO ..	180
	REPORTE 4: RITMOS DE EXPLOTACIÓN DE MINERAL Y LASTRE	182
	REPORTE 5: RITMOS DE EXTRACCIÓN DE PALAS.....	184
	REPORTE 6: RITMOS DE EXTRACCIÓN SEGÚN TIPO DE PILIGONAL	186
ANEXO B: REPORTE GRÁFICO		188
	B1: REPORTE GRÁFICO FASE 41	188
	B2: REPORTE GRÁFICO FASE 42E.....	190
	B3: REPORTE GRÁFICO FASE 42O.....	192
	B4: REPORTE GRÁFICO FASE 46	194
	B5: REPORTE GRÁFICO FASE 49O.....	196

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de expansiones o fases, en una mina a cielo abierto.	6
Figura 2: Bancos que componen una expansión.	7
Figura 3: Poligonal de la subdivisión de un banco.	7
Figura 4: Diagrama de Red de Procesos Mineros.	11
Figura 5: Diagrama de proceso de programación de corto plazo.	14
Figura 6: Mejora en eficiencia del Backjumping.	19
Figura 7: Árbol de búsqueda.	20
Figura 8: Diagrama de Backtracking.	21
Figura 9: Dimensiones de las palas.	26
Figura 10: Bancos de explotación.	27
Figura 11: Restricción de Conectividad al operar simultáneamente en dos bancos en una misma expansión (banco superior en color blanco y banco inferior en color verde).	28
Figura 12: Clasificación de poligonales.	30
Figura 13: Las poligonales 1 a 4 son antecesoras de la poligonal 5 y deben ser extraídas antes de poder explotarla.	30
Figura 14: Grafo de poligonales accesibles entre sí.	31
Figura 15: Interferencia operacional entre equipos que trabajan demasiado cerca uno del otro.	32
Figura 16: Poligonal.	43
Figura 17: Método de secuenciamiento para bancos.	47
Figura 18: Clasificación de poligonales.	48
Figura 19: Antecesoras de una poligonal.	49
Figura 20: Poligonales de Interferencia.	50
Figura 21: Poligonales vecinas.	51

Figura 22: Poligonales accesibles.....	52
Figura 23: Conectividad de bancos	53
Figura 24: Poligonal de tránsito	55
Figura 25: Grafo de banco.....	57
Figura 26: Grafo de banco y poligonales de tránsito	57
Figura 27: Pares de poligonales accesibles entre si	59
Figura 28: Nodos.....	64
Figura 29: Reactivación de palas.....	68
Figura 30: Reactivar números de palas.....	70
Figura 31: Bajar pala a banco inferior.	72
Figura 32: Avance de pala en un mismo banco.	74
Figura 33: Dirección de una pala en el banco.....	75
Figura 34: Secuencia sugerida de poligonal de destino.	76
Figura 35: Poligonales disponibles en el radio móvil.	78
Figura 36: Búsqueda de poligonal de mayor orden.	79
Figura 37: Selección de poligonal con ángulo menor. Orientación Rajo	80
Figura 38: Selección de poligonal con ángulo menor. Orientación pared.....	81
Figura 39: Subacciones: Movimientos de pala.	86
Figura 40: Detención de pala.....	87
Figura 41: Disminución de número de palas.	89
Figura 42: Factibilidad de acceso a una isla del banco.	91
Figura 43: Backtracking.....	93
Figura 44: Backjumping.....	95
Figura 45: Proceso general para aplicar MS.	96
Figura 46: Diagrama de flujo que modela el Método de Secuenciamiento MS.	98
Figura 47: Gráfico de bases a secuenciar.	110
Figura 48: Esquema de red de procesos de la mina Chuquicamata.	115

Figura 49: Ritmo de extracción en la mina Chuquicamata	120
Figura 50: Esquema del banco 51 de la fase 38.....	122
Figura 51: Esquema del banco 52 de la fase 38.....	123
Figura 52: Esquema del banco 53 de la fase 38.....	124
Figura 53: Esquema del banco 54 de la fase 38.....	125
Figura 54: Esquema del banco 55 de la fase 38.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Solución Final	99
Tabla 2: Fases de reserva minera.....	109
Tabla 3: Número de bancos y poligonales para cada fase.....	110
Tabla 4: Metas de extracción a largo plazo	111
Tabla 5: Características principales de las palas	112
Tabla 6: Asignación de palas por fase.	113
Tabla 7: Parámetros de secuencia de poligonales.....	113
Tabla 8: Procesos mineros que decide la Programación de Planta	114
Tabla 9: Distancias medias a destinos.	116
Tabla 10: Parámetros técnicos y económicos de la planta.....	116
Tabla 11: Bancos Abril 2011.....	117
Tabla 12: Ritmos de extracción para cada fase.....	117
Tabla 13: Ritmos de extracción para la mina completa.	118
Tabla 14: Estado de la mina al finalizar la explotación.	118
Tabla 15: Comparación entre metas de ritmo de explotación.....	119
Tabla 16: Comparación de meta de tonelaje de mineral.....	119
Tabla 17: Bancos explotados de la fase 38.....	127
Tabla 18: Rendimiento de las palas	128
Tabla 19: Utilización de la planta por periodo.....	129
Tabla 20: Comparación de meta de uso de planta.	130
Tabla 21: Promedio de ley de cobre del mineral enviado por período.....	130
Tabla 22: Tonelaje de cobre fino obtenido por periodo.....	130
Tabla 23: Comparación de meta de ley de cobre.....	131
Tabla 24: Promedio de ley de molibdeno del mineral enviado por período.....	131

Tabla 25: Tonelaje de molibdeno obtenido por periodo.	132
Tabla 26: Promedio de ley de arsénico del mineral enviado por período.	132
Tabla 27 : Tonelaje de arsénico obtenido por periodo.....	132
Tabla 28 : Comparación de emisión de contaminantes con límite máximo.	133
Tabla 29 : Descripción de instancia original.	134
Tabla 30: Tiempo promedio de ejecución de 20 instancias.	134
Tabla 31: Nodos generados en cada fase secuenciada.	135
Tabla 32: Backtracking y Backjumping en las fases secuenciadas.	136
Tabla 33: Acciones generadoras de nodos.....	137

INTRODUCCIÓN

En la industria de la minería, existe una necesidad cada vez mayor de asegurarse de que los objetivos estratégicos de la empresa sean ejecutados con éxito a nivel operacional. La planificación a corto plazo del proceso, ubicada por lo general en los últimos peldaños en el ciclo de planificación, traduce esencialmente los objetivos operativos de la empresa en un plan ejecutable. Todos los días los retos operativos tales como la disponibilidad de equipos, dificultades propias del proceso de extracción y cuellos de botella, por nombrar sólo unos pocos, a menudo están en conflicto con la ejecución de los objetivos planificados por la compañía. Es en el punto de encuentro entre estas incógnitas operativas y el intento de cumplir con los objetivos de la planificación general, que el beneficio de estandarizar y formalizar el proceso de planificación a corto plazo puede apreciarse. El plan a corto plazo constituye el eslabón fundamental entre los objetivos de la planificación y la ejecución de los mismos nivel operacional. No aplicar la disciplina necesaria en torno al proceso de programación de corto plazo los resulta en pérdidas de oportunidad que cuestan millones en ingresos anuales a las empresas mineras. Pero también hay otros avances significativos que pueden obtenerse mediante una buena programación.

Medir las desviaciones a un mayor nivel de detalle resulta en un mejor manejo de la acción correctiva y proporciona información esencial en el proceso de planificación y en optimizar su posterior re-planificación iterativamente, así como también un mayor control sobre las actividades planificadas.

En general hay que señalar que este enfoque requiere un compromiso enorme de la empresa, tanto a nivel corporativo como operacional. Aunque es significativa la cantidad de beneficiarios inmediatos al embarcarse en un proyecto de esta naturaleza, el verdadero valor del proceso sólo se logra de mediano a largo. La incorporación de nueva tecnología y mejores prácticas en el proceso de planificación a corto plazo se logra mediante un equilibrio óptimo entre las personas, los procesos y los sistemas, funcionando como un solo proceso integrado de planificación total. (1)

CAPITULO 1: ANTECEDENTES DE LA MINERÍA A CIELO ABIERTO EN CHILE

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1.1 Situación actual de la Industria Minera en Chile

Fue en el siglo XX que nuestro país se convirtió en el mayor productor de cobre del mundo, cuando grupos inversionistas extranjeros iniciaron la explotación de minas chilenas. Para este tiempo el gobierno recibía pocos beneficios del rubro de la minería situación que se revirtió para el año 1971 cuando se decide nacionalizar la gran minería de cobre. Con el objetivo de gestionar de mejor manera esta industria, el año 1976 el estado crea la Corporación Nacional del Cobre de Chile, CODELCO.

Hoy para Chile, la industria del cobre explica cerca de un 18% el PIB nacional y es el principal rubro de las exportaciones, donde las economías emergentes como China han aumentado sus importaciones debido a un aumento de su consumo en alrededor de un 27%.

Según estimaciones para el año 2011 el nivel de exportación de cobre alcanzará las 5,7 toneladas lo que significa un aumento del 6,4% respecto del año 2010. Si bien la producción del cobre se encuentra compartida con empresas mineras extranjeras como, Xstrata, Anglo American, BHP Billiton, entre otras, es CODELCO quien lidera la industria minera nacional y a nivel internacional su producción equivale al 11% del total mundial.(2)

1.1.2 Divisiones operativas de CODELCO Chile

La empresa CODELCO está formada en la actualidad por siete divisiones mineras entre el norte y la zona central del país y una filial que son:

1. División Chuquicamata
2. División Radomiro Tomic
3. División El Teniente
4. División Andina

5. División Salvador
6. División Ventanas
7. División Ministro Hales (aún no operativa)
8. Minera Gaby S.A.

Donde Chuquicamata es una de las minas a rajo abierto más grande del mundo y El Teniente es una de las más grandes entre las minas subterráneas.

1.1.3 División Chuquicamata

La División Chuquicamata está formada por dos minas, Chuquicamata y Mina Sur, y se caracteriza por ser la mina de explotación a cielo abierto más grande del mundo, según las estadísticas de CODELCO para el año 2010 la producción de la División Chuquicamata fue de unas 528.377 toneladas de cátodos electro refinados y electro obtenidos con una pureza de 99,99 por ciento de cobre, unas 10.760 toneladas métricas de contenido fino de molibdeno, además de otros subproductos, como barros anódicos y ácido sulfúrico.

El proceso de extracción de mineral de cobre en una mina a cielo abierto como lo es Chuquicamata, se utiliza cuando los yacimientos están en la superficie, y tiene como objetivo extraer el material de la mina y enviarlo a la planta. La forma eficiente de lograr la explotación de una mina, depende entre otras cosas, de un correcto diseño y construcción del rajo como de una correcta planificación de cada fase que conforma la extracción mediante importantes estudios de ingeniería.

Esto se hace aún más imperativo dada la realidad actual de la mina que, según informa CODELCO en su memoria anual del año 2010, se espera que para finales de esta década, y luego de cerca de cien años de explotación continuada, la operación a rajo abierto de la mina de Chuquicamata dejará de ser rentable. Por este motivo se diseñó el proyecto Chuquicamata Subterránea que explotará recursos bajo el pit final que alcance la extracción a rajo abierto de la mina.(2)

1.2 PROCESO MINERO

La minería del cobre a cielo abierto puede verse, de manera agregada, como una secuencia de procesos que lleva al mineral desde su origen en los yacimientos con leyes (porcentaje de cobre por tonelada de mineral) de entre 0.5 a 2%, hasta los mercados internacionales como un producto final procesado con una pureza superior al 99.9%. Durante las etapas del proceso, el mineral es, básicamente, extraído, reducido de tamaño y concentrado. Existen diversos caminos que un mineral puede tomar dentro de los diferentes procesos existentes en cada etapa, el camino que le corresponda seguir dependerá de sus características geológicas, es decir, sus leyes de mineral o si corresponden a óxidos o a sulfuros de cobre, entre otras.

A continuación se describen todas las diferentes etapas en las que se debe incurrir para llegar de la roca al *commodity*, así como también los elementos y conceptos mineros relacionados con cada una de ellas:

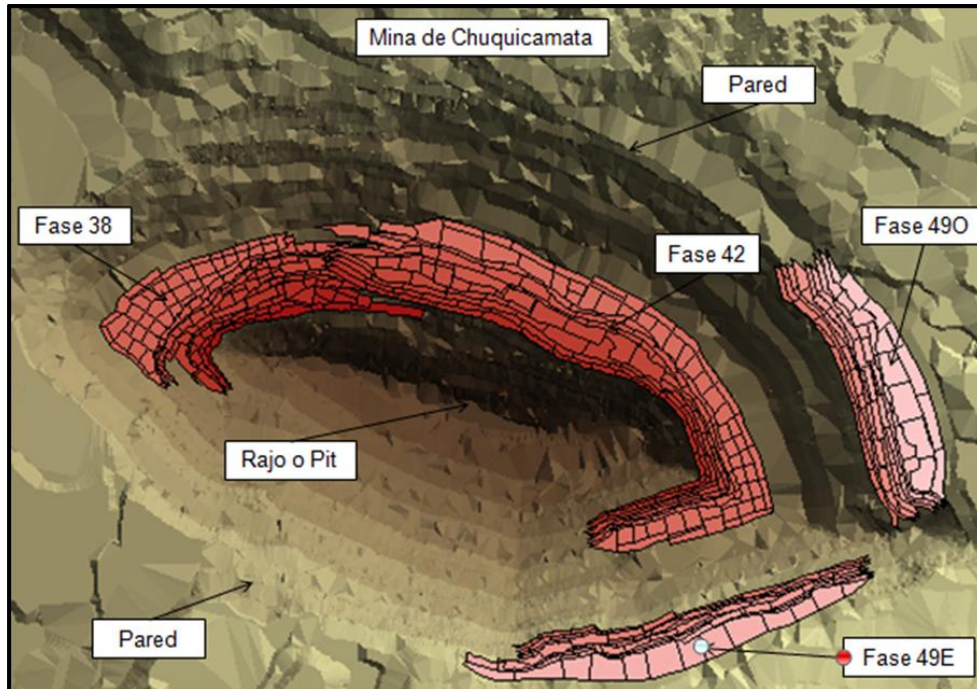
1.2.1 Etapa de Mina

Es en esta etapa donde la explotación tiene lugar, el cual corresponde a la extracción del mineral desde los yacimientos, en este caso cupríferos, y está compuesto por los procesos de perforación, tronadura y carguío.

- Mina o Yacimiento: Es una formación geológica en la que está presente una concentración estadísticamente superior de algún mineral que en el resto de la corteza terrestre. Dado que es minería a cielo abierto, el yacimiento posee un *rajo* o *pit*, que corresponde al cráter que va formando a medida que la explotación minera avanza verticalmente. La estructura sólida que mantiene estable los contornos de la mina se denomina *pared*. Para favorecer la organización planificación del proceso, la mina se subdivide en zonas más pequeñas denominadas fases o expansiones.
- Fase: También denominada expansión, es una subdivisión de la mina completa y corresponde a una tajada de la pared del rajo, según cierto ángulo de talud previamente definido durante su diseño y que depende de las características geomecánicas de la mina. Las expansiones tienen una

secuencia lógica de explotación y existen restricciones operacionales de interacción entre cada una de ellas para evitar derrumbes y caídas de material. Las Expansiones se subdividen en bancos (Figura 1).

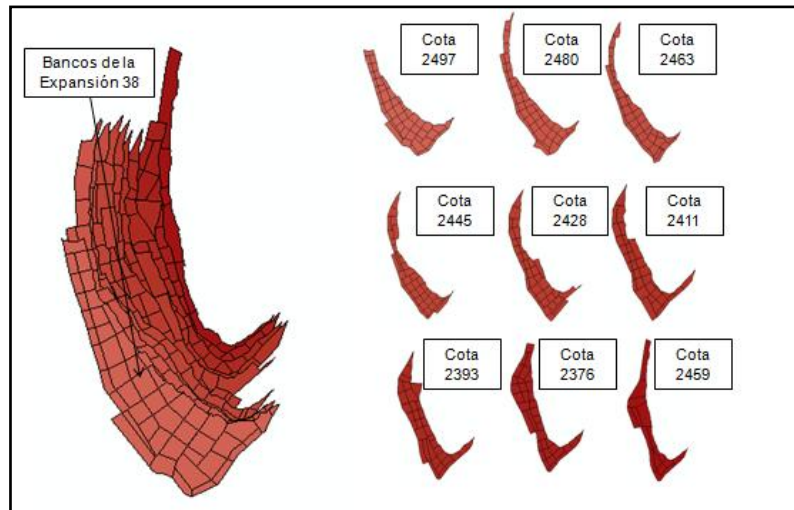
Figura 1: Distribución de expansiones o fases, en una mina a cielo abierto.



Fuente: Elaboración propia

- Banco: Corresponden a bloques de gran tamaño similares a “escalones”, ubicados a diferentes cotas (altitud). Los cuales componen una expansión. Para explotar una expansión se van extrayendo sus bancos secuencialmente uno después del otro, (Figura 2) se deben extraer los bancos anteriores o de mayor cota de un banco en particular para poder explotarlo. Los bancos, a su vez, se subdividen en poligonales de banco.

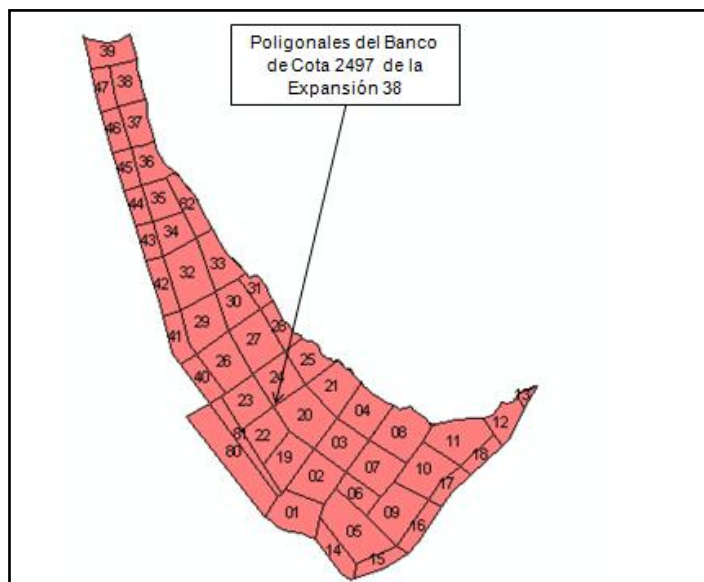
Figura 2: Bancos que componen una expansión.



Fuente: Elaboración propia

- Poligonal de subdivisión de banco: Es la unidad mínima considerada en el proceso de extracción (Figura 3). Corresponden a secciones de mineral de menor tamaño en los que se divide cada banco. Son explotadas en un orden lógico de secuencia por los equipos mineros apropiados. En adelante, se utilizará sólo la palabra poligonal al referirse a este elemento minero.

Figura 3: Poligonal de la subdivisión de un banco.



Fuente: Elaboración propia

- Equipos: Para poder llevar a cabo las etapas del proceso de extracción y posterior transporte al interior de la mina se utilizan una serie de equipos específicos. Los equipos principales utilizados son las perforadoras, palas y camiones.

1.2.2 Etapa de Almacenamiento de Mineral

En la mina existen lugares específicos destinados al acopio del mineral extraído, estos son los stocks y los botaderos, que almacenan mineral con diferentes características geológicas.

- Botaderos: Zonas de la mina destinadas al depósito de material inerte o lastre, es decir, mineral con ley de cobre inferior a la ley crítica, la cual determina qué mineral se procesa y cuál se envía a botadero. El tratamiento del lastre es económicamente inviable, dada la tecnología existente y las condiciones del mercado internacional.
- Stocks: Zonas de la mina destinadas al almacenamiento de material, para privilegiar el tratamiento minerales de mejor ley, mientras se deja en espera aquellos de ley inferior. Su almacenamiento previo o envío directo a planta depende de las características geológicas que el mineral en cuestión posea.

1.2.3 Etapa de Chancado Primario

Esta etapa consiste en disminuir el tamaño de la roca, para ello se ocupan maquinas especiales llamadas chancadores.

- Chancador: Un chancador es un equipo cuya función es disminuir de tamaño del material extraído del yacimiento. Existen varios tipos de chancados que dependen del tamaño de roca inicial y final del proceso. Existe chancado primario, secundario y terciario. Además, existen dos tipos de tecnologías de chancado: chancador de mandíbula y de pera.

1.2.4 Etapa de Preparación de Planta

Esta etapa está compuesta por tres procesos independientes, uno físico, la molienda y dos químicos, a saber, la lixiviación y las pilas de mineral de baja ley.

- Molienda: La molienda tiene como objetivo disminuir la granulometría del material ingresado. El producto de salida de una molienda corresponde a una pulpa. En las estaciones de molienda se continúa el proceso de reducción de tamaño del material iniciado en los chancadores. El desempeño del proceso depende de la granulometría de salida que se escoja para el material y de propiedades geológicas del mismo, como por ejemplo el *work index* o índice de dureza.
- Lixiviación: Corresponde a un proceso exclusivo para óxidos, en el cual se riega el mineral con ácidos, obteniéndose soluciones concentradas de cobre a través de reacciones químicas entre los óxidos y los compuestos ácidos. Existen dos tipos de tecnologías de lixiviación: pilas y bateas.
- Mineral de Baja Ley: El proceso consiste en depositar el material en espacios abiertos ubicados en las cercanías de la mina misma y regarlo con soluciones ácidas en el caso de que sean óxidos, denominados *dumps* u OBL, y con bacterias en el caso de los sulfuros, llamados SBL. El objetivo es generar soluciones con baja concentración de cobre

1.2.5 Etapa de Planta

Corresponde a la etapa final del proceso analizado. Tiene dos procesos finales, es decir, el mineral puede terminar yendo hasta la concentradora, o seguir una ruta diferente hasta llegar a las plantas de Sx/Ew.

- Concentradora: El proceso de concentración recibe a los minerales sulfuros. En la planta concentradora se reciben el material desde la molienda y, por medio de procesos fisicoquímicos en los cuales las partículas de cobre flotan en una solución, se obtiene una pulpa con altas concentraciones de minerales.

Se recuperan básicamente 4 productos: concentrado de cobre, concentrado de molibdeno, arsénico y relaves.

- Sx/Ew: En las plantas de extracción de solvente, denominada Sx por sus siglas en inglés, se reciben las soluciones concentradas de los procesos de lixiviación de óxidos. A través de procesos químicos a base de compuestos orgánicos, se limpian las impurezas del concentrado. El producto del proceso recibe el nombre de avance. En las plantas de electro refinación, denominadas Ew, se recibe el avance, el cual posee una alta concentración de cobre. Luego, por medio de procesos electroquímicos, las partículas de cobre se adhieren a una placa metálica (placa madre) formando láminas de cobre de alta pureza. Las láminas, luego de ser despegadas de la placa, se convierten en el producto final comercializable del proceso.
- Transporte: Entre las diferentes etapas del proceso, el material debe ser transportado desde un punto hacia el siguiente. El transporte al interior de la mina se realiza mediante el uso de camiones, lo mismo hacia los botaderos, stocks y chancado primario. A partir de ahí pueden utilizarse correas o tuberías, dependiendo del estado del producto. Durante el proceso de chancado y molienda se utilizan correas transportadoras, mientras que el concentrado de cobre, se transporta mediante tuberías.

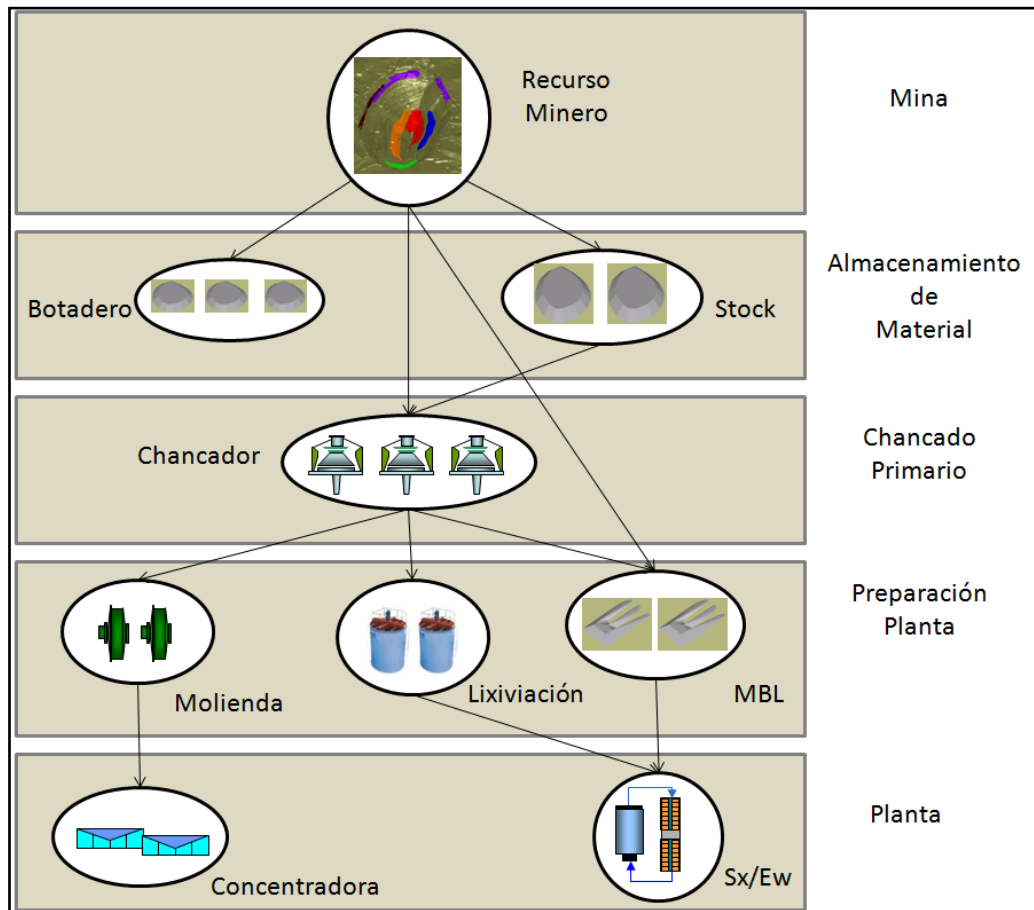
1.3 LÍNEAS DEL PROCESO

Un mineral extraído desde la mina puede seguir las siguientes secuencias de etapas de operación para llegar al producto final:

1. Irse a botadero y permanecer allí.
2. Seguir la línea de concentración compuesta por el chancado primario, la molienda y, finalmente, la concentradora si el mineral es sulfuro.
3. Seguir la línea de lixiviación compuesta por el chancado primario, la lixiviación y la planta de Sx/Ew, si el mineral es óxido.
4. Seguir la línea de procesamiento de sulfuros de baja ley compuesta por los botaderos de SBL y la planta de Sx/Ew (mineral de baja ley o MBL para el caso genérico de óxidos y sulfuros).

Antes de iniciarse cualquiera de las líneas del proceso ya descritas, es posible que el mineral pase algún tiempo en los stocks, hasta que se determine que es el momento propicio para su procesamiento en planta. El Diagrama de la Red de Procesos se presenta en la Figura 4:

Figura 4: Diagrama de Red de Procesos Mineros.



Fuente: Elaboración propia.

1.4 PLANIFICACIÓN MINERA

De suma importancia para el buen funcionamiento de la operación minera es una debida planificación los procesos y recursos involucrados en la misma. Se distinguen dos etapas principales en la planificación minera: La Planificación de Largo Plazo y la Programación de Corto Plazo. La planificación de largo plazo tiene como objetivo principal maximizar el valor presente de la operación en horizontes de tiempo entre veinticinco y cincuenta años, lo que tiende a coincidir con la vida útil de la mina. La programación de corto plazo, en cambio, se hace cargo de las decisiones operacionales cotidianas del proceso minero, con horizontes temporales máximos de dos años, buscando apegarse a las metas y restricciones productivas entregadas por la planificación de largo plazo.

1.4.1 Planificación de Largo Plazo

Como información de entrada para la planificación de largo plazo es necesario conocer la composición geológica del mineral que posee la mina. Esto se logra mediante un modelo de bloques que consiste en realizar una grilla teórica de la mina, en cubos de dimensiones dependientes de la geografía de la mina y del detalle del sondaje efectuado. Para cada bloque se detallan tonelajes, leyes de los diferentes minerales que los componen (cobre, molibdeno, oro, zinc, etc.) y otras características geológicas (3).

La planificación de largo plazo responde secuencialmente a decisiones tales como el diseño del *pit* o rajo final, diseño de expansiones, orden y precedencias de expansiones y bancos a ser extraídos, que son la unidad mínima de detalle del recurso minero utilizado en el largo plazo, metas de ritmos de producción y llenado de planta, leyes de mineral, inversiones en capacidades de planta, requerimientos y disponibilidad de equipos, etc. Finaliza con la evaluación económica del proyecto.

Para un mayor detalle del proceso planificación de largo plazo se sugiere revisar el trabajo de M. Goic (3) y F. Castro (4).

1.4.2 Programación de Corto Plazo

La programación de corto plazo aparece a continuación de los planes de largo plazo y se hace cargo de hacer operativos sus lineamientos. El horizonte de planificación puede ser de hasta dos años con un detalle mensual o incluso semanal. Mientras la planificación de largo plazo trabaja con bancos como unidad mínima, la programación de corto plazo utiliza una subdivisión de éstos como su unidad básica, llamada poligonal. Entonces, la programación de corto plazo, de forma mucho más detallada y desagregada, decide qué tonelaje extraer de cada poligonal, con cuál equipo será extraída cada poligonal y cuál es el destino de cada tonelada extraída (qué proceso, cuál stock, cuál botadero). Adicionalmente la programación de corto plazo también se hace cargo de las plantas, buscando maximizar su rendimiento mediante consideraciones sobre las distintas leyes de minerales y contaminantes, así como de otras características geológicas.

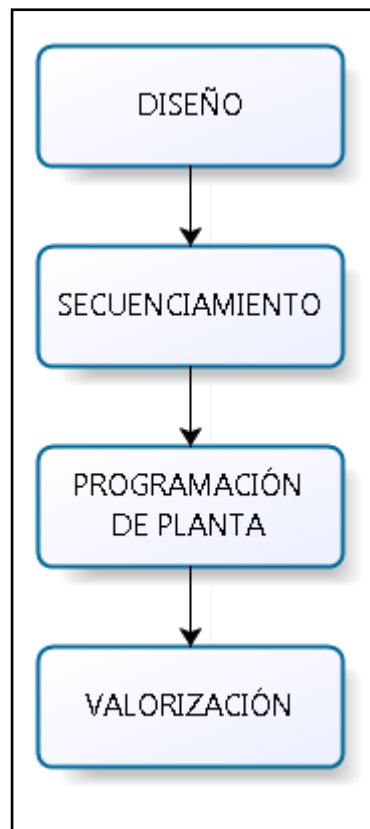
De esta manera, los resultados de los planes de largo plazo, se convierten en restricciones, parámetros y metas por cumplir para los programas de corto plazo, como, por ejemplo, las capacidades de planta, disponibilidades de equipo, expansiones y bancos a extraer en el horizonte de tiempo, metas de producción y leyes de mineral, entre otras.

Podrían definirse las etapas del proceso de programación (Figura 5) de la siguiente forma: Diseño, Secuenciamiento, Programación de Planta y Valorización(5).

- **Diseño:** Se diseñan las poligonales de cada uno de los bancos. Se determina también la ubicación las rampas, los puntos de explotación, caminos y accesos.
- **Secuenciamiento:** Se determina qué poligonales extraer, en qué orden, en qué periodo y con qué equipos. Se establece también la asignación de equipos por fase y sus mantenciones según los requerimientos ya establecidos. Así, se establecen los ritmos de extracción por fase y banco y los movimientos de mineral que se realizarán periodo a periodo.

- Programación de Planta: Se determina qué procesar y cuándo hacerlo, es decir, qué material extraído de cada poligonal se enviará a planta, a stock o a botadero. Así se define la mezcla o *blending* de mineral que será procesado. Esto depende de las características geológicas propias de cada poligonal y debe responder a los requerimientos definidos en el largo plazo como las leyes, cantidad de contaminantes, capacidad y llenado de planta.
- Valorización: Toda la operación de extracción y procesamiento en planta tiene asociados costos de insumos, recursos y manos de obra. Estos costos directos e indirectos deben ser cuantificados para determinar el beneficio final de la operación minera, con un detalle y precisión mucho mayor que la evaluación realizada en el largo plazo.

Figura 5: Diagrama de proceso de programación de corto plazo



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

La resolución de problemas operacionales como los que involucra la minería de cielo abierto, es un área muy abordada por la Gestión de Operaciones, disciplina en la cual es común el uso de mecanismos de modelamiento matemático y de solución tales como la programación lineal y otros métodos heurísticos. Para una revisión detallada de las diversas aplicaciones de la gestión de operaciones en minería se sugiere revisar Newman et al. (6).

Las Heurísticas corresponden a métodos de solución que, a diferencia de los algoritmos, entregan una solución factible para un problema determinado, la cual puede ser muy buena dependiendo de la técnica utilizada, pero no necesariamente óptima. Existen heurísticas de construcción y de mejora. Las de construcción buscan elaborar una solución factible para problemas donde encontrar una solución que cumpla con todas las restricciones es complejo, mientras que las de mejora parten de una solución factible ya encontrada e intentan mejorar el valor de la función objetivo iterativamente.

En el presente desarrollo de la solución del problema minero de programación de corto plazo se hará un intensivo uso de una técnica heurística conocida como “Backtracking” (“Vuelta Atrás”).

2.1 INTRODUCCIÓN AL BACKTRACKING

El back tracking es una estrategia usada para encontrar soluciones a problemas que tienen una solución completa, en los que el orden de los elementos no importa, y en los que existen una serie de variables a cada una de las cuales debemos asignarle un valor teniendo en cuenta unas restricciones dadas. El término fue acuñado por el matemático D. H. Lehmer e la década de los cincuenta y formalizado por Walker, Golom y Baumert en el siguiente decenio. El NIST (U.S. National Institute of Standards and Technology) lo define en su Diccionario de Algoritmos y Estructuras de Datos (7) de la siguiente manera: Encontrar una solución intentándolo con una de varias opciones. Si la elección es incorrecta, el cómputo retrocede o vuelve a comenzar desde el punto de decisión anterior y lo intenta con otra opción.

Este esquema algorítmico es utilizado para resolver problemas en los que la solución consta de una serie de decisiones adecuadas hacia nuestro objetivo. El back tracking está muy relacionado con la búsqueda combinatoria. De manera más exacta podemos indicar que los problemas a considerar son los siguientes:

1. Problemas de Decisión: Búsqueda de las soluciones que satisfacen ciertas restricciones.
2. Problemas de Optimización: Búsqueda de la mejor solución en base a una función objetivo.

De aquí en adelante se analizará el primer tipo de problemas, las cuales se utilizarán para el desarrollo del problema minero de corto plazo y que se relacionan, además, con las heurísticas de construcción, pues buscan soluciones elaborar soluciones factibles.

De forma general, la forma de actuar consiste en partir desde el punto inicial y elegir una alternativa del conjunto de opciones en cada etapa del proceso de resolución, y si esta elección no funciona (no nos lleva a ninguna solución viable), la búsqueda vuelve al punto donde se realizó esa elección, e intenta con otro valor de forma iterativa. Cuando se han agotado todos los posibles valores en ese punto, la búsqueda vuelve a la anterior fase en la que se hizo otra elección entre valores. El proceso se repite hasta que se encuentra la solución correcta o hasta que se regresa al nodo inicial, sin posibilidades de elección, en este caso el problema no tiene solución.

Se puede aplicar la técnica de vuelta atrás en problemas cuyas soluciones sean construibles por etapas. Así, una solución se podrá expresar en forma de n-tupla $(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$, donde cada $x_i \in S_i$ representa la decisión tomada en la etapa i-ésima, de entre un conjunto finito de alternativas. Además, una solución habrá de minimizar, maximizar o simplemente satisfacer una cierta función objetivo. De esta forma se establecen dos categorías de restricciones:

- Las restricciones explícitas, que indican los conjuntos S_i a los que pertenecen cada una de las componentes de una tupla solución.

- Las restricciones implícitas, que son las relaciones que se han de establecer entre las componentes de la tupla solución para satisfacer el criterio de finalización.

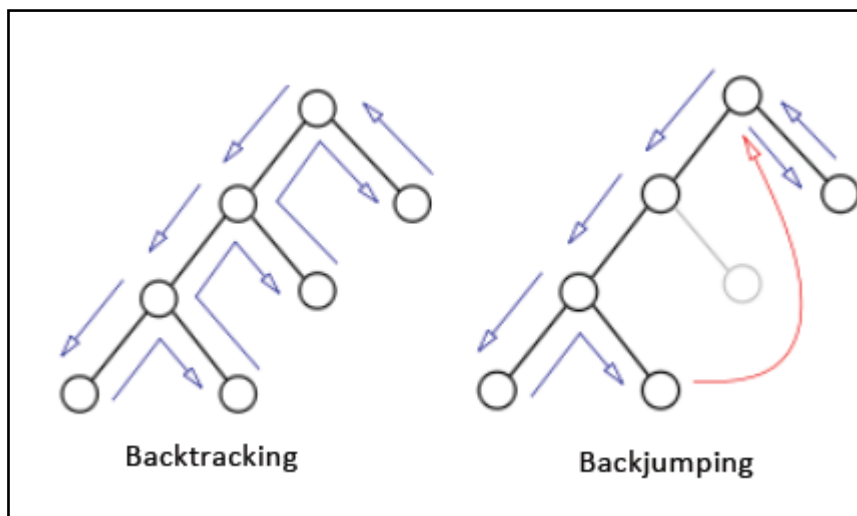
El espacio de soluciones estará formado por el conjunto de tuplas que satisfacen las restricciones explícitas, y se puede estructurar como un árbol de exploración, donde en cada nivel se toma la decisión de la etapa correspondiente. Así, se denomina nodo estado a cualquier nodo del árbol de exploración, correspondiente a una tupla parcial o a una tupla completa, y satisfaciendo las restricciones explícitas; mientras que los nodos solución son aquellos que se corresponden con las tuplas completas que satisfacen las restricciones implícitas. Un elemento adicional necesario para la aplicación de esta técnica lo forma las llamadas funciones de poda o test de factibilidad (obtenidas a partir de la función objetivo a satisfacer) que permiten determinar cuándo una tupla parcial nunca va a conducir a una solución satisfactoria, por lo que es inútil seguir buscando a partir de ella y por lo tanto se puede desechar.

El coste en el peor caso de estos métodos será el orden del tamaño del espacio de soluciones, que suele ser exponencial. Su utilidad en la práctica reside en la efectividad de las funciones de poda que se apliquen. Cuanto más elaboradas sean, más nodos no factibles se detectarán y mayor proporción del árbol se podará. Sin embargo, si se vuelven demasiado sofisticadas y complejas, el coste que supone su aplicación a cada nodo del árbol puede que no compense la poda obtenida. Este tipo de cuestiones son difíciles de analizar de forma teórica, y sólo se puede llegar a un criterio adecuado en base a medidas empíricas sobre cada caso concreto.

En resumen, los algoritmos de vuelta atrás hacen una búsqueda sistemática de una serie de posibles soluciones hasta encontrar la correcta. Cuando intenta una solución parcial que no lleva a una solución final, retrocede deshaciendo el último paso e intentado una nueva alternativa desde esa posición. Esta técnica ofrece un método para resolver problemas tratando de completar una o varias soluciones por etapas. En cada paso se intenta extender una solución parcial de todos los modos posibles, y si ninguno resulta satisfactorio se produce la vuelta atrás hasta el último punto donde quedaban alternativas por explorar. Algunas de las mejoras que se le pueden aplicar a la técnica son las siguientes:

- Poda del árbol en la vuelta atrás: consiste, en la eliminación de alternativas al realizar la vuelta atrás que sabemos que van a ser infructuosas.
- Exclusión previa: tras un análisis previo, puede organizarse la exploración para que ignore situaciones infructuosas.
- Fusión de ramas: cuando la búsqueda a partir de las diferentes ramas lleve a la misma solución, podemos limitar la búsqueda a una sola rama. Eso se suele dar en problemas con simetría.
- Reordenación de la búsqueda: Consiste en reorganizar las ramas del árbol de exploración de manera que se analicen primero las situaciones con mejores expectativas, lo que permite resolver de forma más rápida el problema.
- Backjumping: es una técnica que permite reducir el espacio de búsqueda e incrementar la eficiencia. Mientras que la vuelta atrás siempre sube de un nivel en un nivel en el árbol de exploración cuando una variable ha sido probada, sin embargo, con backjumping (o lo que podríamos llamar salto atrás) permite subir varios niveles en el árbol de exploración en un único paso. En las dos siguientes imágenes (Figura 6) se muestra un ejemplo de esta mejora:

Figura 6: Mejora en eficiencia del Backjumping.

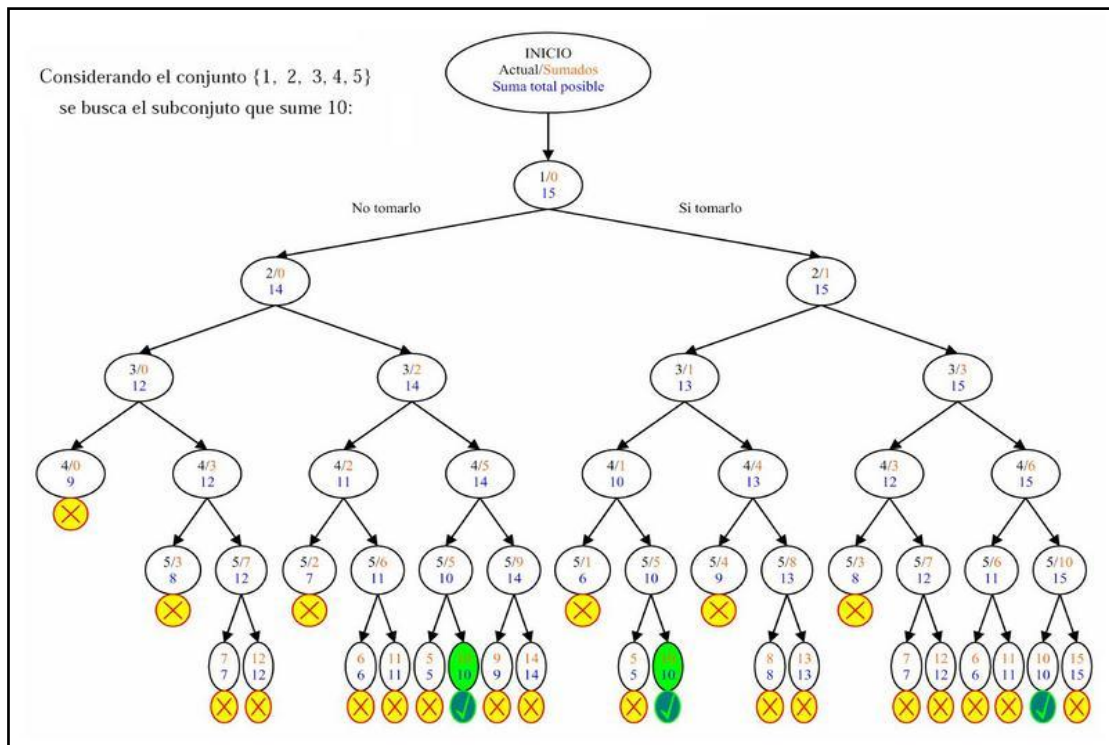


Fuente: (7)

2.1 ÁRBOLES DE BÚSQUEDA.

El algoritmo de vuelta atrás proporciona una manera sistemática de generar soluciones siempre que se puedan resolver por etapas, lo que se asemeja mucho a una búsqueda combinatorial (probar todas las posibles combinaciones). Para conseguir este estudio tan exhaustivo del problema, el método puede compararse a trabajar con un árbol donde cada nodo del nivel k representa una parte de la solución y el árbol estará formado por las k etapas que se considerarán ya realizadas. (Figura 7)

Figura 7: Árbol de búsqueda



Fuente: (8)

La búsqueda que realizada sobre el árbol es una búsqueda en profundidad. En el transcurso de la búsqueda si se encuentra un estado incorrecto, se ha de retroceder hasta la decisión anterior y si existe uno o más caminos aún no explorados que puedan conducir a la solución, el recorrido del árbol continúa por uno de ellos (llamados “hijos”). Si no quedasen más alternativas la búsqueda fallaría y el problema no tendría solución. En este caso en el que consideramos el problema en forma de árbol, la solución sería un camino que llevara desde el nodo

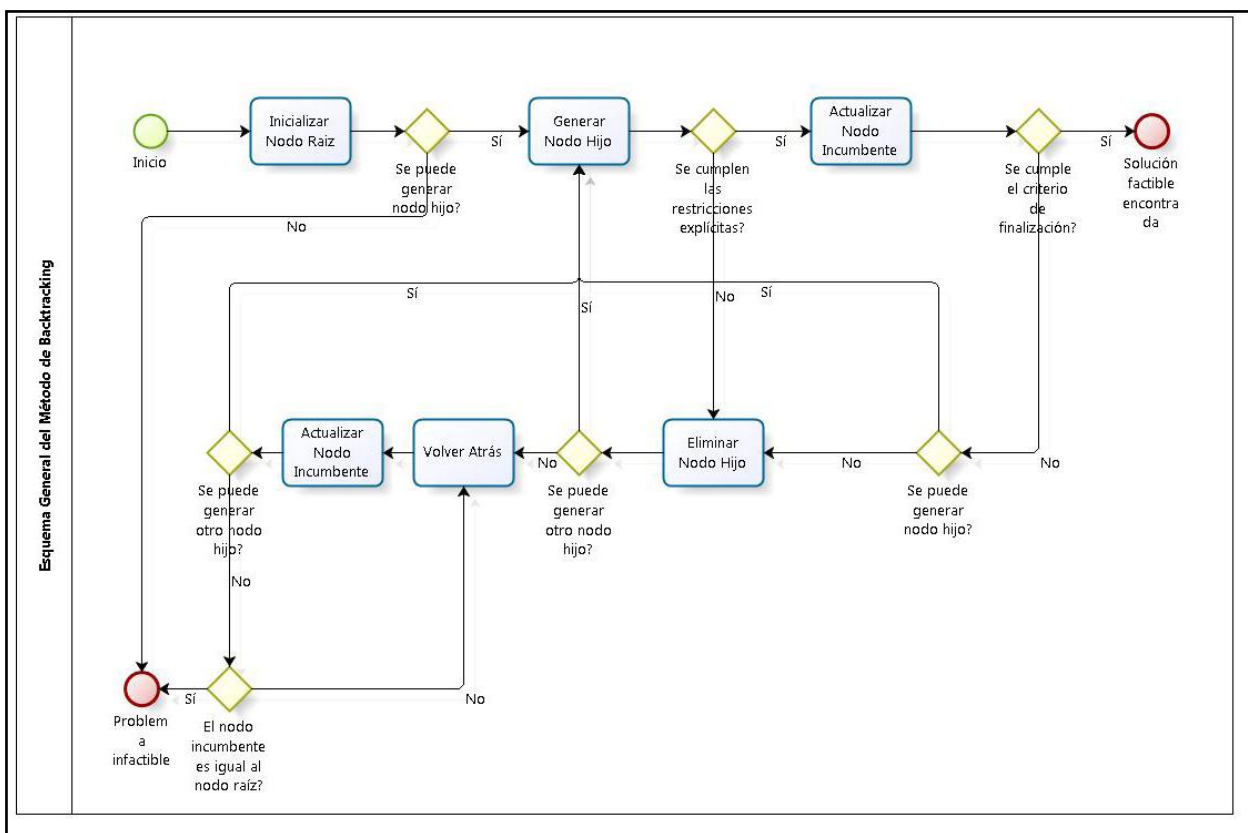
raíz hasta uno nodo hoja final, y las soluciones parciales llevarían desde el nodo raíz a los nodos interiores del árbol.

La solución final puede representarse mediante este tipo de árboles, cuyas ramificaciones corresponden a las decisiones que se van tomando etapa por etapa, las cuales construyen el árbol. La solución final se encuentra en uno de los nodos hoja cuyo conjunto de decisiones fueron generando ramificaciones factibles del problema.(7), (8).

2.2 ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

El diagrama a continuación (Figura 8), ejemplifica la implementación general del método de Backtracking que se utilizará en la aplicación al problema de programación minera de corto plazo:

Figura 8: Diagrama de Backtracking



Fuente: Elaboración Propia

Primero se inicializa el nodo raíz, a continuación se evalúa si es posible generar un nodo hijo, si es posible se construye, luego se chequea la factibilidad, si se cumplen los criterios de finalización para una solución compuesta de decisiones factibles al problema en cada etapa, se termina el proceso, si no, se actualiza el nodo incumbente (el nodo que se está analizando) y se evalúa generar un nuevo nodo hijo para la solución parcial. Si se puede el ciclo se repite, si no se puede se elimina el nodo y se intenta crear un nuevo nodo hijo, distinto al anterior. Si no es posible generar un nuevo nodo hijo con el nodo incumbente se vuelve al nodo padre de este, actualizando al padre como el nuevo incumbente y se intenta generar un nuevo nodo hijo distinto al anterior. Si es posible hacerlo, el ciclo se repite, si no es posible se vuelve atrás nuevamente. Si al volver atrás regresamos al nodo raíz sin poder crear un nuevo nodo hijo, el problema es infactible.

CAPITULO 3: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema se enmarca en el proceso de Programación de Corto Plazo en minería a cielo abierto y consiste específicamente en resolver en las etapas de Secuenciamiento y Programación de Planta. La solución deseada corresponde a la obtención de planes mineros que cumplan las restricciones operacionales del problema y que se acerquen consistentemente a las metas y condiciones definidas en la planificación de largo plazo.

Dado que el detalle de la programación cortoplacista es mucho mayor que la de largo plazo existe una gran complejidad debido al gran número de alternativas o combinaciones posibles. Un planificador puede demorarse varios meses en obtener un plan ejecutable y detallado que se adapte a los requerimientos deseados. El tiempo siempre escasea y una vez que se decidió una estrategia de planificación es difícil volver atrás y revisar otras alternativas.

A continuación se describe el problema separando ambas etapas, ya que cada una de ellas tiene características inherentes que necesitan analizarse en detalle y de forma independiente.

3.2 PROBLEMA DE SECUENCIAMIENTO

La planificación de largo plazo determina las expansiones y los bancos de cada expansión que se desea explotar en horizonte temporal que se ha definido, que puede ir desde un trimestre hasta dos años. Con esto se tiene una estimación del tonelaje total que se desea extraer.

Se determinan también los requerimientos de equipos para el proceso de extracción. Esto define la capacidad disponible para la explotación minera y determina los ritmos o velocidad de extracción, medidos en kilo toneladas por día (KTPD), que se podrán obtener. Sin embargo, para la operación misma se necesita mayor detalle en la programación productiva.

Es necesario asignar estos equipos disponibles a cada expansión y establecer de qué forma serán explotadas cada una de ellas. Esto implica decidir el momento de inicio de la explotación, qué palas trabajarán en cada expansión y por cuánto tiempo.

Para determinar de qué manera será explotada cada expansión se debe establecer el orden secuencial en el que cada pala extraerá las diferentes poligonales que componen cada banco y en qué periodo de tiempo. Este proceso tiene una serie de importantes restricciones operacionales que deben respetarse.

Finalmente, el plan obtenido debe entregar la programación de la secuencia de extracción de toda la reserva minera previamente definida, cumpliendo con las restricciones operacionales. El planificador debe intentar acercarse a los ritmos de extracción definidos como meta, tratando de cumplir lo mejor posible con las leyes deseadas del mineral que será procesado y con el llenado de planta.

A continuación, se detallarán las condiciones iniciales del problema, las decisiones que deben tomarse, las restricciones operacionales del proceso de extracción y las condiciones que debe satisfacer la solución final de la etapa de Secuenciamiento.

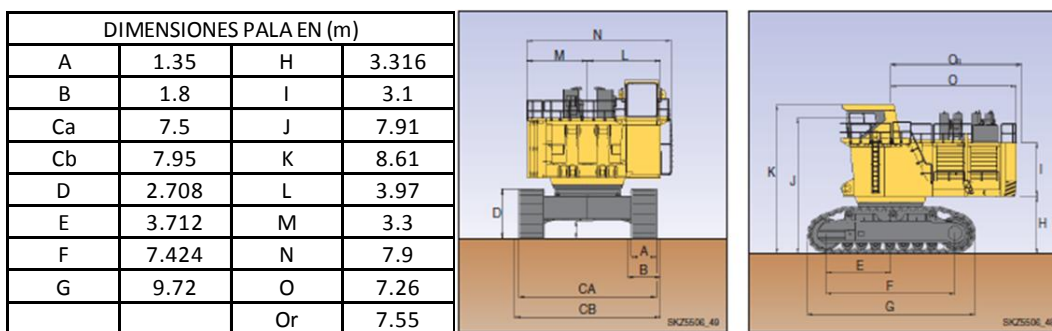
3.2.1 Condiciones y Parámetros Iniciales

- **Horizonte Temporal:** Como se mencionó anteriormente, la programación de corto plazo abarca horizontes temporales que van desde algunos meses hasta dos años de producción minera. Los periodos que componen el horizonte son mensuales, aunque es posible lograr un detalle semanal e incluso diario.
- **Reserva Minera:** Se define reserva minera como todo el mineral que está previamente agendado para ser explotado en algún plan de producción. La reserva, definida en el largo plazo, se compone por todas las expansiones y sus respectivos bancos y poligonales que las componen. Se dispone tanto de información geológica como geográfica de cada expansión, banco y poligonal que estén incluidos en la planificación. La información geológica corresponde a tonelaje total, leyes de los diferentes minerales que componen cada poligonal, contaminantes, índice de dureza, etc. La información

geográfica contiene la ubicación espacial de cada elemento de la reserva al interior del yacimiento, las cotas o altura de cada banco y la forma geométrica de cada poligonal que lo compone. Se conocen también las condiciones iniciales de cada expansión, es decir, qué bancos están ya siendo explotados y qué poligonales dentro de esos bancos faltan por extraer. Se conocen los caminos y accesos a cada expansión así como también a cada uno de sus bancos, lo cual fue establecido en la etapa de Diseño.

- Equipos: El equipo principal utilizado en la etapa de Secuenciamiento es la pala. Este tipo de máquinas tiene un costo de unos 20 millones de dólares. Además, su fabricación es exclusivamente a pedido y toma bastante tiempo. Debido a esto, la adquisición de nuevos equipos debe planificarse con mucha anticipación. Lo anterior implica que en el corto plazo, la disponibilidad de equipos es un parámetro fijo. Los principales fabricantes de estos equipos son Caterpillar, Komatsu, Bucyrus y P&H. Existen diferentes tipos de palas (Figura 9). Según su mecanismo de carguío pueden ser hidráulicas o de cable, según su fuente de energía se clasifican en eléctricas o a petróleo y, por último, pueden poseer diferentes capacidades de carguío. La capacidad de carguío del balde de la pala se mide en yardas cúbicas, lo cual determina las toneladas por hora (TPH) que es capaz de explotar mientras está en operación. Una pala promedio tiene unos 8 m. de ancho, 12 m. de largo y casi 10 m. de alto sin considerar el balde y su alcance máximo considerando el balde es de unos 20 m. de alto. Las figuras muestran las dimensiones promedio de una de estas máquinas:

Figura 9: Dimensiones de las palas



Fuente: (9)

3.2.2 Decisiones

Las decisiones que el planificador debe tomar en la etapa de Secuenciamiento son las siguientes:

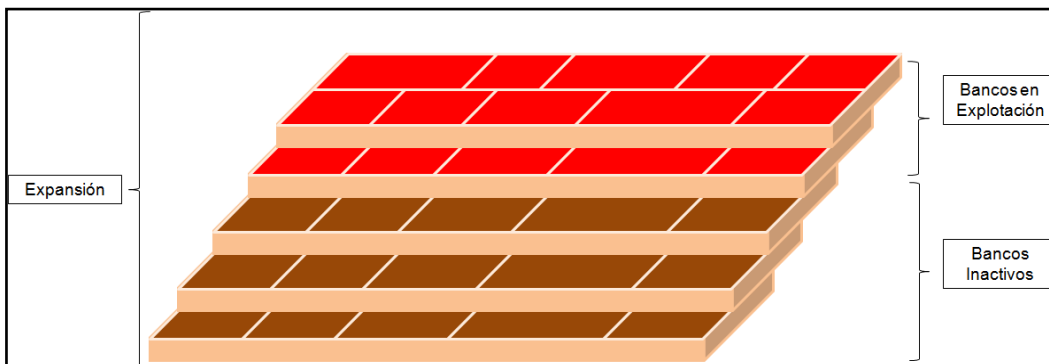
- Determinar el periodo de Inicio de la explotación de cada expansión.
- Asignar los equipos disponibles (palas) en cada periodo de tiempo a las diferentes expansiones que serán explotadas.
- Determinar qué pala extrae cuál poligonal, en qué orden y en qué periodo.

3.2.3 Restricciones Operacionales

En el proceso de extracción el principal equipo utilizado son las palas. Estos equipos especializados extraen el mineral existente en las poligonales de los bancos, el cual ha sido previamente tronado. Luego, palada a palada, lo cargan en los camiones, los cuales transportan el material hacia los diferentes destinos, como stocks, botaderos y chancadores.

- Explotación Simultánea de Bancos: Por condiciones operacionales, existen relaciones entre la explotación de bancos dentro de una misma fase. Se debe explotar el banco superior, es decir, el banco de mayor cota que aún tiene poligonales que no han sido extraídas, de cada fase y, a lo más, el banco siguiente (Figura 10) en forma simultánea. Sólo puede haber dos bancos en explotación por fase al mismo tiempo.

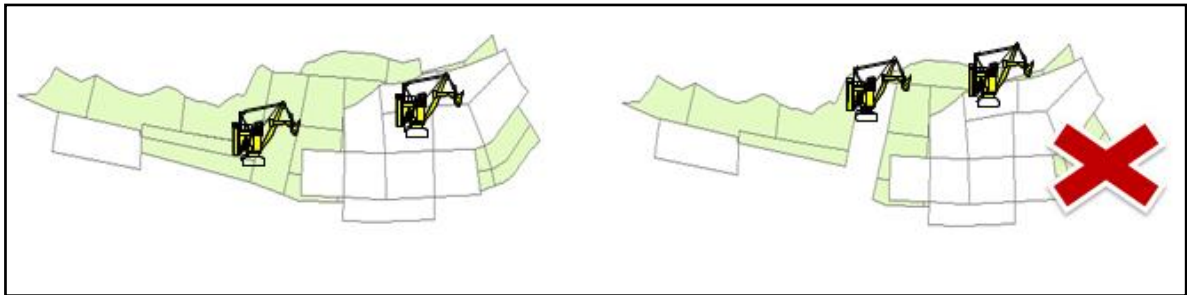
Figura 10: Bancos de explotación.



Fuente: Elaboración propia

- **Conectividad en un Banco:** Cuando en una expansión se está operando en dos bancos simultáneamente, se debe evitar que una pala explotando poligonales en el banco inferior deje aislada a una pala que opera en el banco superior, provocando que la pala en el banco superior no tenga “piso” para poder acceder al sistema de rampas que permite sacar el mineral mediante el uso de camiones y movilizar equipos, o bien, dejar a una o más poligonales aisladas, sin opción a ser explotadas. (Figura 11)

Figura 11: Restricción de Conectividad al operar simultáneamente en dos bancos en una misma expansión (banco superior en color blanco y banco inferior en color verde).



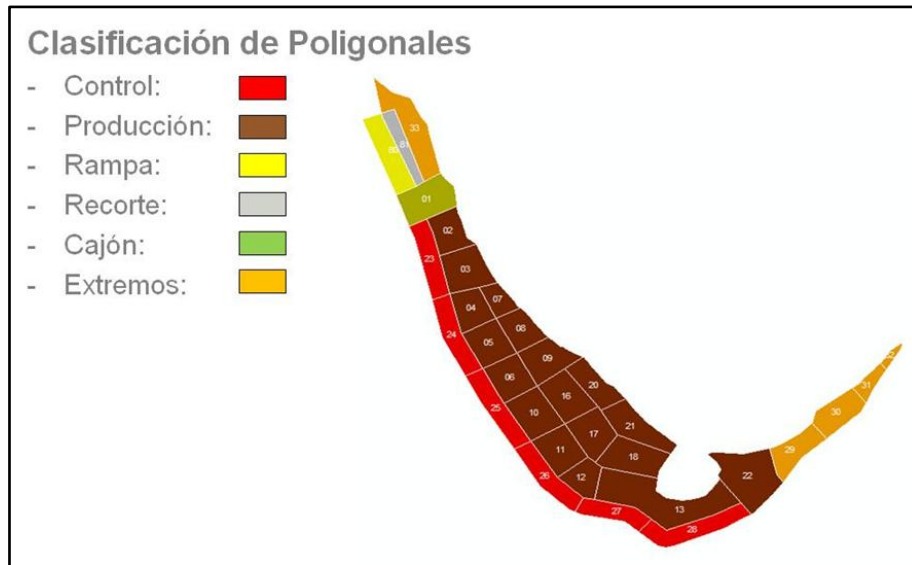
Fuente: Elaboración propia

- **Clasificación de Poligonales:** No todas las poligonales son iguales, (Figura 12) por lo que resulta imprescindible al momento de secuenciar las poligonales poder distinguir entre los distintos tipos de ellas, para así poder darles un tratamiento distinto.
- **Poligonales de Producción:** Corresponden a las poligonales centrales del banco. Son las de mayor tamaño y tonelaje. Concentran la mayor parte del tonelaje total a extraer en un banco y es donde las palas alcanzan su máxima productividad.
- **Poligonales de Control:** Las poligonales de control son poligonales más pequeñas y delgadas que las de producción y conforman un corredor pegado a la pared del rajo en cada fase. Su objetivo principal es asegurar la conectividad entre caminos y rampas al interior del banco inmediatamente anterior, ya que sólo pueden ser extraídas cuando dicho

banco ha sido completamente explotado. Su ritmo de explotación es más bajo que el de las poligonales de producción, esta extracción controlada permite asegurar la estabilidad de la pared del banco al que pertenecen, evitando derrumbes y caídas de material.

- Rampas: Corresponden a los caminos en pendiente que permiten el acceso desde un banco a otro banco inferior. Sólo a través de rampas es posible el descenso de equipos entre bancos de una expansión en particular. Éstas se conectan con rampas en bancos superiores, generando rutas para el movimiento de material mediante camiones y traslado de equipo. Deben ser explotadas con un menor ritmo que una poligonal normal, ya que su diseño en pendiente requiere un trabajo especial.
- Recortes de Rampa: Corresponden a las poligonales que permiten reducir el ancho de la rampa que conecta dos bancos. Una vez que se ha hecho espacio en el banco, se recorta la rampa para extraer parte de su mineral. Su ritmo de explotación también es más bajo debido a que se debe tener cuidado con no dañar la rampa.
- Cajones: Corresponden a las poligonales que se diseñan inmediatamente a continuación de una rampa, y que deben ser explotadas obligatoriamente a continuación de éstas. Reciben este nombre debido a que la pala, una vez que baja por la recién construida rampa y comienza a explotar el nuevo banco, no tiene visión panorámica ni acceso hacia el rajo de la mina, se encuentra trabajando *encajonada* entre las paredes de las poligonales y debe abrirse camino para despejar la nueva zona de explotación. Por lo anterior, su ritmo de extracción también es menor.
- Extremos de Banco: Corresponden a las poligonales que se ubican en las esquinas de los bancos y que deben ser explotadas a ritmos más lentos debido a sus menores dimensiones.

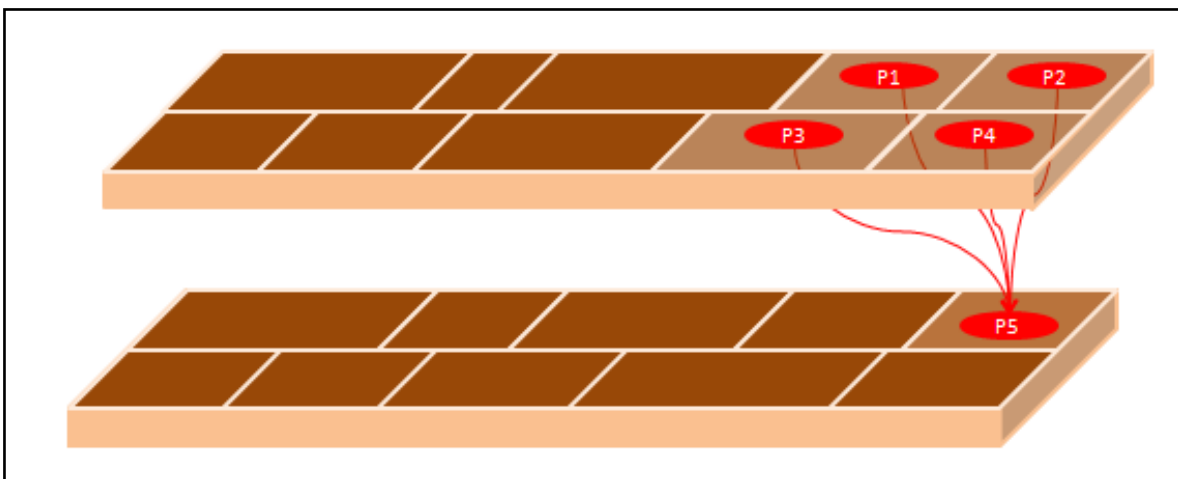
Figura 12: Clasificación de poligonales.



Fuente: Elaboración propia

- Precedencias entre Poligonales: Dado que es posible operar en dos bancos simultáneamente, (Figura 13), si se desea explotar una poligonal del banco inferior, es imperativo que las poligonales del banco anterior que se encuentran sobre ella hayan sido extraídas antes, de lo contrario no se podrá acceder a ella pues, obviamente, no habrá espacio para realizar ningún tipo de operación, además de correrse el grave riesgo de derrumbes.

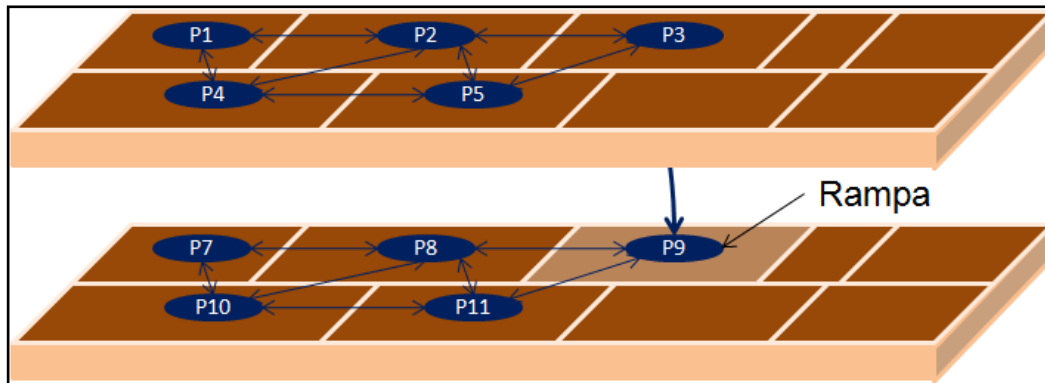
Figura 13: Las poligonales 1 a 4 son antecesoras de la poligonal 5 y deben ser extraídas antes de poder explotarla.



Fuente Elaboración propia

- **Conectividad entre Poligonales:** Una pala explotando una poligonal en particular, sólo puede acceder a poligonales en el mismo banco si éstas son adyacentes o si existe algún camino despejado hacia ellas. Es posible acceder a poligonales pertenecientes al banco de cota inmediatamente inferior mediante el uso de rampas. (Figura 14)

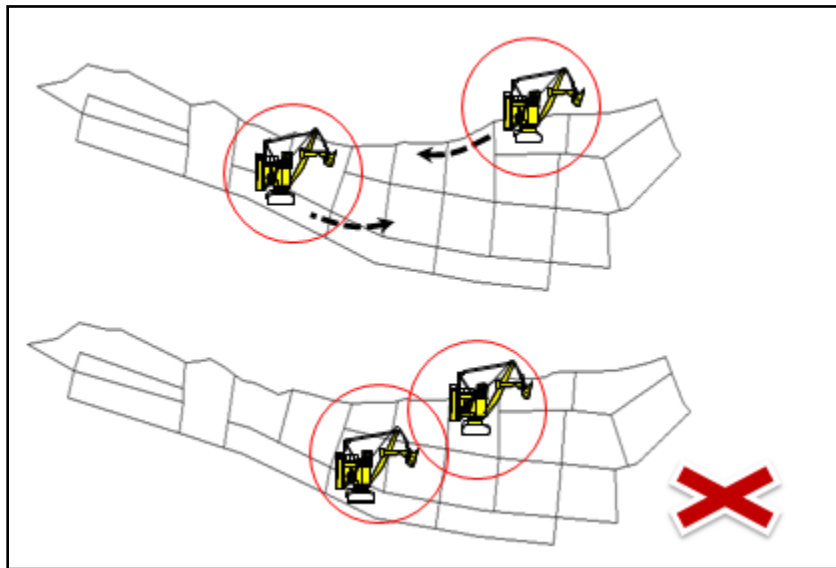
Figura 14: Grafo de poligonales accesibles entre sí.



Fuente Elaboración propia

- **Interferencias Operativas entre Equipos:** Es posible que dos o más palas trabajen simultáneamente en un mismo banco (Figura 15). Estos equipos deben mantener una distancia suficiente entre ellos para permitir el correcto funcionamiento del proceso de extracción y carguío. Si operan demasiado juntos el proceso se entorpece y pueden ocurrir accidentes.

Figura 15: Interferencia operacional entre equipos que trabajan demasiado cerca uno del otro.



Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Objetivos Finales

Para que el planificador determine que un plan de secuenciamiento se ajusta a las necesidades productivas deseadas, éste debe cumplir con una serie de criterios y objetivos, los cuales se describen a continuación:

- **Factibilidad Operacional:** El plan debe respetar todas las restricciones operacionales ya descritas.
- **Metas de Tonelaje:** El plan debe acercarse lo más posible a extraer la totalidad de la reserva asignada al horizonte de planificación.
- **Metas de Ritmos:** Para poder extraer todo el material asignado para el horizonte temporal, debe extraerse el mineral con ritmos cercanos a la meta deseada, de lo contrario no se cumplirán las metas de tonelaje.
- **Utilización de Equipos:** Una pala detenida es capacidad ociosa que se desperdicia y debe incurrirse en los costos de operación a pesar de que no se

use. El planificador debe intentar mantener en operación las palas lo más posible, respetando las restricciones operacionales, una baja utilización promedio de los equipos refleja una operación minera deficiente.

- Llenado de Planta: La cantidad de mineral extraído por periodo debe ser suficiente para que la planta funcione lo más cercano posible a su capacidad máxima. Al igual que con las palas, la capacidad ociosa debe evitarse.
- La mezcla con la que la planta es llenada debe satisfacer lo mejor posible las metas de leyes de mineral impuestas por la planificación de largo plazo.

3.3 PROBLEMA DE PROGRAMACIÓN DE PLANTA

Luego de definir la secuencia de extracción de mineral, es posible saber con certeza qué poligonal es extraída cada periodo de tiempo. Ahora bien, es necesario determinar los diferentes destinos que tendrá este mineral.

El transporte de mineral debe considerar la capacidad de carguío, es decir, la flota de camiones disponible, para llevar el material extraído desde cada expansión a los distintos destinos posibles, así como también considerar las distancias que deberán recorrer y los costos de transporte en los que se tendrá que incurrir.

Tal como se explicó en la descripción del proceso minero, el material puede tener diferentes destinos dependiendo de sus leyes de mineral. Si la ley está bajo la ley crítica, será enviada a botadero, si está por sobre podría ser enviada a stock, a pilas de mineral de baja ley o directamente a la planta. Si el mineral está por sobre la llamada ley de corte, será enviado directamente a planta, mientras que si su ley está entre la ley crítica y la ley de corte, puede tener cualquiera de los tres destinos mencionados. La decisión dependerá de lo que sea más económicamente rentable al momento de tomar la decisión.

De esta manera, la planificación de corto plazo también se hace cargo de la mezcla de mineral que será enviado a planta en cada periodo, buscando maximizar su rendimiento mediante consideraciones sobre las distintas leyes de minerales, respetando los límites de contaminantes, así como de otras características de los

minerales, como, por ejemplo, su dureza . Se debe tener en cuenta también las capacidades de los distintos procesos involucrados en las etapas de Preparación de Planta y Planta, a saber, chancado, molienda, lixiviación, MBL, Sx/Ew y concentradora. También se incluyen los valores de las recuperaciones de mineral obtenidas después de que el material pasa por cada uno de estos procesos.

A continuación se describen las condiciones de inicio del problema, las decisiones que el planificador debe tomar, las restricciones operacionales que debe cumplir y los criterios de finalización de la etapa de Programación de Planta.

3.3.1 Condiciones y Parámetros Iniciales

1. Reserva minera: Gracias a la etapa de Secuenciamiento, es posible saber exactamente cuánto mineral se podrá procesar y cuáles son sus características geológicas. Se conoce su tonelaje, ley de cobre, molibdeno, arsénico, zinc, hierro, etc. También se conoce la dureza de cada mineral mediante su *work index*.
2. Distancias: Para poder realizar cálculos sobre los camiones que se requieren para llevar a cabo el transporte del material extraído desde los yacimientos y para el costeo de estas actividades, se requiere información acerca de las distancias entre cada banco y los destinos posibles para cada tipo de material contenido en él. Las distancias vienen descompuestas en recorrido dentro y fuera del yacimiento. Además, cada una de ellas se entrega dividida según recorrido horizontal, en subida y en bajada. De manera adicional y con el mismo nivel de detalle se requieren las distancias entre los distintos stocks y los chancadores que pueden ser alimentados desde ellos.
3. Equipos: Los camiones son los equipos principales en esta etapa, pues son los encargados de realizar el carguío y transporte del mineral a sus diferentes destinos. Al igual que con las palas, la dotación de la flota de camiones es fija en el corto plazo. Se conoce entonces el número de camiones disponibles, sus capacidades de carga en toneladas y sus velocidades de carga y descarga.

4. Capacidades de Almacenamiento y Planta: Se conocen las capacidades de almacenamiento de stocks y botaderos, así como también las capacidades de cada etapa del proceso que sigue el material ya extraído. Con eso es posible determinar la capacidad total de la planta, siendo uno de los objetivos de la planificación, utilizarla a cabalidad.
5. Recuperaciones Metalúrgicas: Cada vez que el mineral entra a algún proceso minero, debe conocerse la cantidad de producto que se recupera al final. Se debe conocer entonces, la recuperación de cobre en cada planta de concentrado, la recuperación de molibdeno en cada planta de concentrado, la recuperación de cobre en los centros de lixiviación primaria y la recuperación de cobre en los procesos para minerales de baja ley. En general las recuperaciones dependen del tipo de mineral (óxidos o sulfuros) y de la ley del mineral de entrada.
6. Costos: El costo más relevante para esta etapa corresponde al costo variable por transporte de materiales, para lo cual se necesita conocer el costo US\$/[km-ton] para cada tipo de camión que participe del ejercicio a evaluar, separados en costo en camino horizontal y en pendiente. Además, se necesitan los costos fijos y variables involucrados en cada uno de los procesos de planta ya mencionados.
7. Parámetros Económicos: El precio del cobre, molibdeno y de los otros subproductos relevantes son valores importantes a tomar en cuenta.

3.3.2 Decisiones

- Línea de proceso que deberá seguir el mineral extraído cada periodo.
- Destino del material extraído en cada periodo, es decir, planta, stock, MLB o botadero.
- Cuánto mineral enviar desde stocks a planta y cuándo.

3.3.3 Restricciones Operacionales

Las principales restricciones de este problema

- Recuperaciones Metalúrgicas: Conservaciones de flujo con las transformaciones y recuperaciones del material en la red de procesos.
- Contaminantes: Se debe respetar la cantidad máxima de contaminantes en los procesos de planta, principalmente arsénico, según lo permitan las regulaciones medioambientales.
- Capacidades Máximas: No pueden sobrepasarse las capacidades límite de cada proceso, a saber, transporte, almacenamiento, chancado, molienda, concentración, SBL, lixiviación y Sx/Ew.

3.3.4 Objetivos Finales

Para que el planificador determine que un programa de planta se ajusta a las necesidades productivas deseadas, éste debe cumplir con una serie de criterios y objetivos, los cuales se describen a continuación:

- Acercarse lo más posible a las metas de ley promedio de mineral establecidas en el plan de largo plazo.
- Respetar todas las restricciones operacionales descritas.
- Las decisiones relacionadas con el envío de mineral a los diferentes destinos, manejo de stocks y envío de mineral a planta deben tomarse de manera tal que se obtenga el mayor beneficio operacional posible, tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores.

CAPITULO 4: OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar una metodología de resolución automatizable para el problema de la programación de corto plazo de las operaciones de minería a cielo abierto, en las etapas de Secuenciamiento y Agendamiento de Producción.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los planes obtenidos por la metodología deberán permitir una visión integrada de mina y planta simultáneamente, respondiendo a decisiones de extracción, transporte y procesos.

Los planes deberán ser operacionalmente factibles, cumpliendo las restricciones involucradas en cada etapa de la planificación.

La metodología deberá ser flexible, permitiendo la interacción continua con el planificador, para que este último pueda tener la posibilidad de evaluar diferentes ideas y escenarios de programación y, de manera iterativa, apoyarlo en el proceso de obtención de planes mineros que cumplan con los requerimientos y metas de largo plazo y con sus propios objetivos, según sea apropiado.

La implementación de la metodología deberá permitir la obtención de planes factibles en un tiempo de resolución breve, de manera tal que el planificador que la utilice tenga la posibilidad de hacer cuantas evaluaciones y modificaciones decida conveniente sin incurrir en un gasto excesivo de tiempo, antes de llevar a cabo la programación definitiva

CAPITULO 5: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Resolver un problema de gran escala como lo es la programación de corto plazo es complejo y costoso en términos de tiempo y recursos de cómputo. Dado el nivel de detalle que exige, el gran número de alternativas o combinaciones posibles y el hecho de que se consideran aspectos tanto de extracción minera como de transporte y procesamiento en planta, el problema es de alta complejidad y se hace difícil de resolver.

Modelos matemáticos de programación lineal entera mixta desarrollados e implementados para resolver la planificación agregada de largo plazo pueden tomar muchas horas, incluso días, en resolverse, a pesar del uso de heurísticas que permiten obtener soluciones aproximadas en menor tiempo (4),(3).

Dado que se desea obtener planes factibles en un tiempo breve y permitir una interacción con el planificador, se ha optado por dividir la resolución del problema en dos etapas que resultan naturales pues son subproblemas más acotados y de características específicas. Además, se seguirá el procedimiento natural del proceso de programación ya descrito.

Se resolverá primero el subproblema de Secuenciamiento. A continuación y usando como información de entrada los resultados del problema anterior, se resolverá el subproblema de Programación de Planta. Esta estrategia permitirá simplificar y flexibilizar la obtención de planes mineros de corto plazo adecuados a las necesidades de la empresa minera y del planificador, lo cual sería muy complejo de lograr intentando resolver modelos de gran escala como los usados en el largo plazo (10).

El subproblema de Secuenciamiento es, por lejos, el más complejo de resolver, tanto en su modelamiento como en su estrategia de resolución. Esta etapa tiene una gran cantidad de combinaciones posibles, pues se asignan equipos a poligonales en cada periodo, por lo que su resolución es considerada de alta dificultad. Además, representar matemática y computacionalmente el funcionamiento global de una mina es de alta complejidad, pues los elementos que la componen y las restricciones involucradas en los procesos operacionales deben ser actualizados cada vez que se explota mineral ya que las condiciones geográficas y geológicas de

la mina son modificadas. Debido a lo difícil de modelar y resolver, esta parte del problema se utilizará un enfoque heurístico que incorpore, además de las características mencionadas, la interacción con el planificador, permitiendo obtener soluciones factibles de calidad al problema en tiempos de ejecución breves, pero dejando de lado la obtención de la solución global óptima, lo que se escapa de los objetivos ya planteados.

El subproblema de Programación de Planta usa como información de entrada los resultados obtenidos en la etapa anterior, las distancias entre los diferentes orígenes y destinos entre los cuales se debe transportar el mineral ya extraído, la flota de camiones necesaria para realizarlo, los límites de contaminantes, recuperaciones de mineral después de cada etapa del proceso de planta, capacidades de la misma, entre otras. Las decisiones de extracción ya han sido tomadas y resta determinar las cantidades de material que serán enviadas a cada destino, definiendo, de esta manera la mezcla de mineral óptima que será procesada, dada la secuencia de extracción obtenida. El enfoque que se utilizará para resolver este problema es un modelo de programación lineal, el cual no involucra variables de decisión enteras, pues sólo se asignarán flujos de mineral, por lo que su resolución no será costosa en términos de tiempo y recursos computacionales invertidos (10).

A continuación se describe el detalle del modelamiento y estrategias de resolución de la etapa de Secuenciamiento y Programación de Planta, respectivamente.

5.2 SUBPROBLEMA DE SECUENCIAMIENTO

En esta sección se describirá el modelamiento de los elementos mineros presentes en la etapa de Secuenciamiento, a saber, minas, expansiones, bancos, poligonales y palas. También se analizará la manera en que se cumplirán las restricciones operacionales involucradas en proceso de extracción. Se describirá, además, el diseño del método encargado de generar las secuencias de poligonales por palas disponibles y la forma en la que el usuario puede interactuar con el método y, por ende, influir en la solución final del subproblema, para obtener los resultados deseados.

5.2.1 Modelación de Elementos Mineros

Mediante programación computacional orientada a objetos, fue posible representar los elementos principales que son considerados en la programación de corto plazo. La información que contiene cada elemento representado se describe a continuación:

5.2.1.1 Poligonales

Este elemento fue modelado como la unidad mínima de la reserva minera considerada en la programación de corto plazo. Su representación se compone principalmente de tres tipos de información inicial, la geológica, la geográfica (o geométrica) y la operacional. (Figura 16).

➤ Información Geológica:

- Tonelaje total.
- Leyes de cobre, molibdeno, zinc, hierro, y otros productos.
- Cantidades de contaminantes (arsénico).
- Índice de dureza (*work index*).

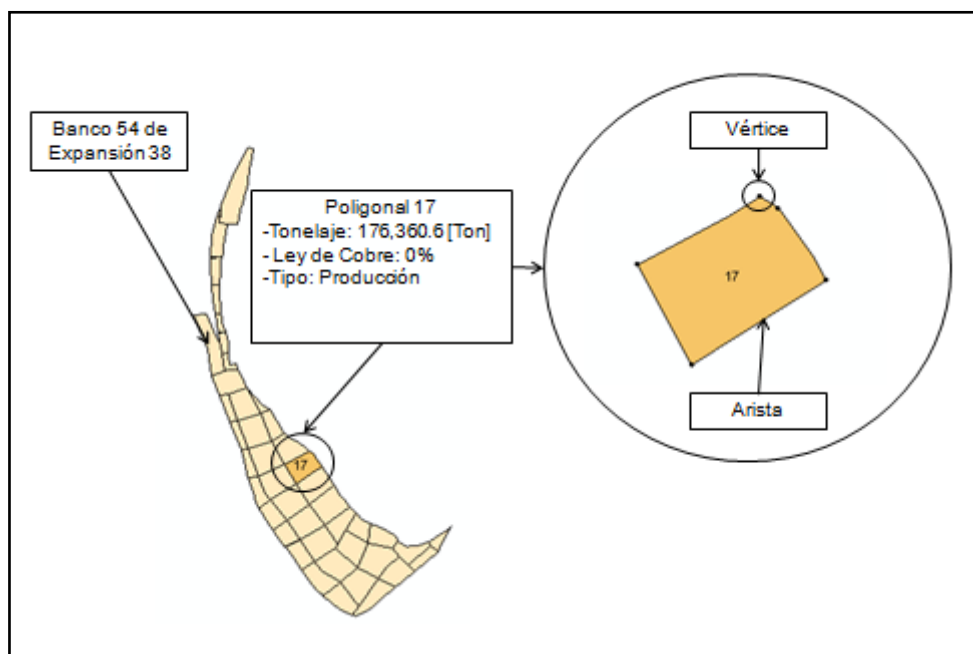
➤ Información Geográfica:

- Mina, expansión y banco al que pertenece, junto con su índice identificador propio.
- Conjunto ordenado de vértices que dan forma al contorno geométrico de la poligonal, cada vértice está compuesto por sus coordenadas geográficas X, Y, Z en el plano.
- Aristas de la poligonal, formadas por cada par de vértices consecutivos.

➤ Información Operacional:

- Tipo de poligonal (producción, control, rampa, recorte, cajón o extremo).
- Ritmos máximos de explotación.

Figura 16: Poligonal



Fuente: Elaboración propia

5.2.1.2 Bancos

Este elemento fue modelado como el conjunto de poligonales de una fase que tiene la misma cota (misma coordenada en el eje Z del plano). Su representación contiene la siguiente información:

- Información Geológica:
 - Tonelaje total, dado por la suma de los tonelajes de sus poligonales.
- Información Geográfica:
 - Mina y expansión a la que pertenece, junto con el índice identificador del banco.
 - Cota en la que se ubica.
 - Conjunto de poligonales que le pertenecen.

➤ Información Operacional:

- Parámetros involucrados en el proceso de extracción, los cuales serán descritos en detalle en la sección de Diseño y Actualización de la Red de Poligonales.

5.2.1.3 Fases o Expansiones

Este elemento fue modelado como un conjunto de bancos ubicados en una misma zona del yacimiento. Cada expansión está representada mediante la siguiente información:

➤ Información Geológica:

- Tonelaje total, dado por la suma de los tonelajes de sus bancos.

➤ Información Geográfica:

- Mina a la que pertenece, junto con el índice identificador de la fase.
- Conjunto de bancos que le pertenecen.

➤ Información Operacional:

- Tiempo de inicio de la explotación de la fase.

5.2.1.4 Minas

Este elemento fue modelado como el conjunto de las diferentes fases que pertenecen a un mismo yacimiento. Es la unidad más agregada del recurso minero. Su representación contiene la siguiente información:

➤ Información Geológica:

- Tonelaje Total, dado por la suma de sus expansiones.

➤ Información Geográfica:

- Índice identificador propio.
- Conjunto de expansiones que le pertenecen.

5.2.1.5 Palas

La modelación de estos equipos mineros contiene información referente a su asignación en el proceso de explotación y a las características técnicas del equipo:

➤ Información Técnica:

- Capacidad máxima de extracción, medida en la cantidad de toneladas que puede extraer por hora efectiva de trabajo (TPH).
- promedio por periodo (mes) de horas efectivas que una pala está en operación cada día.

➤ Información Geográfica y Temporal:

- Mina y fase en la que la pala ha sido asignada para explotar en cada periodo de tiempo.
- Periodos de tiempo definidos para efectuar mantenciones preventivas.

5.2.2 Modelamiento de restricciones operacionales

5.2.2.1 Diseño y Actualización de la Red de Poligonales

Es necesario incluir información que incorpore las restricciones operacionales del proceso de extracción, las cuales fueron mencionadas en la descripción del subproblema de Secuenciamiento, así como también puntos de referencia geográfica más específicos para bancos y poligonales.

Esta información permitirá interpretar cada banco en explotación como un grafo, cuyos nodos son poligonales entre las cuales una pala puede desplazarse, es

decir, puede llegar desde una hacia la otra. Los grafos de bancos consecutivos se unen mediante las poligonales del tipo “rampa”. De esta manera será posible saber qué material es necesario haber extraído antes de poder explotar cierta poligonal, a qué otras poligonales puede acceder una pala luego de terminar de explotar una poligonal en particular, si es posible iniciar la explotación del banco siguiente y, de ser posible hacerlo, por dónde se puede acceder a él. La unión de estos grafos se denomina Red de Poligonales.

La Red de Poligonales es un grafo compuesto por la unión de los grafos de a lo más dos bancos que se están explotando consecutivamente. Los grafos de los bancos están conectados por la rampa del banco inferior. Dentro un banco, el grafo está compuesto por todas las poligonales entre las cuales una pala puede desplazarse. Estas son las poligonales accesibles y las poligonales vecinas, las cuales serán descritas en detalle más adelante.

Además de la Red de Poligonales, existen otras consideraciones asociadas a la factibilidad del problema, que tienen que ver con las restricciones de interferencia operacional entre equipos y con la conectividad entre poligonales de un mismo banco. Se necesita saber entonces, cuáles poligonales no pueden explotarse simultáneamente pues generarían interferencias entre equipos y cuáles poligonales no pueden extraerse debido a que generarían desconexiones infranqueables en el grafo del banco inmediatamente anterior.

Para poder generar la red de poligonales y el chequeo de las condiciones factibilidad, se hará uso de algoritmos basados en álgebra lineal, aprovechando la modelación geométrica de las poligonales, compuestas por vértices y aristas. Se introducirán también, una serie de nuevos conceptos que juegan un rol importante tanto en la confección y actualización de la red, como en los chequeos de factibilidad.

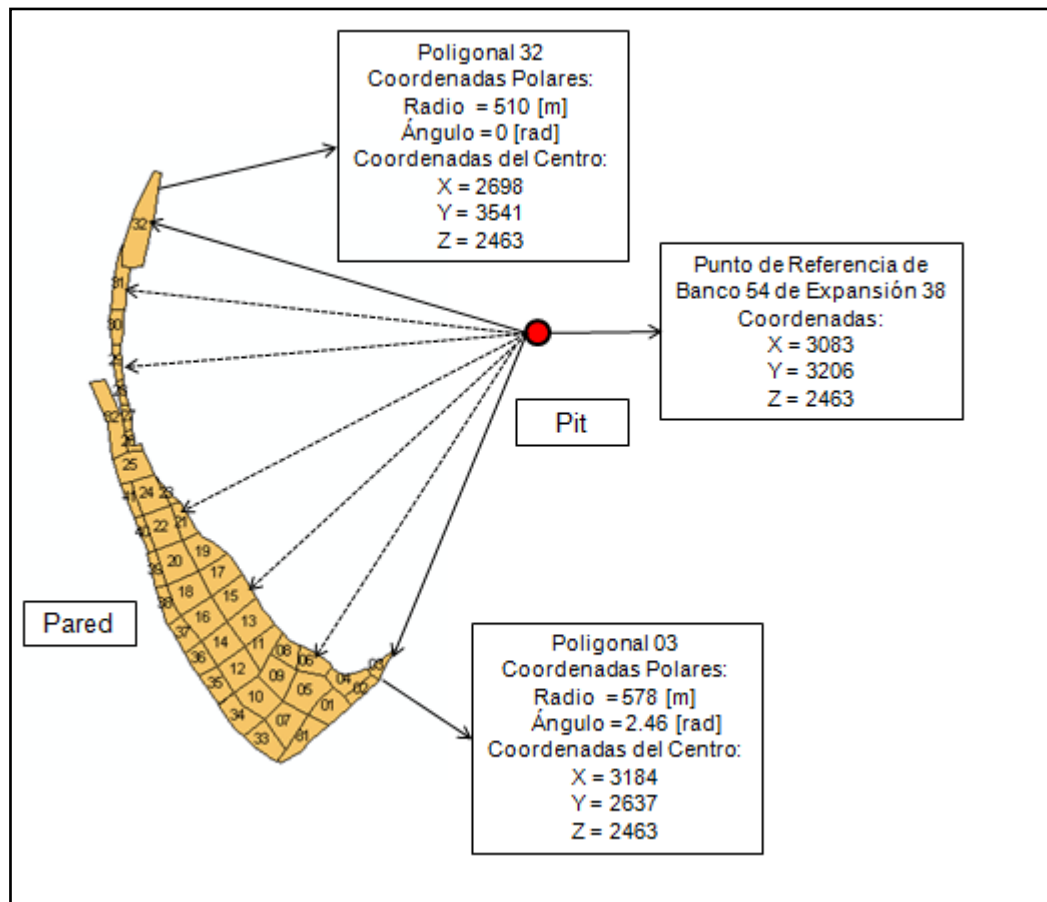
5.2.2.2 Referencia de Poligonales

A la información ya descrita de bancos y poligonales, se agrega información referencial, utilizada en el Método de Secuenciamiento que será descrito en secciones posteriores. En el caso del banco esto consiste en la asignación de un punto de referencia geográfica, mediante el cual es posible dar un ordenamiento

geométrico a las poligonales que lo componen. Las poligonales también tienen un punto de referencia calculado como el promedio de sus vértices, coordenada por coordenada. (Figura 17)

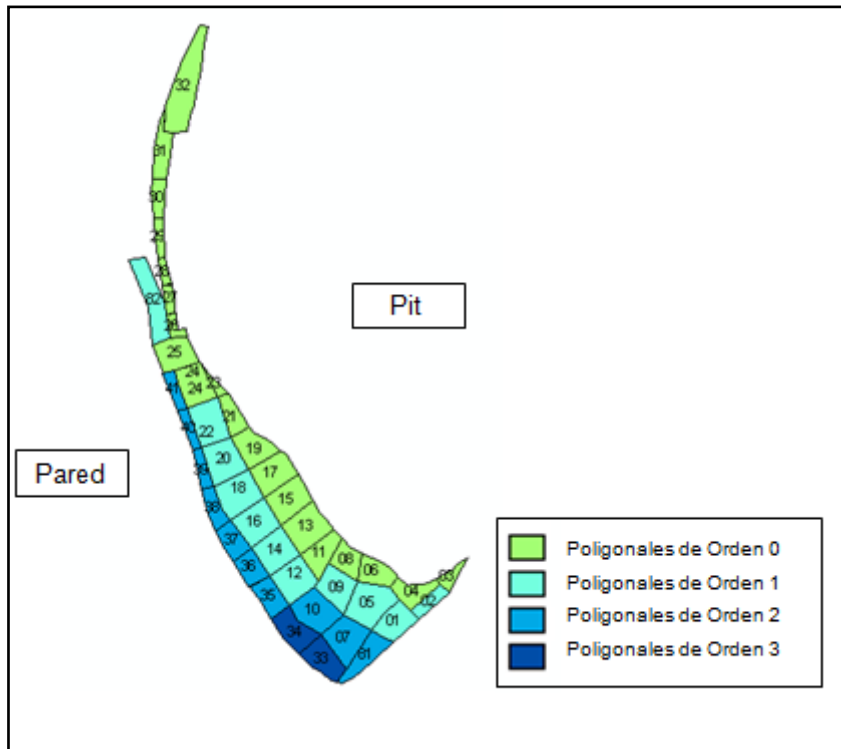
Cada poligonal recibe además, las coordenadas polares de sus centros, es decir, un ángulo medidos en radianes y un radio medido en metros con respecto al punto de referencia del banco al que pertenecen. También se les clasifica con índice de orden que indica su cercanía al rajo, siendo de orden 0 las poligonales adyacentes al rajo del yacimiento. El orden de una poligonal aumenta en 1 cada vez que otra poligonal se interpone entre ella y el pit. (Figura 18)

Figura 17: Método de secuenciamiento para bancos



Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Clasificación de poligonales



Fuente: Elaboración propia

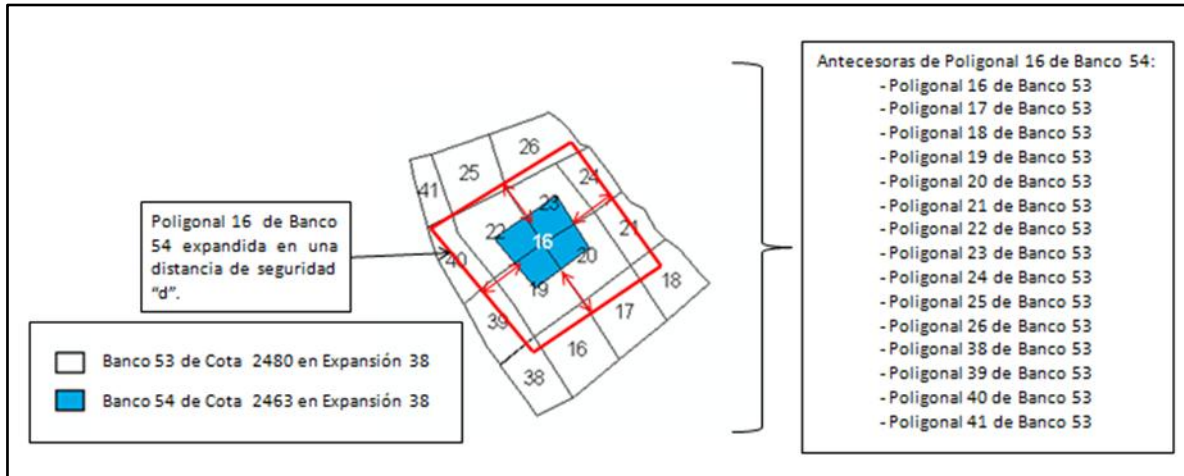
5.2.2.3 Poligonales Antecesoras

En una misma fase pueden haber palas operando en dos bancos consecutivos simultáneamente. Para que una pala pueda trabajar en una poligonal del banco el banco inferior, previamente se deben haber extraído todas aquellas poligonales que se ubican encima de ella, estas poligonales se denominan “antecesoras”. Las “antecesoras” de una poligonal se definen como aquellas poligonales del banco superior que interceptan a un “Polígono de Seguridad”, que es una expansión de distancia $D_{Antecesora}$ de la envoltura convexa de la poligonal en cuestión. Este concepto es fundamental para asegurar que una poligonal de un banco inferior pueda ser explotada y se respeten los criterios ya descritos de factibilidad operacional de la solución.

En el caso de las poligonales de “control” y “extremos”, sus antecesoras corresponden a todas las poligonales del banco predecesor, dado que sólo pueden extraerse una vez que todo el banco anterior ya fue explotado, por motivos de conectividad al interior del banco y a la estabilidad de la pared del banco.

Cuando todas las “antecesoras” (Figura 19) de una poligonal ya han sido extraídas completamente, se dice que dicha poligonal es “extraíble”.

Figura 19: Antecesoras de una poligonal

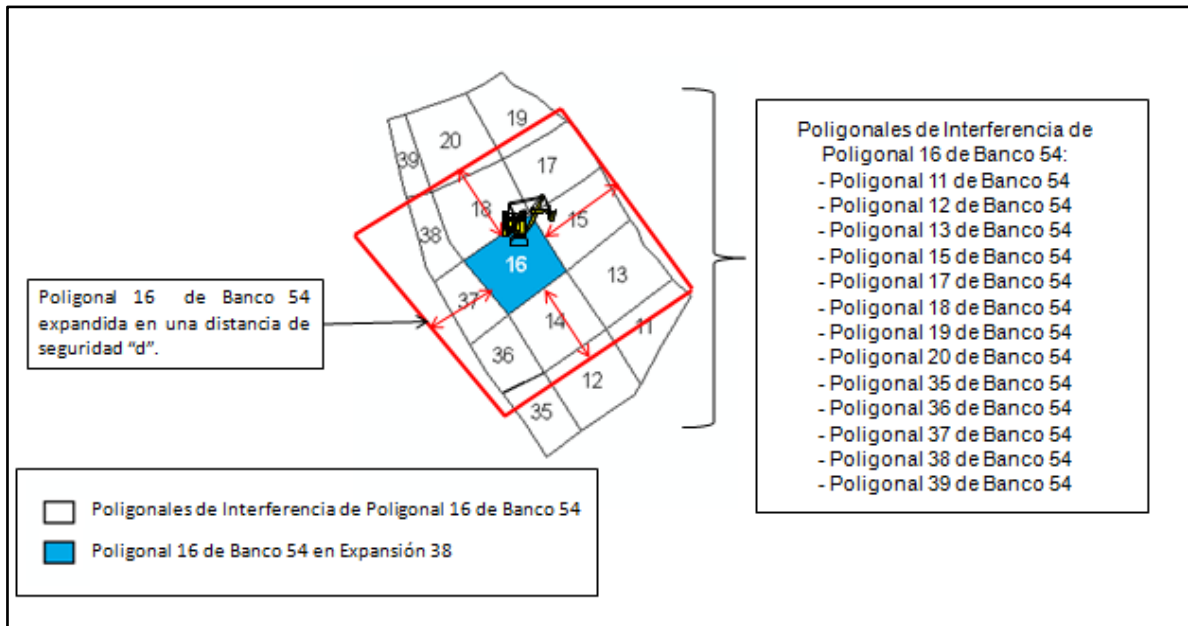


Fuente: Elaboración propia

5.2.2.4 Interferencia Operacional entre Palas

Por razones de seguridad, en un mismo banco, dos palas deben trabajar en poligonales suficientemente lejanas entre sí. Se necesita que los equipos mantengan una distancia apropiada para no interferir con el proceso de extracción y de carguío, considerando las grandes dimensiones tanto de las palas como de los camiones. Para ello se definen las poligonales de “interferencia”, (Figura 20) las cuales, debido a que están muy cerca entre sí, no pueden ser extraídas por dos o más palas diferentes de manera simultánea. Para determinar cuáles son las poligonales de “interferencia” de una poligonal en particular, se recurre a la misma técnica utilizada para el cálculo de las “antecesoras”, pero aplicada sobre las poligonales de un mismo banco, no sobre el banco anterior. Todas aquellas poligonales que intercepten al Polígono de Seguridad expandido una distancia $D_{Interferencia}$ serán de “interferencia”.

Figura 20: Poligonales de Interferencia



Fuente: Elaboración propia

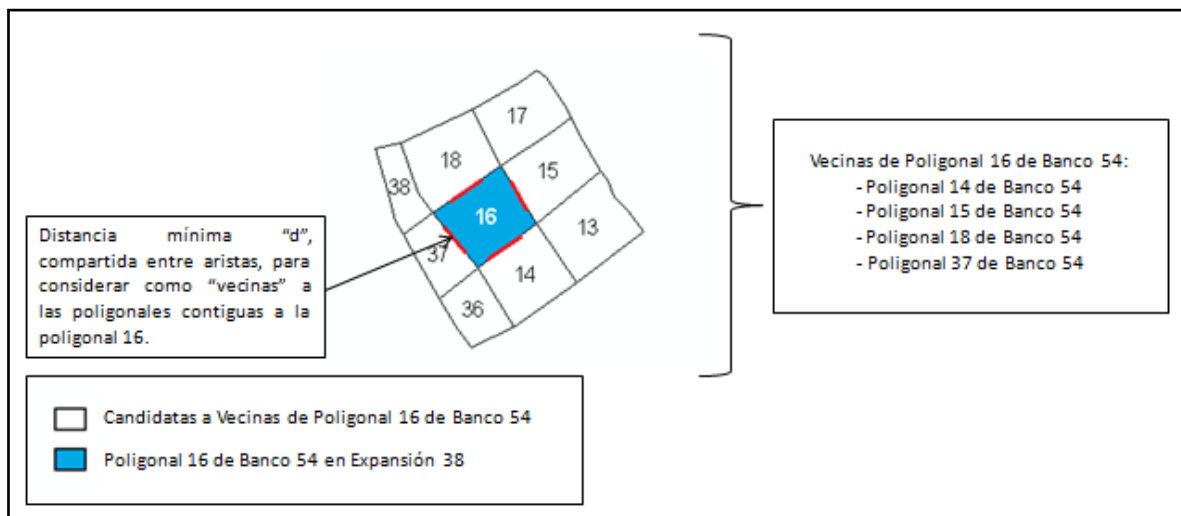
5.2.2.5 Poligonales Vecinas

Para la confección del grafo de poligonales conexas de cada banco, es de vital importancia determinar qué poligonales son adyacentes entre sí, es decir, cuáles son poligonales que están unidas o que rodean a cierta poligonal en particular. Las poligonales adyacentes a una poligonal se denominan “vecinas” y se definen como aquellas que poseen alguna arista o algún segmento de arista de distancia $D_{Vecinas}$ en común. Esta distancia en común es necesaria para que una pala que acaba de terminar de explotar una poligonal, pueda tener suficiente espacio para trabajar en alguna de sus “vecinas”. Es por este motivo que poligonales que tengan, por ejemplo, sólo un vértice en común, es decir, que sean opuestas por un vértice, no se consideran “vecinas” pues no comparten aristas. (Figura 21)

Para que una poligonal pueda ser explotada, al menos una de sus vecinas debe haber sido extraída completamente en un periodo anterior, si no, no es posible acceder a ella.

La excepción son las “rampas”, las cuales son extraídas desde el banco superior de manera especial. Además, su única poligonal “vecina” es la poligonal del tipo cajón que sea adyacente a ella, pues es la única poligonal a la que puede accederse luego de la confección de la “rampa”, al iniciar la explotación de un nuevo banco, denominado banco inferior.

Figura 21: Poligonales vecinas



Fuente: Elaboración propia

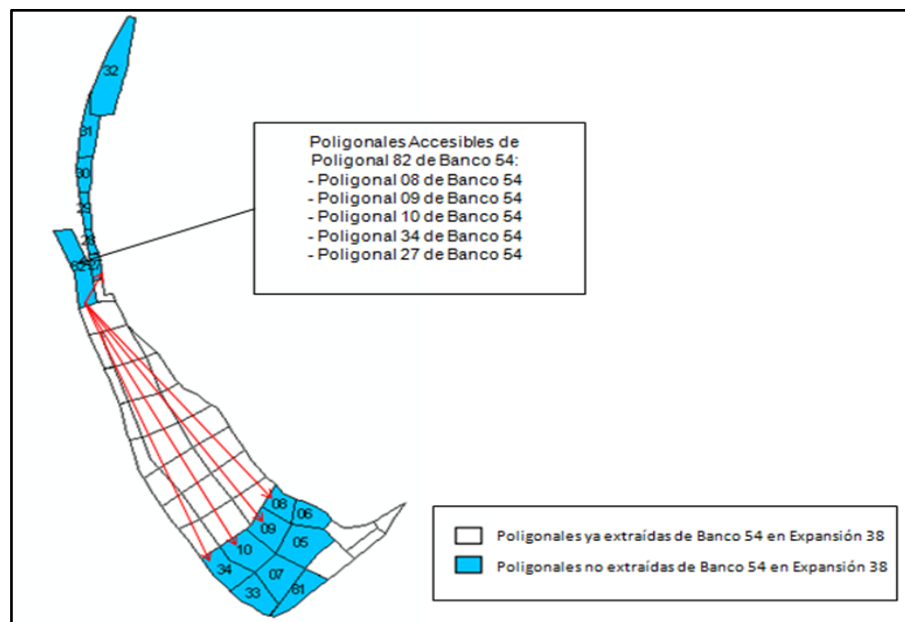
5.2.2.6 Poligonales Accesibles

Dos poligonales se definen como “accesibles” si es posible que una pala se traslade desde una hacia la otra y viceversa al interior del banco al que pertenecen. Esto se logra siempre y cuando exista el espacio suficiente en el mismo banco y si haya un piso o sustento que permita que los equipos puedan transitar sobre él sin problemas. Para establecer si dos poligonales son accesibles se utilizan las llamadas poligonales de “tránsito”, las cuales se definen más adelante. Mediante ellas es posible determinar si existe un “camino” entre dos poligonales, si éste existe entonces son “accesibles” entre sí. Si lo son, entonces existe un arco que las conecta en la red de poligonales del banco.

Si una poligonal pertenece a la Red de Poligonales, significa que existen arcos que la conectan con otras poligonales del banco. En caso contrario la poligonal aún no posee poligonales accesibles. (Figura 22)

Una poligonal accesible no es lo mismo que una poligonal vecina, pues ser vecinas implica que dos poligonales tengan segmentos de aristas en común, mientras que la accesibilidad se logra en la medida que se forman espacios al interior del banco que permiten conectar dos poligonales entre sí para ser explotadas en forma consecutiva, sean vecinas o no. Sin embargo, a medida que la explotación avanza, si cierta poligonal ya ha sido extraída completamente, entonces se generan los espacios necesarios para que la pala que la explotaba puede acceder también a sus vecinas, las cuales se convierten en poligonales accesibles, tanto para la poligonal recién extraída como para las poligonales de la red que ya le eran accesibles a ésta.

Figura 22: Poligonales accesibles



Fuente: Elaboración propia

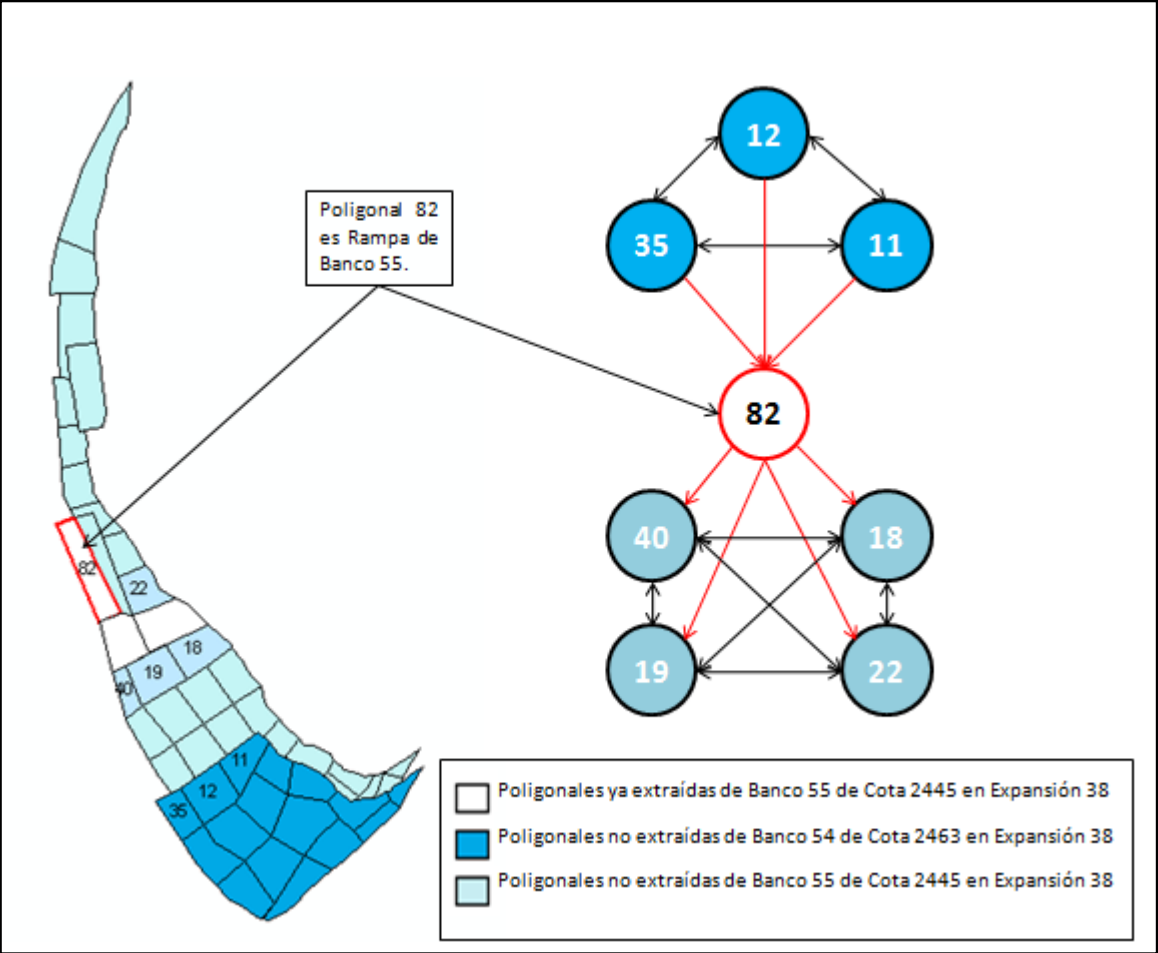
5.2.2.7 Conectividad entre Bancos

El grafo de poligonales accesibles de un banco solo puede conectarse con el grafo de su banco antecesor o con el del siguiente. Dado que sólo pueden explotarse dos bancos de manera simultánea, el grafo de dicho banco podrá conectarse sólo con uno de los otros dos grafos, dependiendo del avance de la expansión en dicho instante. La conexión se establece exclusivamente mediante las

rampas, con la rampa del propio banco si la conexión es con el grafo antecesor o con la rampa del banco siguiente si la conexión es con el grafo sucesor. (Figura 23)

Los bancos que se estén explotando en un instante de tiempo determinado se denominan bancos “operativos”. Dado lo anterior, siempre habrá, al menos, un banco operativo y a lo más dos simultáneamente en cada fase, debido a las restricciones de explotación ya mencionadas. Es importante destacar que las palas no pueden devolverse para operar desde un banco inferior hacia su antecesor, la conexión en este caso es unidireccional desde el banco superior hacia el inferior y no a la inversa.

Figura 23: Conectividad de bancos



Fuente: Elaboración propia

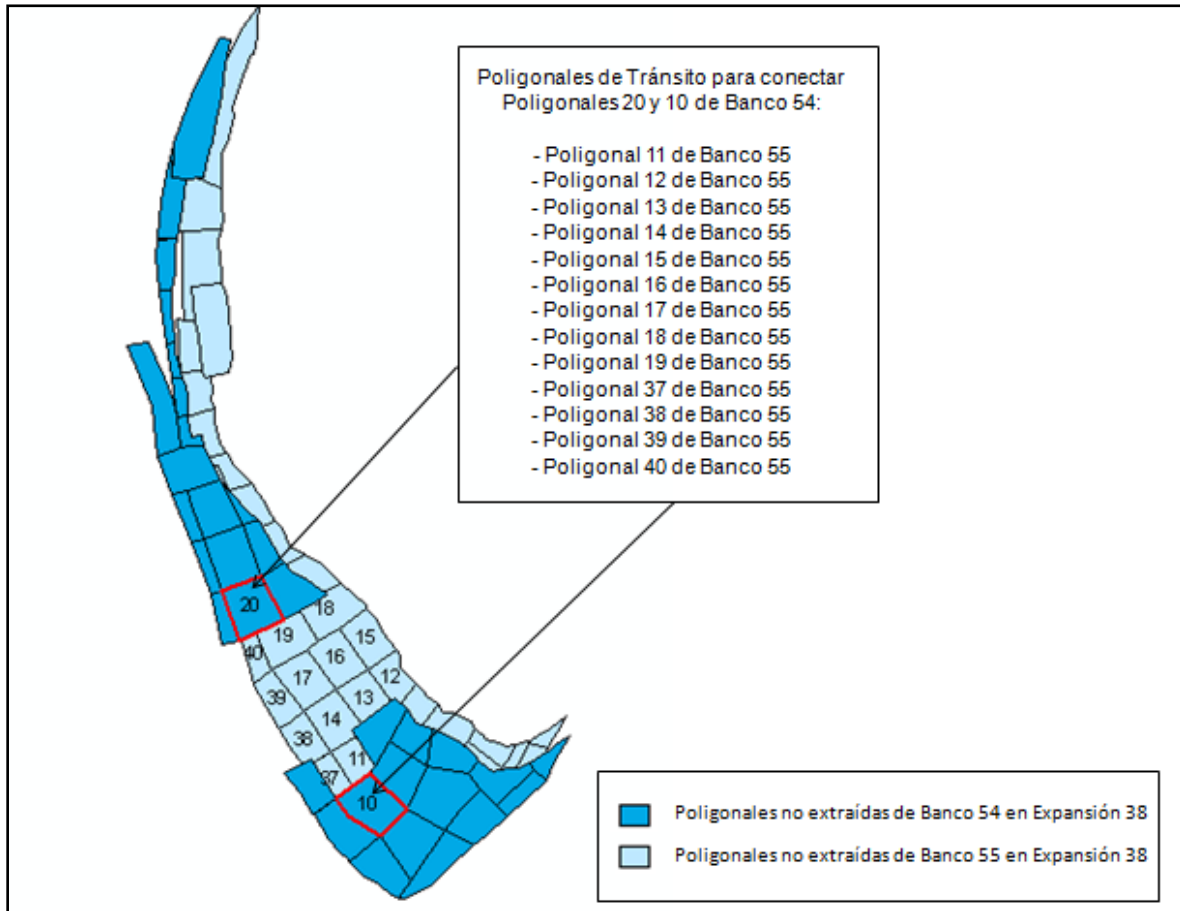
5.2.2.8 Poligonales de Tránsito

Para poder general el grafo de poligonales, se necesita saber qué poligonales son “accesibles” entre sí. Para determinar si están conectadas o no, es necesario establecer si existe un “camino” que las conecte. Un concepto clave a tener en cuenta es que el piso por el cual los diferentes equipos circulan al explotar un banco en particular es, justamente, el banco inmediatamente inferior, el cual, también podría estar siendo explotado de manera simultánea. Para esto se definen las poligonales de “tránsito”, que se definen como las poligonales del banco inferior por las cuales es posible transitar, para llegar desde una poligonal accesible a otra en el banco superior. (Figura 24)

A medida que la explotación de un banco avanza, se despeja espacio para el desplazamiento de las palas y camiones que participan en la operación. El piso por el cual transitan está conformado por las poligonales de “tránsito” que pertenecen al banco inferior. Saber cuáles son permitirá establecer rutas o conexiones entre las poligonales accesibles del banco superior.

Este tipo de poligonales permiten saber por dónde una pala puede desplazarse, asegurando que existe un camino con sustento por el cual transitar, es decir, que el banco tiene el piso necesario. Dado que dos bancos pueden explotarse simultáneamente, ciertos caminos irán quedando sin sustento en la medida que poligonales del banco inferior en operación sean tronadas. Es necesario, entonces, actualizar esta información para poder generar la nueva red, a medida que la explotación de cada fase avanza.

Figura 24: Poligonal de tránsito



Fuente: Elaboración propia

5.2.2.9 Actualización de la Red de Poligonales Accesibles

Cada vez que una nueva poligonal es extraída, es necesario realizar una actualización de la red de poligonales accesibles, tanto en grafo del banco al que la poligonal pertenece, como en el grafo del banco anterior, si es que este último está aún en explotación.

Para ello se han desarrollado dos algoritmos que cumplen justamente esta función de actualización. El primero actualiza el grafo del banco al que la poligonal extraída pertenece y el segundo actualiza el grafo del banco superior o anterior, si es que éste aún está en operación. Ambos son aplicados en forma consecutiva respectivamente, cada vez que una pala termina de explotar una poligonal a cabalidad y debe asignársele una nueva.

5.2.2.10 Actualización del Grafo de Poligonales del Mismo Banco

Este algoritmo se utiliza para actualizar el grafo de poligonales accesibles del mismo banco al que pertenece la poligonal que está siendo explotada.

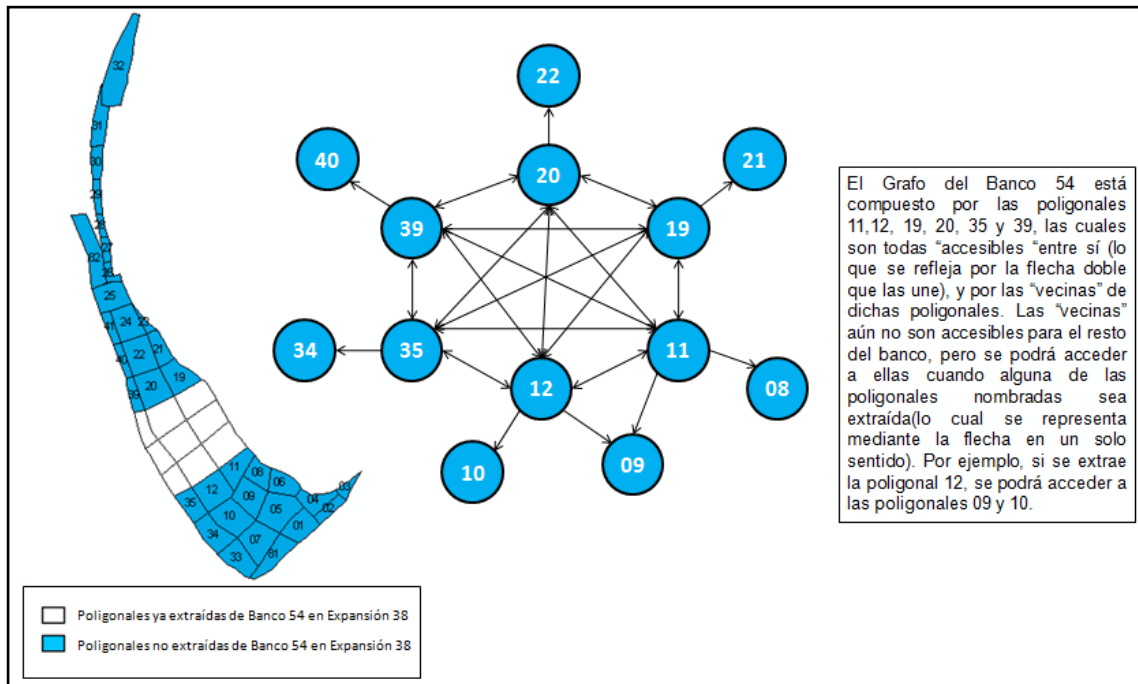
➤ Inicialización

1. Antes de iniciarse el secuenciamiento de la extracción, todas las poligonales tienen como poligonales “accesibles” a sus poligonales “vecinas”.
2. Al inicio, no hay poligonales de “tránsito”.

➤ Actualización

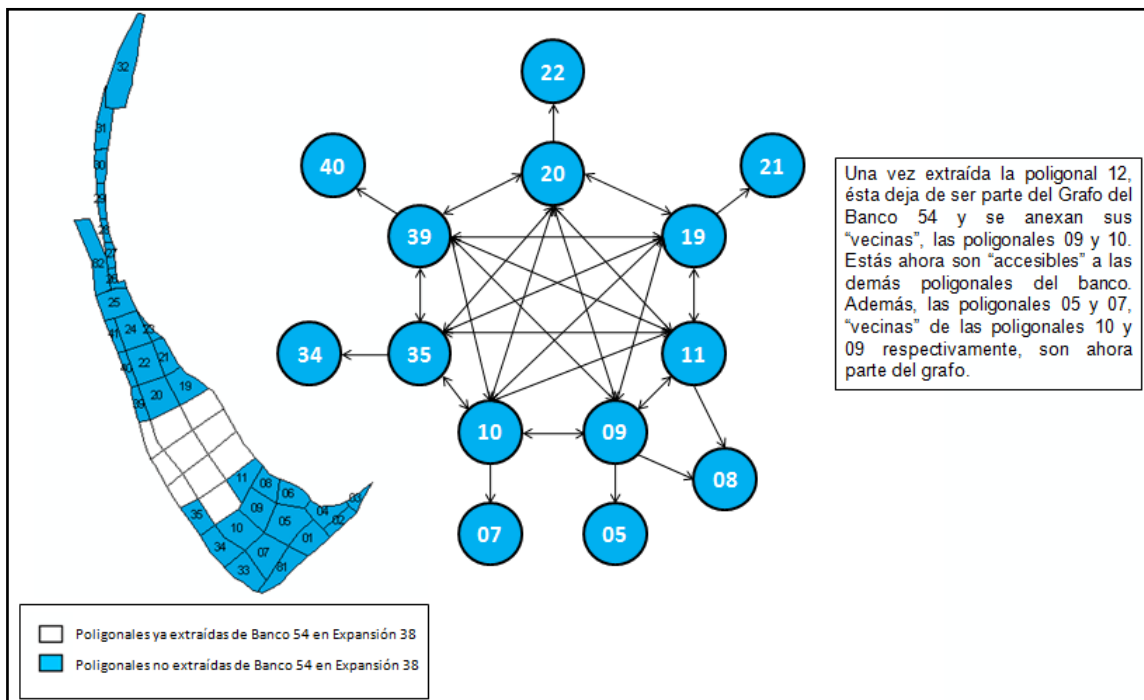
1. Una pala es asignada a una poligonal nueva.
2. Cuando la poligonal es completamente extraída por la pala, a todas las poligonales accesibles a esa poligonal se les asigna todas las otras poligonales accesibles a ella, que no sean accesibles aún a las demás.
3. La poligonal extraída ya no es accesible a ninguna otra poligonal y ninguna otra poligonal es accesible a ella, excepto si es una “rampa” (las poligonales de tipo “rampa” siempre se mantienen accesibles al resto del banco no explotado debido a que permiten el tránsito entre bancos).
4. Se modifica el grafo de dicho banco con la nueva información, cuyos nodos son las poligonales no extraídas y las “rampas” y los arcos sólo unen a aquellos pares de poligonales accesibles entre sí.(Figura 25)
5. Se establecen las poligonales de “tránsito” pertenecientes al banco inferior al de la poligonal que acaba de ser explotada. (Figura 26)

Figura 25: Grafo de banco



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Grafo de banco y poligonales de tránsito



Fuente; Elaboración propia

5.2.2.11 Actualización del Grafo de Poligonales del Banco Superior

Este algoritmo se aplica para actualizar el grafo de poligonales accesibles del banco superior al cual cierta poligonal está siendo extraída, siempre y cuando el banco superior esté siendo explotado simultáneamente. Se utiliza también un algoritmo recursivo que usa la información contenida en las poligonales de “tránsito” para establecer si existe una ruta o camino sustentable al interior del banco, que conecte dos poligonales entre sí.

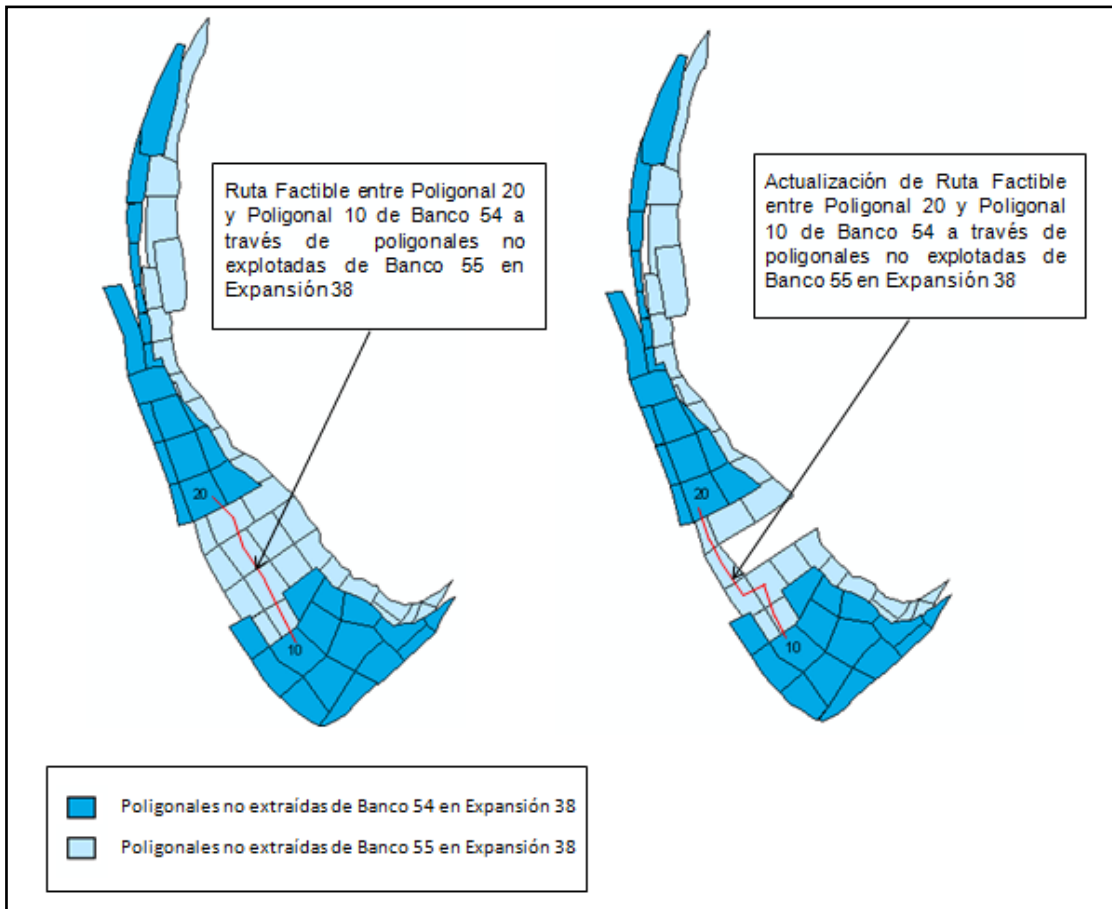
➤ Inicialización

1. Antes de iniciarse el secuenciamiento de la extracción, todas las poligonales tienen como poligonales “accesibles” a sus poligonales “vecinas”.
2. Al inicio, no hay poligonales de “tránsito”.

➤ Actualización

1. Una pala es asignada a una poligonal nueva.
2. Si la nueva poligonal asignada pertenece al banco inferior en operación, entonces deja de ser una poligonal de “tránsito”, pues está siendo explotada y ya no pertenece al sustento o piso del banco superior.
3. Se eliminan todos los arcos del grafo del banco superior.
4. Se determina si existe algún camino entre cada par de poligonales no extraídas del banco superior y sus “rampas, a través de las poligonales de “tránsito” del banco inferior. Esto determina todos los pares de poligonales que son accesibles entre sí. (Figura 27)
5. Se regenera el grafo de dicho banco, cuyos nodos son las poligonales no extraídas y las “rampas” y los arcos sólo unen a aquellos pares de poligonales accesibles entre sí.

Figura 27: Pares de poligonales accesibles entre si



Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Descripción del Método de Secuenciamiento

El objetivo del método a diseñar es construir soluciones que respeten las restricciones operacionales ya descritas. Cada decisión que se tome, con respecto a cuál equipo explotará cuál poligonal y en qué periodo, debe generar secuencias factibles.

En el proceso de programación convencional, cada decisión de extracción realizada por el planificador modifica la situación de la reserva minera, por lo que la toma de decisiones es equivalente a construir una solución por etapas. En cada etapa, la secuencia parcial de extracción debe cumplir con las metas y restricciones involucradas. La programación continúa hasta completar el total de mineral asignado para el horizonte temporal completo. En caso de que el planificador

asigne una pala a alguna poligonal de tal manera que la solución viole algunas de las restricciones operacionales o de seguridad del proceso minero, él tendrá que rediseñar la solución devolviéndose en la secuencia y reasignando las palas de manera tal que cumpla con las condiciones deseadas.

Lo anteriormente descrito se adapta muy bien al método conocido como *Backtracking* o “Vuelta Atrás”, el cual fue descrito en el Marco Teórico. Es por eso que la adaptación de esta metodología para la resolución del subproblema de Secuenciamiento se ajusta tanto al objetivo que se desea lograr como a la manera en el que un planificador minero de corto plazo realiza la programación de extracción del mineral en un yacimiento.

Se construirá un árbol de búsqueda para cada fase con la metodología propuesta. Los nodos que componen cada árbol almacenarán la información del estado de la fase correspondiente en ese instante, cada decisión de extracción que se tome modificará el estado de la reserva minera generando un nuevo nodo, se revisará que cada nodo contenga un estado factible de la fase, es decir, que se respeten las restricciones explícitas, si no, se regresará al nodo anterior y se tomará una nueva decisión. La solución parcial del secuenciamiento deberá ser siempre factible.

El proceso terminará cuando se cumpla el criterio de detención, el cual corresponde a que la totalidad de las poligonales a explotar durante el horizonte temporal de planificación hayan sido debidamente extraídas. En caso de que no sea posible encontrar una solución final que cumpla con las restricciones explícitas e implícitas, el problema será declarado como infactible.

Parte de los objetivos que la metodología debe satisfacer es ser flexible, permitiendo la interacción con el planificador. Para ello se detallan a continuación todos aquellos parámetros e información de entrada que un planificador minero de corto plazo puede fijar, variar y manipular, para influir en la solución final del secuenciamiento de poligonales. A continuación de esto se describe a cabalidad el funcionamiento interno del Método de Secuenciamiento de Poligonales, basado en la metodología de *Backtracking*.

5.2.3.1 Interacción con el Usuario

El planificador puede manipular la información de entrada para construir planes que se ajusten a los objetivos de la empresa minera. Es importante destacar que, aunque la metodología se hace cargo de las restricciones operacionales y de llevar a cabo la planificación completa del mineral, es el planificador quien debe ajustar los parámetros operacionales, de seguridad y el detalle de las palas que serán asignadas a las diferentes expansiones en cada periodo de tiempo, para cumplir con las metas de largo plazo.

Claro está, la información entregada por la planificación de largo plazo incluye la reserva minera a explotar y la disponibilidad de equipos necesaria para cumplir con las metas de leyes, ritmos y tonelajes, pero, al momento de operativizar el plan, pueden ocurrir desviaciones y modificaciones. Es por ello que iterativamente, tal como se construyen los planes de manera convencional, el planificador de corto plazo deberá corregir y ajustar el plan hasta obtener la programación deseada. Estas modificaciones estarán sujetas a la factibilidad operacional del subproblema de Secuenciamiento.

Los ajustes que la metodología permite realizar se detallan a continuación:

➤ Reserva Minera:

- Expansiones que participan en la planificación.
- Tiempo de inicio de la extracción en cada expansión.
- Bancos considerados en cada expansión.
- Distancias de seguridad por banco para poligonales antecesoras, vecinas y de interferencia.
- Poligonales a explotar en cada banco.
- Tipos de cada poligonal (producción, control, extremo, rampa, recorte o cajón).

➤ **Horizonte Temporal:**

- Tiempo total de la programación, es decir, la cantidad de periodos involucrados en el proceso de programación. Cada periodo equivale a un mes.

➤ **Equipos:**

- Palas disponibles que participan durante el horizonte de planificación.
- Capacidad máxima de cada pala disponible.
- Calendarización de equipos por fase y periodo, es decir, periodos en los que una pala estará asignada a la explotación de una expansión en particular. Se permite su reasignación a nuevas expansiones en periodos posteriores y su envío a mantenciones programadas.

➤ **Ajustes de Secuencia Sugerida:**

En caso de que el planificador no quede conforme con alguna de las secuencias entregadas por el método, o bien desee fijar a priori la secuencia que alguna pala debe seguir en la extracción de un banco en particular, puede realizar ajustes a la secuencia.

Este ajuste consiste en establecer como información de entrada para el método, cuál será la nueva poligonal que será explotada, llamada “destino”, una vez que cierta poligonal, llamada “origen”, haya sido completamente extraída por la pala que estaba trabajando en ella. Esta pala será asignada a la nueva poligonal “destino” siempre y cuando las restricciones operacionales lo permitan.

5.2.3.2 Árboles

Cada fase tiene asociada un árbol de búsqueda. El árbol está compuesto por nodos, los cuales almacenan el estado de avance global de la operación de cada expansión en cierto instante de tiempo, y por acciones, las cuales generan un nodo “hijo” a partir del nodo “padre” anterior. El estado inicial de la fase está representado por el nodo “raíz” de dicho árbol. Si existe una solución factible al

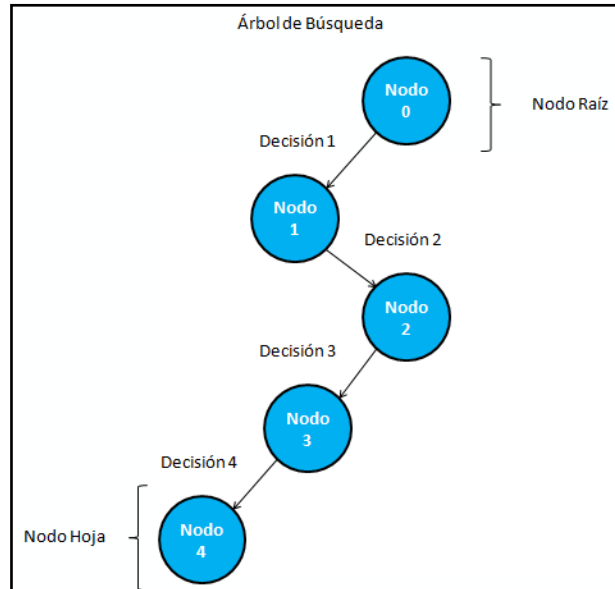
subproblema de Secuenciamiento, ésta se encontrará en el último nodo del árbol, también llamado nodo “hoja”.

5.2.3.3 Nodos

Es el elemento básico de almacenamiento de información (Figura 28). Un nodo contiene el estado completo de una fase en un instante de tiempo determinado. De manera desagregada, esto corresponde a:

- Información de entrada con todas sus características asociadas ya descritas: expansión correspondiente de la reserva minera con todos sus bancos y poligonales, horizonte de planificación, parámetros de seguridad, equipos disponibles y secuencias sugeridas por el planificador.
- Tiempo total transcurrido en el proceso de extracción.
- Bancos que están siendo explotados simultáneamente.
- Las poligonales que ya han sido extraídas, las que están siendo explotadas en ese instante de tiempo y las que aún falta extraer.
- Información de poligonales “antecesoras”, de “interferencia”, “vecinas” y de “tránsito”.
- Red de poligonales accesibles entre sí.
- Características técnicas, estado y ubicación de las palas asignadas a la expansión.
- Secuencia parcial de poligonales por pala hasta el tiempo total transcurrido, junto con sus tiempos de inicio y término de extracción.

Figura 28: Nodos



Fuente: Elaboración propia

5.2.3.4 Restricciones Explícitas

Las restricciones explícitas corresponden a las condiciones de factibilidad que se detallaron en la Descripción del Problema y que fueron modeladas en el presente capítulo, en la sección de Diseño y Actualización de la Red de Poligonales. Cada nodo del árbol debe cumplir con estas condiciones si quiere ser parte de la solución, ya sea parcial o final. Estas restricciones son las siguientes:

- Sólo pueden existir a lo más dos bancos en operación simultáneamente.
- No puede explotarse una poligonal si sus “antecesoras” aún no han sido extraídas.
- No pueden extraerse simultáneamente en un mismo banco, dos o más poligonales que sean de “interferencia” entre sí.
- Una pala sólo puede acceder desde una poligonal a la siguiente, si esas dos poligonales están conectadas a través de la red de poligonales accesibles entre sí.
- Al explotar dos bancos simultáneamente, no debe explotarse el banco inferior de tal manera que algunas poligonales del banco superior sean inaccesibles entre sí, dejándolo dividido.

5.2.3.5 Restricción Implícita o Criterio de Finalización

La restricción implícita corresponde a la condición de finalización que el nodo “hoja” del árbol de búsqueda debe cumplir para que el método finalice y entregue una solución factible al subproblema de Secuenciamiento. Esta condición es la siguiente:

- El tonelaje total remanente en la expansión que está siendo secuenciada debe ser cero, es decir, todas sus poligonales deben haber sido correctamente secuenciadas y extraídas por los equipos mineros disponibles.

Para que el conjunto de nodos y acciones que conforman un árbol deje de ser una solución parcial y se transforme en la solución final, debe satisfacer tanto las restricciones explícitas como las implícitas.

5.2.3.6 Acciones

Una acción corresponde a una decisión que involucra al conjunto de palas asignadas a la fase por el planificador y a las poligonales pertenecientes a dicha fase. Esta toma de decisiones permitirá programar la extracción minera de la expansión.

Como consecuencia de la aplicación de las acciones, un nodo “padre” es replicado y modificado, creando un nuevo nodo llamado “hijo”. Esta modificación se realiza con respecto al estado de la fase, y puede verse reflejada en la extracción de una nueva poligonal, el inicio de la operación en un nuevo banco, un cambio en la asignación de las palas, entre otras.

Existen seis tipos de acciones que pueden generar un nuevo nodo. Antes de ejecutar una acción se aplica un proceso de Exclusión Previa que permite eliminar ramas del árbol que llevan a soluciones infactibles sin tener que visitarlas. En este proceso se determina si es posible ejecutar cada una de las acciones antes de hacerlo para crear un nuevo nodo. El chequeo consiste en revisar si la acción cumple a priori con ciertas condiciones necesarias para llevar a cabo la modificación del estado de la expansión correctamente, incluyendo algunas restricciones de factibilidad que pueden evaluarse antes de que la acción se aplique. Así, cada nodo almacena también información sobre las acciones que puede y que

no puede aplicar para generar un nodo “hijo”. Esta información permitirá decidir luego, qué acción será la más conveniente para aplicar en cada caso.

Algunas de las acciones pueden aplicarse varias veces hasta conseguir un nodo “hijo” factible. Puede existir más de una combinación posible para aplicar una misma acción, cada una de ellas generará modificaciones distintas en el estado de la mina. Estas distintas combinaciones se denominan “subacciones”. Las acciones que posean subacciones se consideran “reutilizables”. A continuación se describen cada una de las acciones existentes:

1. Reactivar palas inactivas

Esta acción permite reasignar palas que hayan sido detenidas por motivos operacionales dentro de un banco, a nuevas poligonales que puedan ser explotadas.

Para determinar si esta acción puede ser aplicada para generar las modificaciones en el estado de la expansión, las cuales se verán plasmadas en la creación de un nuevo nodo, se recurre a los siguientes criterios de exclusión previa:

- Existencia de palas detenidas en la expansión que no lleven detenidas más de una cantidad de tiempo “t” definida por el usuario.
- Existencia de poligonales que sean extraíbles dentro de la red de poligonales de la expansión y que no interfieran con el funcionamiento de las otras palas que ya están operando.

Si estas condiciones previas se satisfacen, es posible que la acción pueda ser aplicada. Si se decide aplicar la acción, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Seleccionar palas que lleven detenidas menos de un tiempo “t” en la expansión. Si han sobrepasado ese tiempo, ya no pueden ser reactivadas y dejarán de trabajar en la expansión.
- Ordenar dichas palas de mayor a menor tiempo de detención.

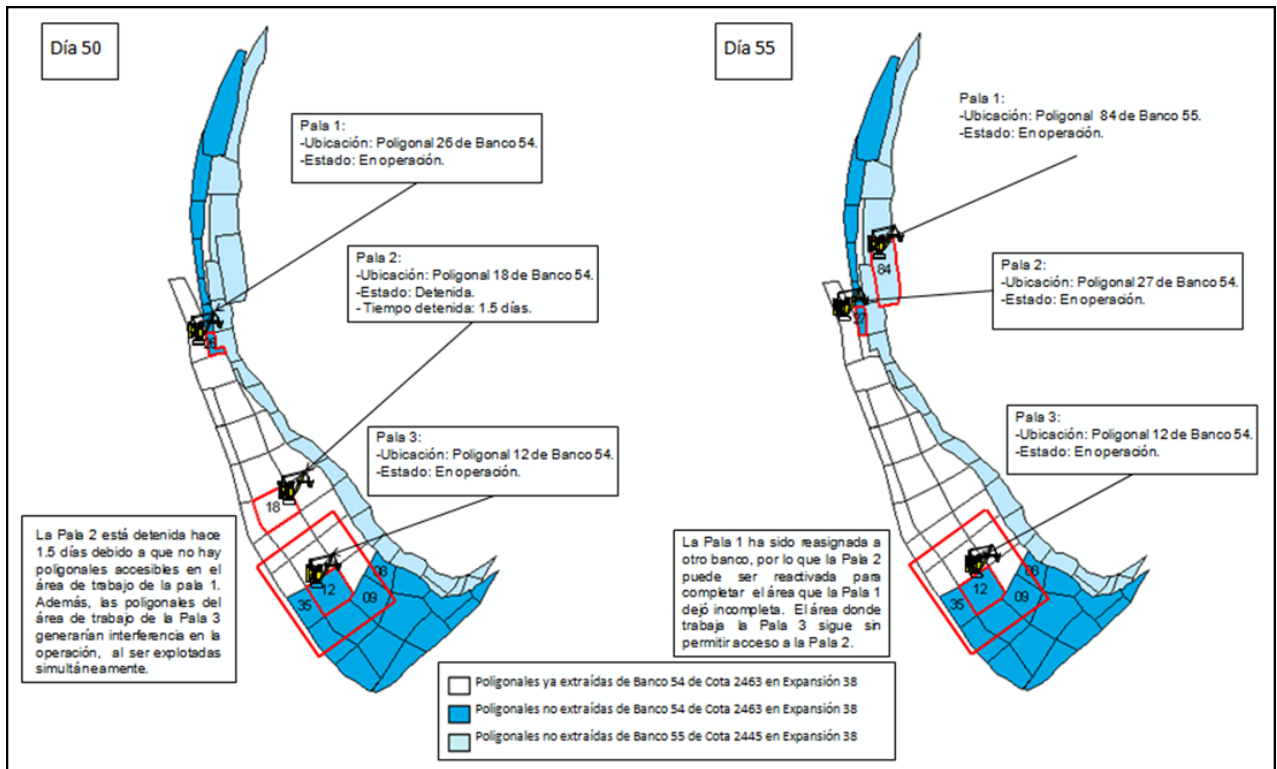
- Determinar todas las poligonales de la red a las cuales cada pala detenida puede acceder, ya sea en el propio banco donde fue detenida o en el banco siguiente, si es que ya ha comenzado su explotación.

Con esta información, es posible aplicar las siguientes modificaciones en el estado de la expansión y, por ende, en el nuevo nodo generado por ella:

- Se selecciona la pala escogida según el criterio de orden ya mencionado.
- La pala detenida seleccionada entra en operación y su tiempo en estado detenido vuelve a cero.
- La pala seleccionada es asignada a su nueva poligonal para trabajar.
- Dado que se ha comenzado la extracción de una nueva poligonal, se procede a realizar las actualizaciones correspondientes en la red de poligonales accesibles y la información de poligonales de “tránsito”.

Puesto que puede haber más de una pala detenida y cada pala puede ser asignada a más de una poligonal accesible de la red (Figura 29), si la modificación realizada en el nuevo nodo produjera un estado infactible de la expansión, es posible seguir intentando con otras poligonales u otras palas detenidas hasta que se llegue a un nodo “hijo” factible o se acaben las combinaciones de palas y poligonales disponibles de la acción, estas combinaciones corresponden a las subacciones. Por lo anterior, esta acción se considera “reutilizable”.

Figura 29: Reactivación de palas.



Fuente: Elaboración propia

2. Aumentar número de palas en operación

Esta acción incrementa el número neto de palas operativas en la expansión.

Para determinar si esta acción puede ser aplicada para generar las modificaciones en el estado de la expansión, las cuales se verán plasmadas en la creación de un nuevo nodo, se recurre a los siguientes criterios de exclusión previa:

- Existencia de palas que aún no hayan entrado en la operación, es decir, que aún no hayan sido asignadas a alguna poligonal y que la calendarización de equipos realizada por el planificador a priori les permita operar en la fase y en el periodo que el nodo representa.
- Existencia de poligonales que sean extraíbles dentro de la red de poligonales de la expansión y que no interfieran con el funcionamiento de las otras palas que ya están operando.

- Que no se haya disminuido aún el número de palas operativas en la expansión debido a restricciones operacionales del proceso extractivo.
- Que no existan palas detenidas operacionalmente, si hay palas detenidas, agregar una nueva resulta ineficiente.

Si estas condiciones previas se satisfacen, es posible que la acción pueda ser aplicada. Si se decide aplicar la acción, se deben realizar los siguientes procedimientos:

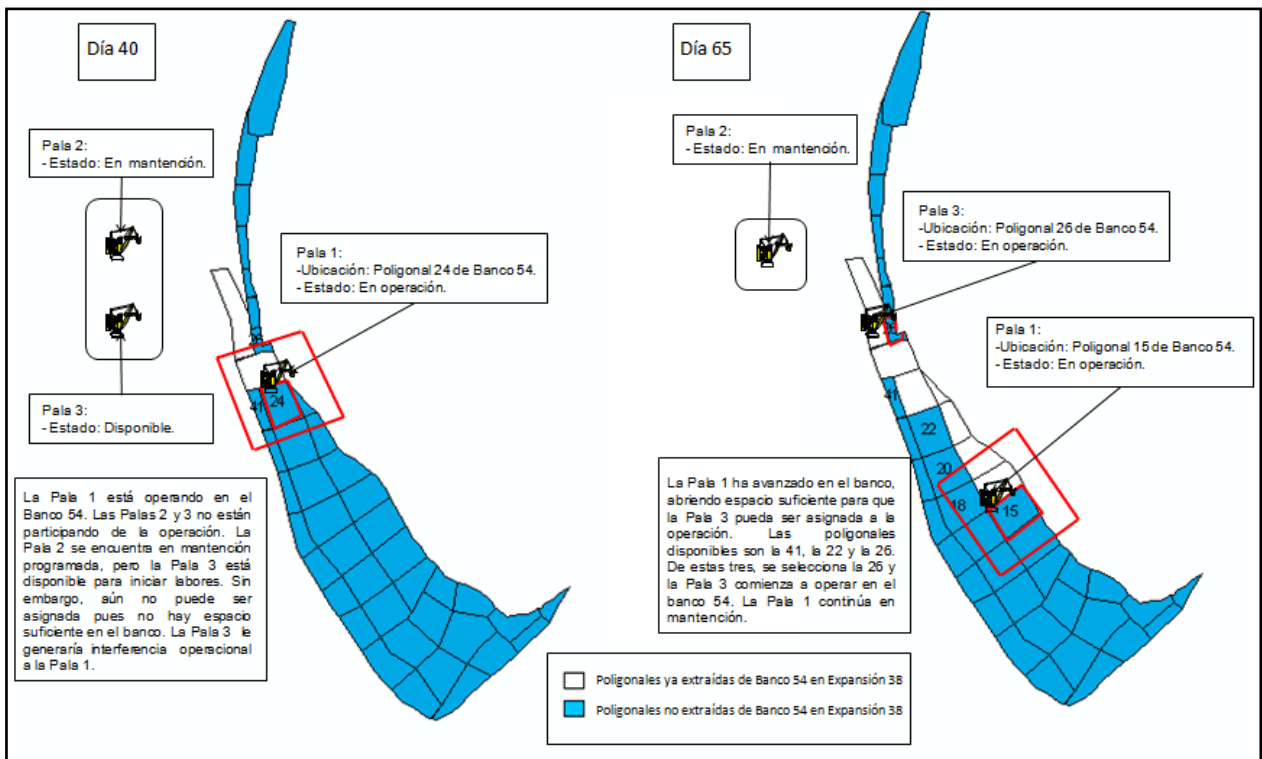
- Seleccionar la pala disponible en la expansión con mayor capacidad.
- Determinar todas las poligonales de la red a las cuales la pala puede acceder.

Con esta información, es posible aplicar las siguientes modificaciones en el estado de la expansión y, por ende, en el nuevo nodo generado por ella:

- La pala seleccionada es asignada a su nueva poligonal para trabajar.
- Dado que se ha comenzado la extracción de una nueva poligonal, se procede a realizar las actualizaciones correspondientes en la red de poligonales accesibles y la información de poligonales de “tránsito”.

Puesto que la pala seleccionada puede ser asignada a más de una poligonal accesible de la red, si la modificación realizada en el nuevo nodo produjera un estado infactible de la expansión (Figura 30), es posible seguir intentando con otras poligonales hasta que se llegue a un nodo “hijo” factible o se acaben las poligonales disponibles, estas combinaciones corresponden a las subacciones. Por lo anterior, esta acción se considera “reutilizable”.

Figura 30: Reactivar números de palas.



Fuente: Elaboraci6n propia

3. Bajar pala a banco inferior

Esta acci6n permite que una pala que haya terminado de extraer una poligonal comience a explotar una nueva poligonal del banco siguiente. Esta nueva poligonal puede ser una rampa, acci6n mediante la cual crea un acceso al banco siguiente, o bien, cualquier poligonal del banco siguiente a la que puede acceder a trav9s de una rampa ya creada por otra pala, las cuales son las poligonales encargadas de conectar los grafos de poligonales accesibles entre dos bancos consecutivos de una expansi6n.

Para determinar si esta acci6n puede ser aplicada para generar las modificaciones en el estado de la expansi6n, las cuales se ver1n plasmadas en la creaci6n de un nuevo nodo, se recurre a los siguientes criterios de exclusi6n previa:

- Existencia de palas ubicadas s6lo en el primer banco operativo de la expansi6n, que hayan terminado de extraer la poligonal asignada a ellas y que est9n disponibles para ser reasignadas a una nueva.

- Existencia de poligonales extraíbles y que no generen interferencias, ubicadas en el banco consecutivo al primer banco operativo, el cual puede estar en operación también o no. Estas poligonales pueden ser rampas o de otro tipo.

Si estas condiciones previas se satisfacen, es posible que la acción pueda ser aplicada. Si se decide aplicar la acción, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Seleccionar las palas disponibles del primer banco operativo de la expansión.
- Seleccionar las poligonales accesibles a la ubicación de cada pala disponible, que pertenezcan al banco inferior al primer banco operativo y que no generan interferencias operacionales al ser explotadas, ya sean rampas o poligonales de otro tipo.

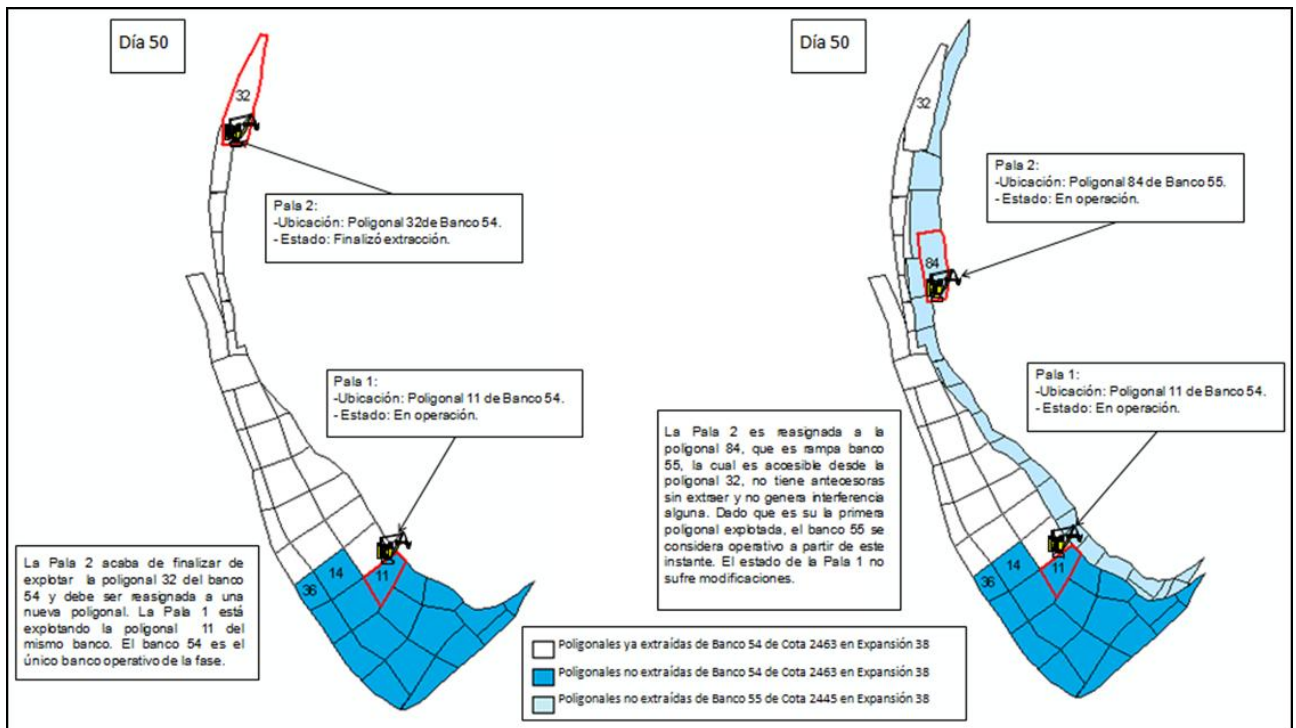
Con esta información, es posible aplicar las siguientes modificaciones en el estado de la expansión y, por ende, en el nuevo nodo generado por ella:

- Se selecciona la pala detenida que será reasignada a una poligonal del banco siguiente.
- Dado que la pala seleccionada ha terminado de extraer completamente su poligonal previamente asignada, se procede a realizar las actualizaciones correspondientes de las poligonales que son extraíbles, de la red de poligonales accesibles y de las poligonales de “tránsito”.
- La pala seleccionada es asignada a su nueva poligonal para trabajar.
- Dado que se ha comenzado la extracción de una nueva poligonal, se procede a realizar las actualizaciones correspondientes en la red de poligonales accesibles y la información de poligonales de “tránsito”.
- Si la nueva poligonal es una rampa y es la primera que comienza a extraerse en el banco al que pertenece, se considera dicho banco como operativo.
- Si es la primera vez que un banco es explotado, se conecta el grafo de dicho banco con el de su banco antecesor a través de la poligonal de tipo “rampa” que se está comenzando a explotar.

Puesto que puede haber más de una pala disponible para bajar al siguiente banco y cada pala puede ser asignada a más de una poligonal o rampa accesible del banco siguiente (Figura 31). Si la modificación realizada en el nuevo nodo produjera un

estado infactible de la expansión, es posible seguir intentando con otras poligonales u otras palas hasta que se llegue a un nodo “hijo” factible o se acaben las combinaciones de palas y poligonales disponibles de la acción. Estas combinaciones corresponden a las subacciones. Por lo anterior, esta acción se considera “reutilizable”.

Figura 31: Bajar pala a banco inferior.



Fuente: Elaboración propia

4. Avanzar pala en mismo banco

Todas las palas operativas que ya han sido asignadas a una poligonal trabajan simultáneamente hasta que al menos una de ellas termina de extraer la poligonal completa. Las palas que hayan completado su labor pueden ser reasignadas a una nueva poligonal dentro del mismo banco en el que ya se encuentran operando, en cuyo caso se dice que las palas “avanzaron”. Las que no han terminado, continúan trabajando en sus poligonales ya asignadas.

Para determinar si esta acción puede ser aplicada para generar las modificaciones en el estado de la expansión, las cuales se verán plasmadas en la creación de un nuevo nodo, se recurre a los siguientes criterios de exclusión previa:

- Existencia de palas activas operando algún banco de la expansión.
- Existencia de poligonales que sean extraíbles y que no generen interferencia operacional dentro de la red de poligonales accesibles, en el caso de que se les asigne alguna de las palas en operación haya finalizado de extraer la poligonal que están explotando.

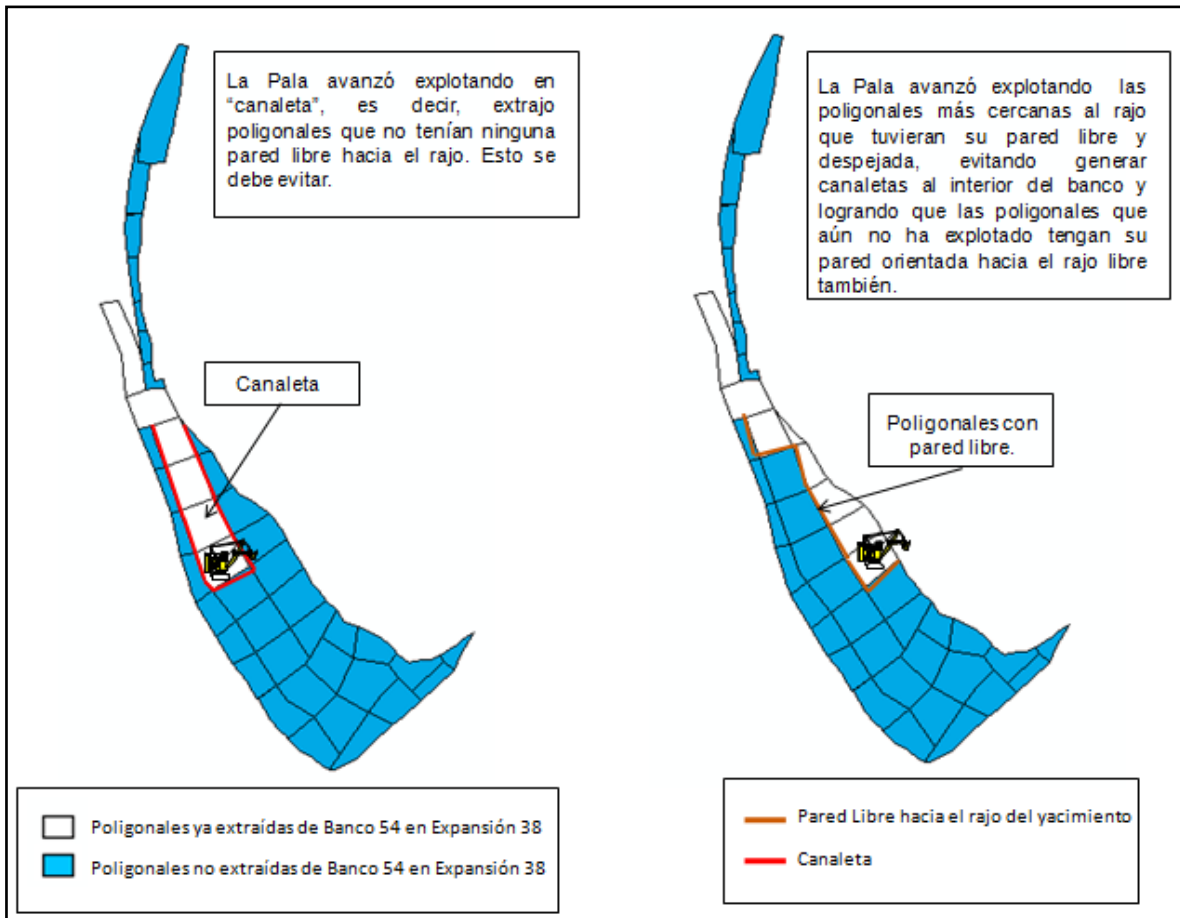
Si estas condiciones previas se satisfacen, es posible que la acción pueda ser aplicada. Si se decide aplicar la acción, se deben realizar los siguientes procedimientos:

- Determinar si hay palas activas que hayan finalizado la extracción de la última poligonal a la que fueron asignadas.
- Para cada pala que haya finalizado, seleccionar las poligonales que sean extraíbles, que no generen interferencia y que sean accesibles desde la poligonal en la que cada pala estaba trabajando anteriormente.

Para elegir la nueva poligonal a la que cada pala que acaba de terminar será reasignada, se recurre a una metodología especialmente diseñada para emular las técnicas de extracción utilizadas en la minería a cielo abierto.

La idea general es intentar siempre que las palas extraigan primero las áreas del banco con mejor ley y, dentro de esas áreas, las poligonales más cercanas al rajo. Se debe generar espacio para que los camiones y demás equipos involucrados en la extracción circulen por el banco con libertad y se debe evitar explotar el banco de manera tal que se extraigan poligonales que se ubiquen entremedio de otras poligonales sin extraer (Figura 32), generando túneles llamados “canaletas”. Se debe intentar que las poligonales que se decide extraer tengan el lado que está frente al rajo de la mina, libre y despejado de mineral.

Figura 32: Avance de pala en un mismo banco.



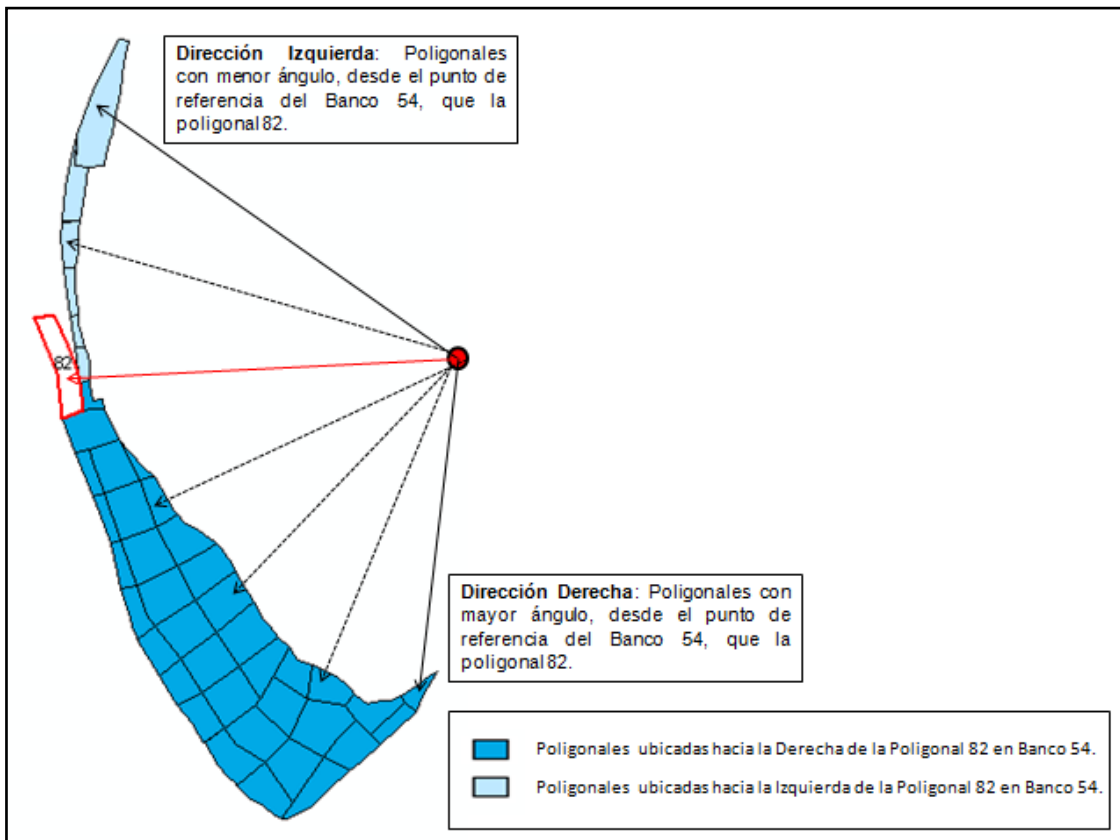
Fuente: Elaboración propia

Lo primero que debe establecerse para cada pala es la dirección que seguirá a lo largo del banco, la cual mantendrá como referencia de sus movimientos hasta que no hayan poligonales disponibles para extraer en dicha dirección, frente a lo cual su dirección original cambiará. La dirección inicial que una pala tendrá se determina al momento en que la pala comienza a explotar el banco, cada vez que llega a un nuevo banco, la dirección se actualiza.

Existen dos direcciones al interior de un banco, y se definen según el ángulo de las coordenadas polares de la poligonal en la que la pala se ubica. Tomando como orientación el punto de referencia del banco ubicado hacia el rajo, todas las poligonales que tengan menor ángulo que la poligonal en la cual la pala se encuentra están hacia la izquierda, mientras que las que tengan un ángulo mayor o igual, están hacia la derecha.

La dirección inicial que una pala tendrá en un banco se determina mediante establecer qué grupo de poligonales (Figura 33), las de la derecha o las de la izquierda a partir de la primera poligonal que explote en dicho banco, posee la mayor cantidad total de cobre fino. La dirección que posea la mayor cantidad de dicho mineral será la elegida.

Figura 33: Dirección de una pala en el banco.



Fuente: Elaboración propia

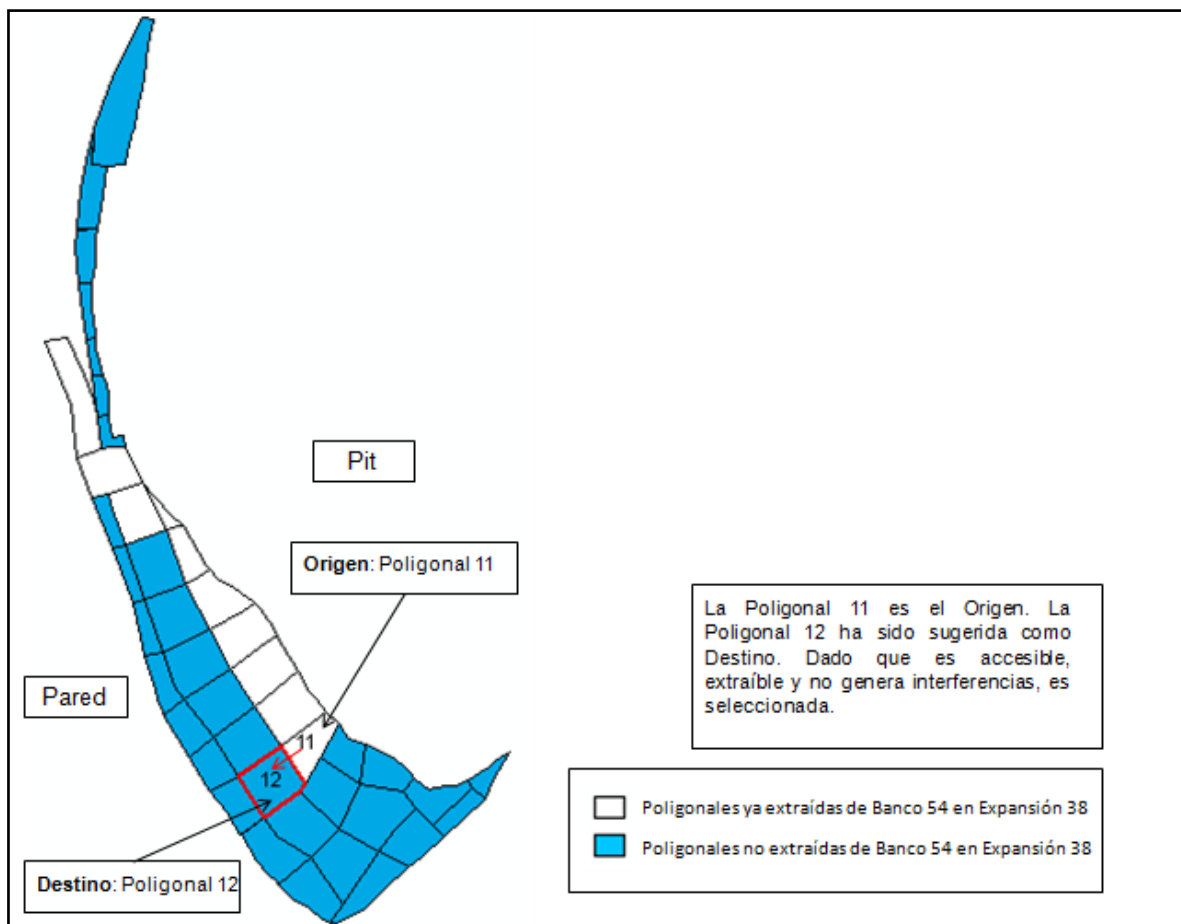
Una vez establecida la dirección inicial con la que la pala intentará seguir al comenzar con la explotación del banco, es posible definir los movimientos que una pala podrá tener para elegir su siguiente poligonal. Estos movimientos son cinco en total, y corresponden a las subacciones asociadas a la acción de Avanzar.

Los movimientos, además de orientarse mediante la dirección de explotación, utilizan también el concepto de “orden”, definido en la sección Referencia de Poligonales, el cual entrega el nivel de cercanía de una poligonal al pit o rajo del yacimiento minero. De esta manera se definen los siguientes

movimientos, los cuales intentarán encontrar poligonales candidatas para que la pala sea reasignada:

1. Secuencia Sugerida: El planificador puede sugerir cuál será la nueva poligonal que será extraída a continuación de la poligonal cuya extracción acaba de finalizar, siempre y cuando, la nueva sea extraíble (Figura 34), accesible y no genere interferencias operacionales para las demás palas que están trabajando en el mismo banco.

Figura 34: Secuencia sugerida de poligonal de destino.



Fuente: Elaboración propia

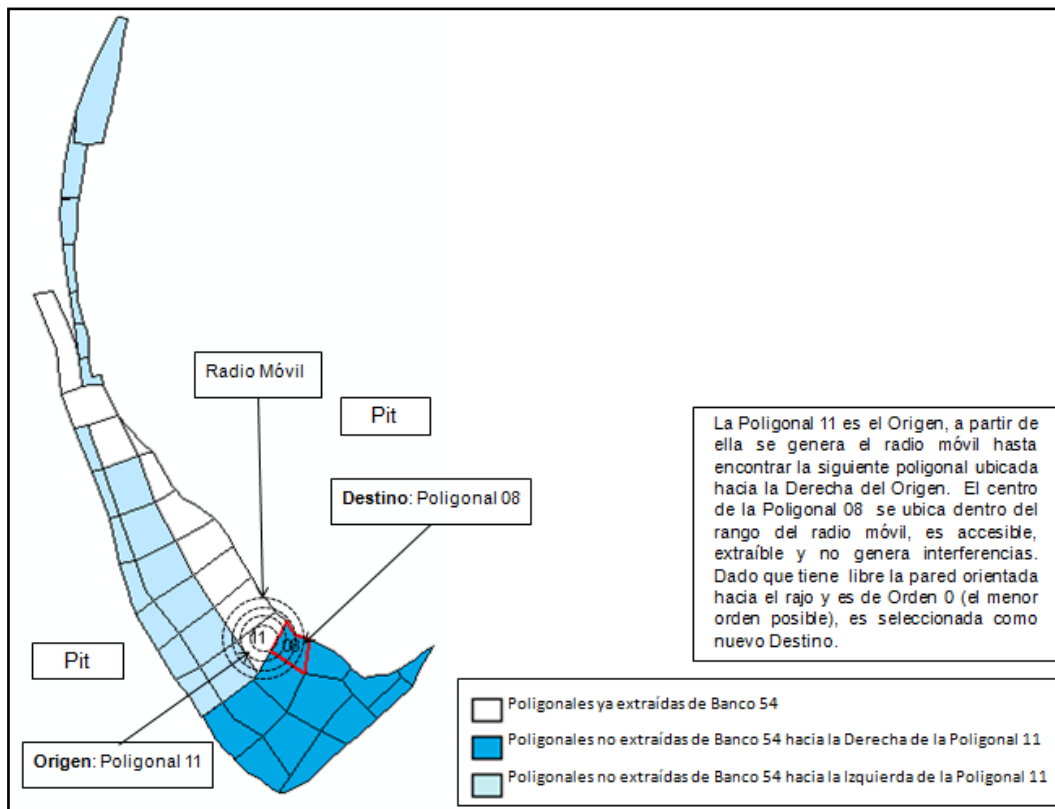
2. Dirección Derecha y Orientación hacia el Rajo: Usando como punto de referencia la poligonal que acaba de ser extraída a cabalidad, se seleccionan todas las poligonales cuyo ángulo en coordenadas polares sea mayor o igual al de la poligonal de referencia (dirección Derecha).

Dentro de ese grupo, se seleccionan aquellas poligonales accesibles o vecinas (las cuales son ahora accesibles también) de la poligonal de referencia que, además, sean extraíbles y que no generen interferencia operacional a las palas que ya están trabajando.

Para evitar que la poligonal que será seleccionada esté demasiado lejos de la poligonal de referencia, se utiliza un radio móvil para encontrar las poligonales candidatas más cercanas, las cuales han sido previamente filtradas según los criterios mencionados anteriormente. Esto consiste en un radio que parte con una distancia R , se mide la distancia desde el centro de la poligonal de referencia hacia las posibles candidatas y se seleccionan aquellas que tengan su pared libre y que estén dentro de dicho radio. Si no hay poligonales con pared libre dentro del radio móvil, éste se incrementa en una distancia r . Se incrementa el radio hasta encontrar al menos una poligonal con dicha característica. A continuación, se selecciona del conjunto de poligonales de pared libre encontrado dentro del radio móvil, la que tenga el menor orden, es decir, la que esté más cerca del rajo. Esta poligonal es la que este movimiento entrega para que la pala sea reasignada. (Figura 35)

Si no se encuentra ninguna poligonal que tenga libre su pared orientada al rajo, entonces se repite el procedimiento de búsqueda con el radio móvil sin exigir el criterio de pared libre y nuevamente se escoge la poligonal que tenga el menor orden (orientación Rajo).

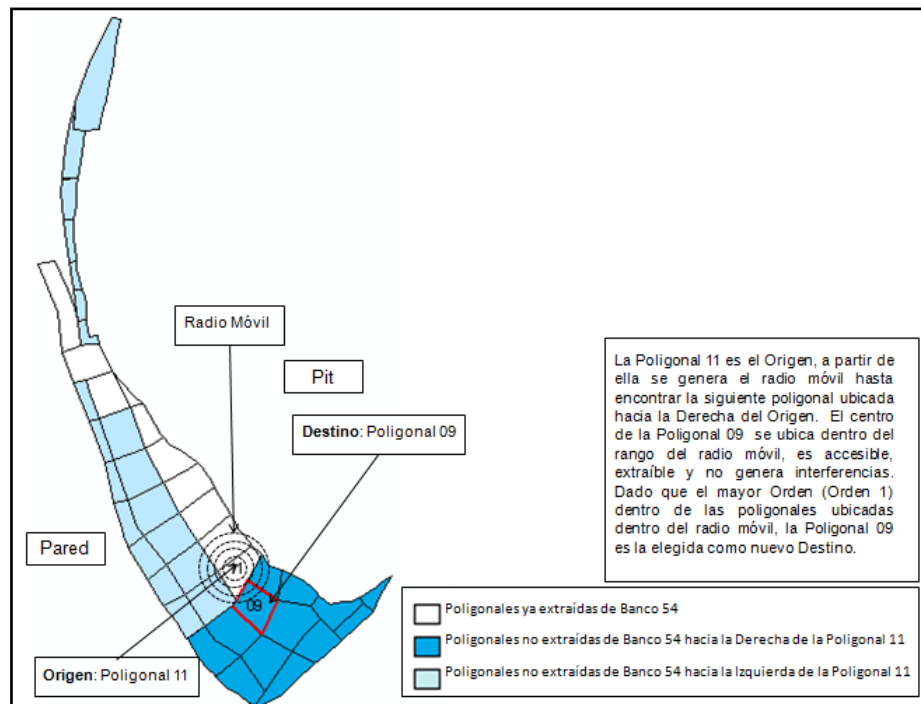
Figura 35: Poligonales disponibles en el radio móvil.



Fuente: Elaboración propia

3. Dirección Derecha y Orientación hacia la Pared: Se aplican los mismos criterios utilizados en el movimiento Dirección Derecha y Orientación hacia el Rajo (Figura 36), con la excepción de que en vez de buscar poligonales de pared libre y con el menor orden posible, se escoge, mediante el uso del radio móvil, la poligonal de mayor orden, es decir, la que se encuentre lo más cerca posible de la pared del yacimiento (orientación Pared).

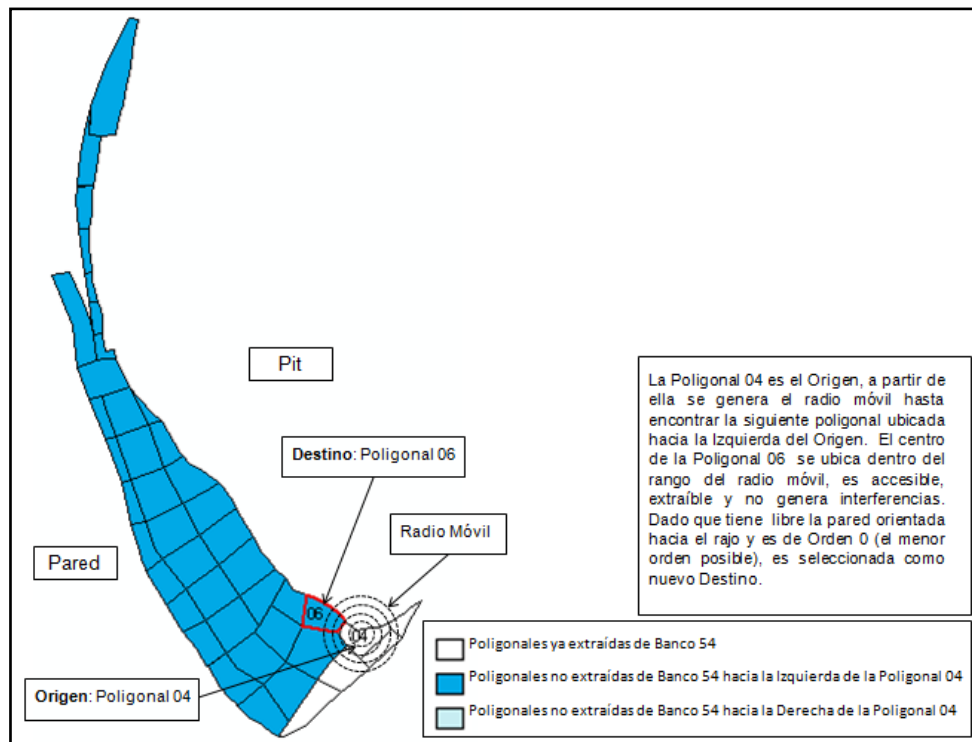
Figura 36: Búsqueda de poligonal de mayor orden.



Fuente: Elaboración propia

4. Dirección Izquierda y Orientación hacia el Rajo: Se aplican los mismos criterios utilizados en el movimiento Dirección Derecha y Orientación hacia el Rajo (Figura 37), con la excepción de que, usando como punto de referencia la poligonal que acaba de ser extraída a cabalidad, se seleccionan todas las poligonales cuyo ángulo en coordenadas polares sea menor al de la poligonal de referencia (dirección Izquierda).

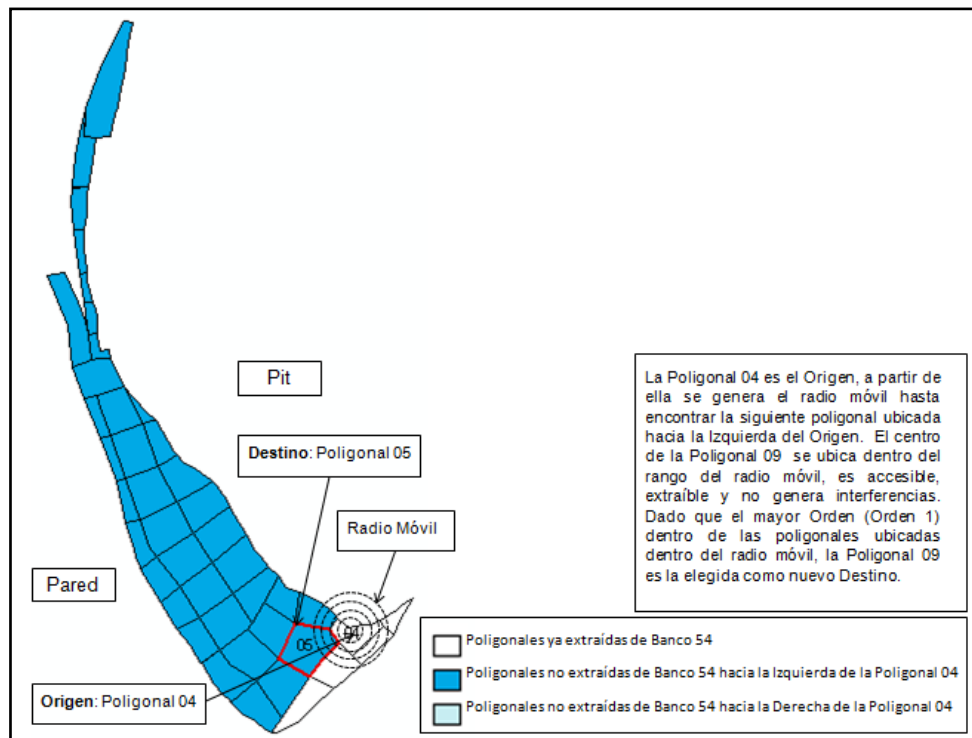
Figura 37: Selección de poligonal con ángulo menor. Orientación Rajo



Fuente: Elaboración propia

5. Dirección Izquierda y Orientación hacia la Pared: Se aplican los mismos criterios utilizados en el movimiento Dirección Derecha y Orientación hacia la Pared, con la excepción de que, usando como punto de referencia la poligonal que acaba de ser extraída a cabalidad (Figura 38), se seleccionan todas las poligonales cuyo ángulo en coordenadas polares sea menor al de la poligonal de referencia (dirección Izquierda).

Figura 38: Selección de poligonal con ángulo menor. Orientación pared.



Fuente: Elaboración propia

Si ninguno de los cinco movimientos entrega poligonales factibles para la reasignación, la acción de Avanzar es inaplicable, pues no posee subacciones.

En el caso de que uno o más de los movimientos sí entreguen alguna poligonal factible se procede a la priorización de los mismos. Claro está, cualquier movimiento que no entregue una poligonal candidata para la reasignación no participará.

Cada uno de estos movimientos tiene una prioridad, es decir, se intentará utilizar primero los que tengan una prioridad mayor. El movimiento de mayor prioridad es el de Sugerencia de Usuario, pues se respetarán las modificaciones realizadas por el planificador en la medida de que éstas sean factibles. En caso de que este movimiento sea infactible o no haya una secuencia sugerencia por del usuario, se determinará cuál es la dirección a seguir por la pala. A continuación, se intentará siempre buscar las poligonales de menor orden que se ubican orientadas hacia el rajo. Si el movimiento es infactible se tratará de asignar la pala a alguna de

las poligonales más cercanas a la pared. Sólo se cambiará la dirección original si no se encuentran poligonales factibles que se ubiquen hacia ella. Al intentar la búsqueda en la dirección contraria se aplican los mismos criterios de orden ya mencionados.

Si alguno de estos movimientos es factible, se procede entonces a asignar la pala a dicha poligonal nueva. Además de la asignación, esta acción también permite la explotación pues, al aplicarla se logra modificar el tonelaje de las poligonales que están siendo explotadas y el tiempo que los equipos demoran en dicho proceso.

Cada nodo almacena el tiempo que ha transcurrido hasta llegar al estado de la expansión que dicho nodo representa. Aunque los periodos de tiempo en los que se divide el horizonte temporal total de la programación de corto plazo corresponden a meses, es decir, el plan es de carácter mensual, para el método de secuenciamiento, dichos periodos se traducen a días. Por ejemplo, considerando meses de 30 días, el último día del primer mes correspondería al día 30 y el primer día del segundo mes equivaldría al día 31.

El tiempo transcurre de manera discreta a medida que avanza la extracción de cada fase, por lo que se dice que el tiempo es “gatillado por eventos”. De esta manera, el único evento que actualiza el tiempo del nodo es la acción de Avanzar. Cada vez que esta acción genera un nuevo nodo, el tiempo del nodo hijo es incrementado.

Los tiempos de desplazamiento se incluyen en la capacidad de extracción promedio de cada pala por lo que las demás acciones que no implican avances en la explotación no incrementan el cronómetro interno del nodo. La capacidad de cada pala y los ritmos máximos de explotación por tipo de poligonal determinan la velocidad de extracción de cada una de ellas. Equivalentemente a la actualización del tiempo, cada vez que se aplica la acción Avanzar también se actualizan los tonelajes remanentes de las poligonales que están siendo extraídas.

Cuando la acción de Avanzar es aplicada para generar un nuevo nodo, se calcula cuál de todas las palas que están operativas explotando poligonales, ya sea que hayan continuado explotando la poligonal en la que ya estaban o hayan sido

reasignadas por la misma acción que se acaba de aplicar, terminará de explotar su poligonal actual primero y el tiempo que falta para que dicho suceso ocurra. De esta manera, el tiempo del nodo generado será el tiempo del nodo anterior más el tiempo restante para que la primera pala que estaba en operación finalice sus labores. Dado que dicha pala finalizó, se encontrará esperando ser reasignada en el siguiente nodo, y el tonelaje de la poligonal que estaba explotando será cero, mientras que los tonelajes remanentes de las demás poligonales habrán disminuido lo que las palas asignadas a ellas, respectivamente, hayan sido capaces de extraer durante ese tiempo.

Para mostrar las fórmulas matemáticas involucradas en las actualizaciones de tiempo y tonelajes se definen los siguientes conjuntos y parámetros y variables:

Conjuntos:

E_f : Conjunto de Palas de la fase f .

P_f : Conjunto de Poligonales de la fase f .

T : Conjunto de periodos de tiempo (meses).

$D_t \subseteq \mathbb{R}_+^0$: Conjunto de instantes de tiempo del periodo $t \in T$ medidos en días.

EOp_{f,d_t} : Conjunto de Palas operativas de la fase f en el día $d_t \in D_t$.

Parámetros:

Cap_e : Capacidad de la pala $e \in E_f$, medida en [TPH].

$HE_{t,e}$: Horas efectivas de trabajo promedio por día de la pala $e \in E_f$ en el periodo $t \in T$.

Variables:

$TExt_{e,p,d_t}$: Tiempo que demora la pala $e \in E_f$ en extraer todo el tonelaje remanente de la poligonal $p \in P_f$ a partir del día $d_t \in D_t$, en el periodo $t \in T$, medido en días.

$TMin$: Mínimo tiempo que demora alguna de las palas operativas en finalizar la extracción de su poligonal asignada, medido en días.

$TAct_t \in D_t$: Instante de tiempo medido en días del periodo (mes) $t \in T$ en el que se encuentra la fase al momento de aplicar la acción de avanzar.

$TonAct_{p,e,d_t}$: Tonelaje remanente de la poligonal $p \in P_f$, que está siendo extraído por la pala $e \in E_f$, hasta el instante de tiempo $d_t \in D_t$, en el periodo $t \in T$, medido en toneladas.

$VarTon_{p,e,t,d}$: Tonelaje de la poligonal $p \in P_f$, extraído por la pala $e \in E_f$, en el periodo $t \in T$, durante un intervalo d de tiempo medido en días.

La fórmula para calcular los tiempos que una pala demora en extraer una poligonal es la siguiente:

$$TExt_{e,p,d_t} = \frac{TonAct_{p,e,TAct_t}}{(Cap_e * HE_{t,e})}$$

Así, es posible calcular el menor tiempo en el que alguna de las palas terminará completamente de explotar su poligonal asignada:

$$TMin = Min_{e,p,d_t} \{TExt_{e,p,d_t}\}$$

La fórmula para la actualización de los tonelajes de las poligonales que están siendo explotadas es la siguiente:

$$TonAct_{p,e,TAct_t+TMin} = TonAct_{p,e,TAct_t} - VarTon_{p,e,t,TMin}$$

Dónde:

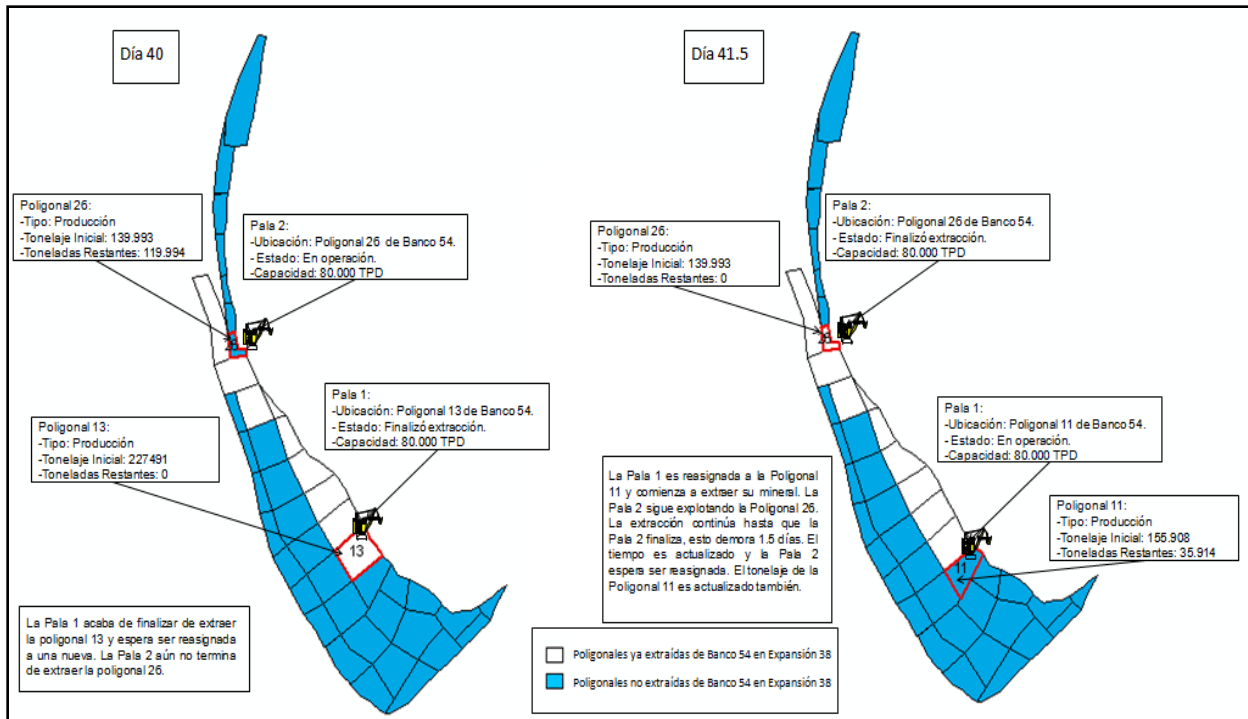
$$VarTon_{p,e,t,TMin} = (Cap_e * HE_{t,e}) * TMin$$

Con esta información, es posible aplicar las siguientes modificaciones en el estado de la expansión y, por ende, en el nuevo nodo generado por ella:

- Las palas operativas que no han finalizado continúan explotando las poligonales a las que fueron previamente asignadas.
- Dado que la pala seleccionada ha terminado de extraer completamente su poligonal previamente asignada, se procede a realizar las actualizaciones correspondientes de las poligonales que son extraíbles, de la red de poligonales accesibles y de las poligonales de “tránsito”.
- La pala seleccionada es asignada a su nueva poligonal para trabajar.
- Las palas que han sido reasignadas comienzan a explotar sus nuevas poligonales.
- Dado que se ha comenzado la extracción de una o más nuevas poligonales, se procede a realizar las actualizaciones correspondientes en la red de poligonales accesibles y la información de poligonales de “tránsito”.
- Se actualiza el instante de tiempo que el nodo representa.
- Se actualizan los tonelajes de las poligonales en explotación.
- Se determina cuál es la primera pala en detenerse dada la actualización del tiempo realizada y se establece que el estado de dicha pala es que ha finalizado la extracción.
- Se actualizan las secuencias de poligonales de cada pala hasta dicho instante.

Puesto que la acción posee hasta cinco posibles movimientos de la pala, (Figura 39) los que equivalen a sus subacciones, se le considera “reutilizable”.

Figura 39: Subacciones: Movimientos de pala.



Fuente: Elaboración propia

5. Detener pala en operación

Esta acción se aplica cuando las otras acciones no pueden realizarse, es decir, no hay poligonales disponibles para ser extraídas, ya sea por palas que ya están detenidas y deben volver a la operación, por palas nuevas que desean comenzar a explotar la expansión o por palas que ya están trabajando y que es necesario reasignar, ya sea en el mismo banco en el que se encuentran o en el siguiente. Una pala que acaba de terminar de extraer su poligonal asignada y que está lista para ser reasignada a una nueva, es detenida temporalmente si no existen poligonales disponibles para ello en ese instante. Se encontrará detenida hasta que pueda ser reactivada o hasta que sea retirada definitivamente de la expansión.

Para determinar si esta acción puede ser aplicada para generar las modificaciones en el estado de la expansión, las cuales se verán plasmadas en la creación de un nuevo nodo, se recurre al siguiente criterio de exclusión previa:

- Existencia de palas que hayan acabado de extraer su poligonales asignadas y estén listas para ser reasignadas.

Si esta condición previa se satisface, es posible que la acción pueda ser aplicada. Si se decide aplicar la acción, se deben realizar los siguientes procedimientos:

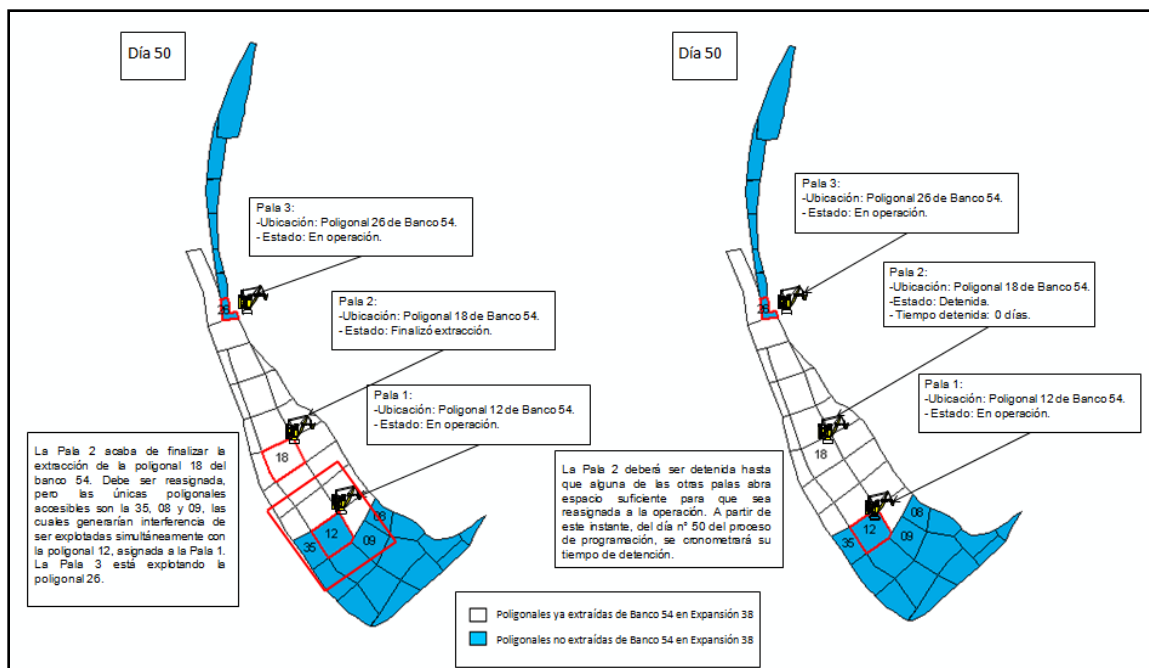
- Seleccionar la pala que será detenida.
- Dado que la pala seleccionada ha terminado de extraer completamente su poligonal previamente asignada, se procede a realizar las actualizaciones correspondientes de las poligonales que son extraíbles, de la red de poligonales accesibles y de las poligonales de “tránsito”.

Con esta información, es posible aplicar las siguientes modificaciones en el estado de la expansión y, por ende, (Figura 40) en el nuevo nodo generado por ella:

- La pala seleccionada deja de estar en operación y su tiempo en estado detenido comienza a contabilizarse.

Esta acción no posee subacciones, por lo que no es reutilizable.

Figura 40: Detención de pala.



Fuente: Elaboración propia

6. Disminuir número de palas en operación

Esta acción retira permanentemente una pala detenida de la expansión. Esta decisión puede tomarse debido a que la asignación de equipos por periodo de tiempo en cada fase, realizada a priori por el planificador, indique que esa pala debe ser retirada, ya sea para incrementar el número de equipos trabajando en una expansión diferente o debido a una mantención programada. También puede retirarse una pala, debido a que una alguna de ellas ha estado detenida demasiado tiempo mientras la operación sigue su curso, dado que las restricciones operativas no permiten su reactivación.

Para determinar si esta acción puede ser aplicada para generar las modificaciones en el estado de la expansión, las cuales se verán plasmadas en la creación de un nuevo nodo, se recurre a los siguientes criterios de exclusión previa:

- Existencia de palas detenidas por un tiempo mayor o igual a $T_{MaxDetención}$, parámetro definido por el planificador.
- Existencia de palas que hayan acabado de extraer la última poligonal en la que estaban trabajando y cuyo periodo de tiempo asignada por el planificador a la expansión ya haya concluido.

Si estas condiciones previas se satisfacen, es posible que la acción pueda ser aplicada. Si se decide aplicar la acción, se deben realizar los siguientes procedimientos:

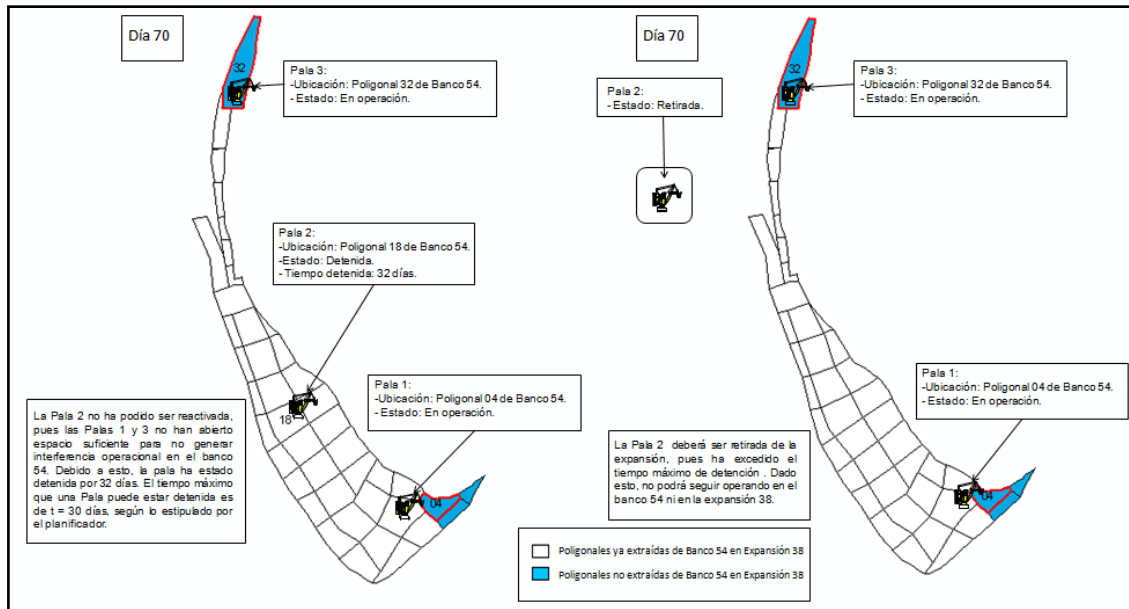
- Seleccionar alguna pala que cumpla con las características anteriores, siempre y cuando no sea la última pala operando en el banco operativo superior, si es que a dicho banco aún le quedan poligonales por extraer, pues la extracción quedaría incompleta al no haber más equipos operando en dicho banco que puedan completar su explotación.

Con esta información, es posible aplicar las siguientes modificaciones en el estado de la expansión y, por ende, en el nuevo nodo generado por ella:

- La pala seleccionada deja de ser parte de las palas asignadas a la expansión que está siendo explotada.

Esta acción no posee subacciones, (Figura 41) por lo que no es reutilizable.

Figura 41: Disminución de número de palas.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.7 Priorización de Acciones

Luego de la exclusión previa de acciones, se almacena en el nuevo nodo la información sobre cuáles son las acciones que pueden y que no pueden aplicar para generar un nodo “hijo”. Claramente, es posible que haya más de una acción aplicable, ya que no son necesariamente excluyentes entre sí. Por ende, es necesario determinar qué acciones se intentará aplicar primero, es decir, qué acciones tienen mayor prioridad.

El criterio para establecer el orden fue consultado a expertos planificadores mineros (11), quienes plantearon que lo más importante es mantener el mayor número de palas operativas la mayor cantidad de tiempo posible y avanzar verticalmente en la fase lo más rápido que se pueda, es decir, lograr que las palas se abran camino hacia los bancos inferiores de la expansión. Ambos objetivos se deben buscar en sujeción a lo que la disponibilidad de equipos y las características geográficas de cada fase permitan.

Los expertos sugirieron que el orden de prioridad de las acciones fuera el siguiente:

1. Reactivar palas inactivas.
2. Aumentar número de palas en operación.
3. Bajar palas a banco inferior.
4. Avanzar palas en mismo banco.
5. Detener palas en operación.
6. Disminuir número de palas en operación.

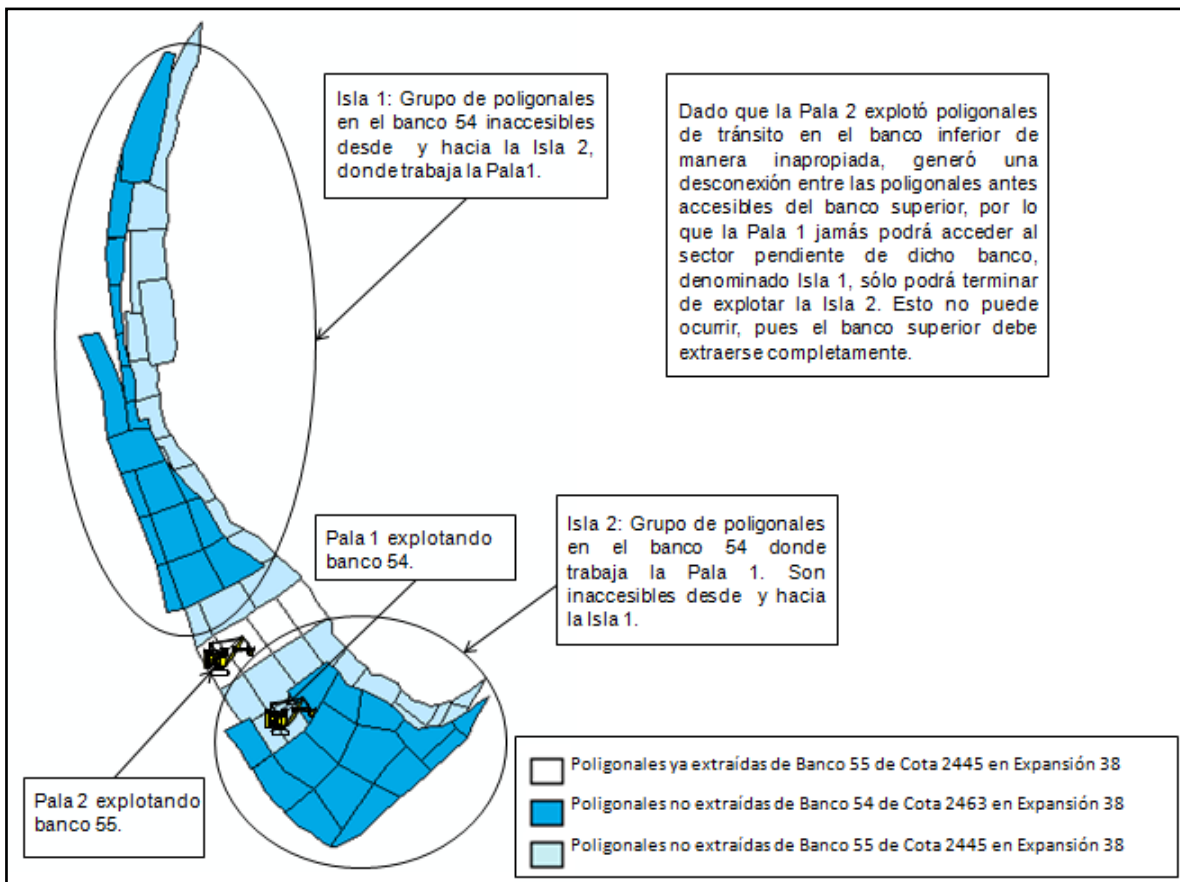
Lo principal es intentar que todas las máquinas que ya estén operando se mantengan activas, luego, si hay espacio suficiente en la expansión y equipos disponibles, incrementar el número de equipos operando en dicha expansión. El avance en vertical, es decir, intentar abrir camino hacia un nuevo banco, les permitirá a los equipos expandir sus posibilidades de continuar activas pues habrá un mayor número de poligonales disponibles para explotar. En caso de que no sea posible, hay que continuar explotando los bancos que ya están activos y en los que ya hay equipos trabajando. Idealmente, no se quisiera nunca detener equipos, pero por restricciones operacionales puede ser necesario hacerlo, hasta que existan poligonales y espacio suficiente para reanudar las faenas productivas. Finalmente, retirar equipos de una expansión debido a que han estado detenidos mucho tiempo y ya no hay espacio para que continúen operando es la acción menos deseada, pero en ciertas circunstancias debe hacerse, como última opción. Sin embargo, en el caso de que sea el planificador quien haya estipulado que dicha pala debe dejar de operar en la expansión explotada según la asignación de equipos realizada, las demás acciones son excluidas, dejando como única opción la decisión del planificador, siempre y cuando ésta sea factible.

5.2.3.8 Revisión de factibilidad

Cada vez que un nuevo nodo es generado a partir de un nodo “padre” mediante la ejecución de alguna acción, debe asegurarse que el estado de la expansión contenida en ese nodo sea factible. Para hacer la búsqueda de la solución más eficiente, la mayoría de las restricciones explícitas de factibilidad se revisan a priori en el proceso de exclusión previa de cada acción (Figura 42). Sin embargo, la restricción de Conectividad dentro de un banco sólo puede ser evaluada una vez realizada la modificación que la acción genera.

Esta restricción es la única revisada a posteriori en el nuevo nodo generado. El objetivo es detectar si quedan “islas” inaccesibles dentro de un banco, debido al desarrollo de la operación del banco anterior.

Figura 42: Factibilidad de acceso a una isla del banco.



Fuente: Elaboración propia

5.2.3.9 Poda del Árbol

La posibilidad de “volver atrás” en el árbol para eliminar nodos que no cumplen con las condiciones de factibilidad e intentar generar otros nuevos que sí lo hagan, es la característica principal del Método de Secuenciamiento implementado. .

Las dos técnicas utilizadas para podar el árbol de aquellos nodos que no aportan a la factibilidad de la solución final son el Backtracking y el Backjumping.

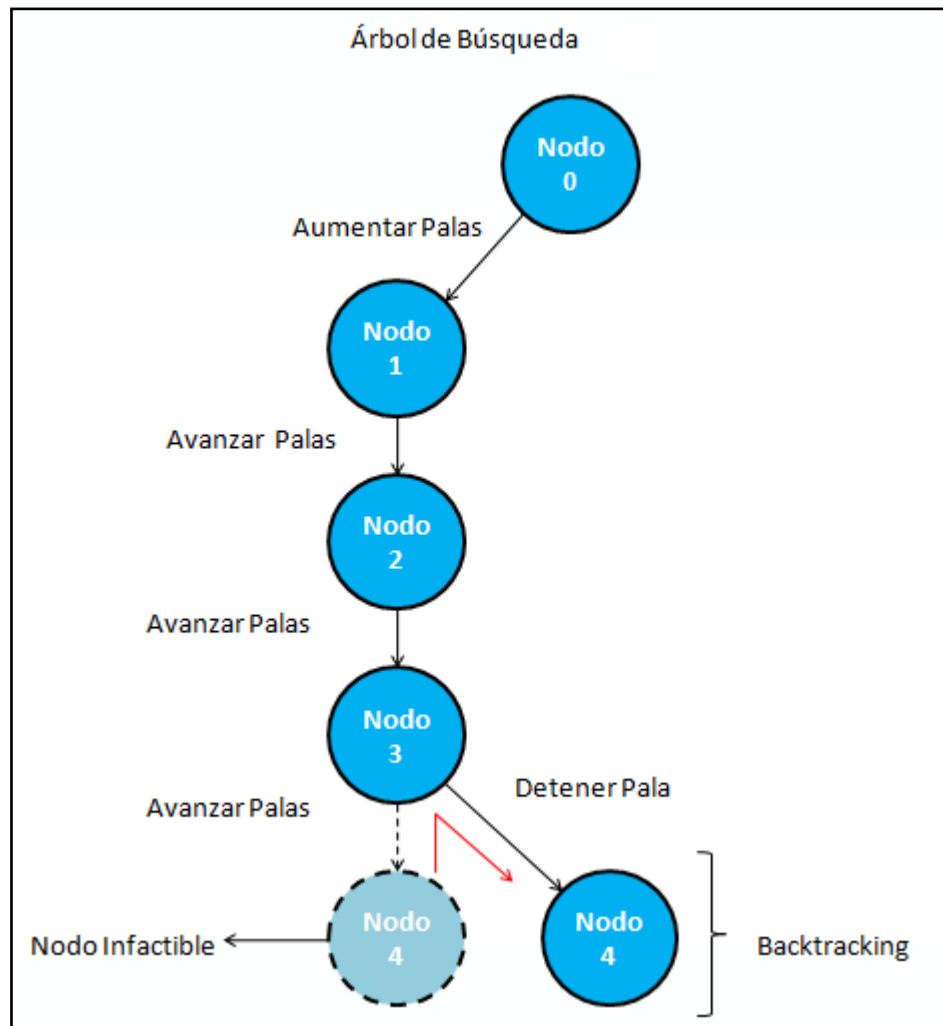
➤ Backtracking:

El backtracking o “volver atrás” consiste en eliminar el último nodo del árbol (Figura 43), que representa una solución parcial al problema, es decir, el nodo que refleja el estado de la fase en explotación después de que se aplicó la última acción. De esta manera se retrocede hacia el nodo padre de dicho nodo eliminado y se intenta generar un nodo hijo diferente que sí sea factible.

Existen dos situaciones en las que se aplica el backtracking:

- El nodo generado no cumple con los criterios de factibilidad.
- El nodo se quedó sin acciones aplicables que le permitan generar un nodo hijo y aún no se cumple el criterio de finalización.

Figura 43: Backtracking.



Fuente: Elaboración propia

➤ Backjumping:

El backjumping o “saltar hacia atrás” permite eliminar, a partir de cierto nodo inicial, una serie de nodos hasta el último nodo (nodo hoja) del árbol. Ésta técnica se utiliza en el método para evitar que se apliquen acciones que, aunque no generan acciones infactibles, pueden causar que la solución final no cumpla con las metas de ritmos y utilización de palas deseada.

Durante el secuenciamiento, el método decide bajar una pala al banco inferior pues alguna de sus rampas puede ser extraída. Sin embargo, una vez hecha la rampa, la pala no puede continuar avanzando en el banco inferior pues aún no tiene espacio para hacerlo. Esto puede ser debido a que aún no se han extraído las

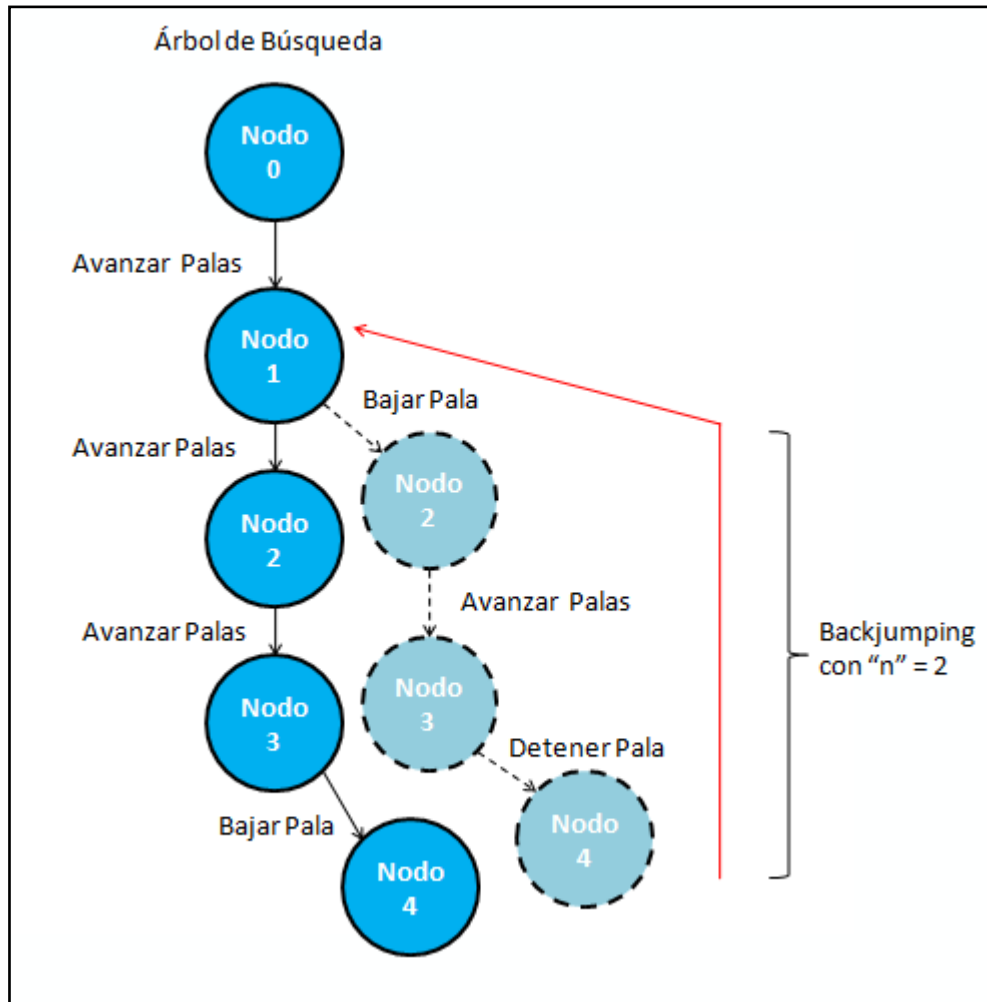
antecesoras de las poligonales accesibles a la pala que acaba de bajar. Por este motivo se hace necesario detener dicha pala hasta que se cumplan las condiciones para reactivarla, lo que hace que la pala se quede atrapada en el banco inferior, causando disminución de productividad e incluso provocando que la pala deba ser retirada de la expansión por exceder el máximo tiempo que puede estar detenida en la fase. Esto es síntoma de que la acción de bajar la pala fue tomada prematuramente, por lo que es necesario deshacer dicha acción y retrasarla hasta un instante de tiempo más conveniente.

Para detectar si existe una pala que se encuentre atrapada en el banco inferior sin poder continuar su explotación se revisan las siguientes condiciones:

- Es necesario detener una pala que acaba de finalizar la extracción de una rampa o un cajón.
- Una pala que ya explotó alguna de las rampas y su respectivo cajón del banco inferior lleva más de $T_Backjumping$ días (parámetro a definir por el usuario) detenida.

Si se cumple alguna de las dos condiciones entonces se aplica backjumping, eliminando todos los nodos desde el nodo hoja hasta el que generó la acción que envió a la pala atrapada hacia la rampa del banco inferior prematuramente. A continuación la acción es vetada por una cantidad n de nodos hijos factibles (parámetro a definir por el usuario), es decir, la acción es previamente excluida al momento de determinar las acciones utilizables en un nodo, (Figura 44) hasta que se hayan generado al menos n nuevos nodos factibles. Esto permite evitar que la mala decisión se aplique prematuramente otra vez.

Figura 44: Backjumping.



Fuente: Elaboración propia

5.2.3.10 Funcionamiento General

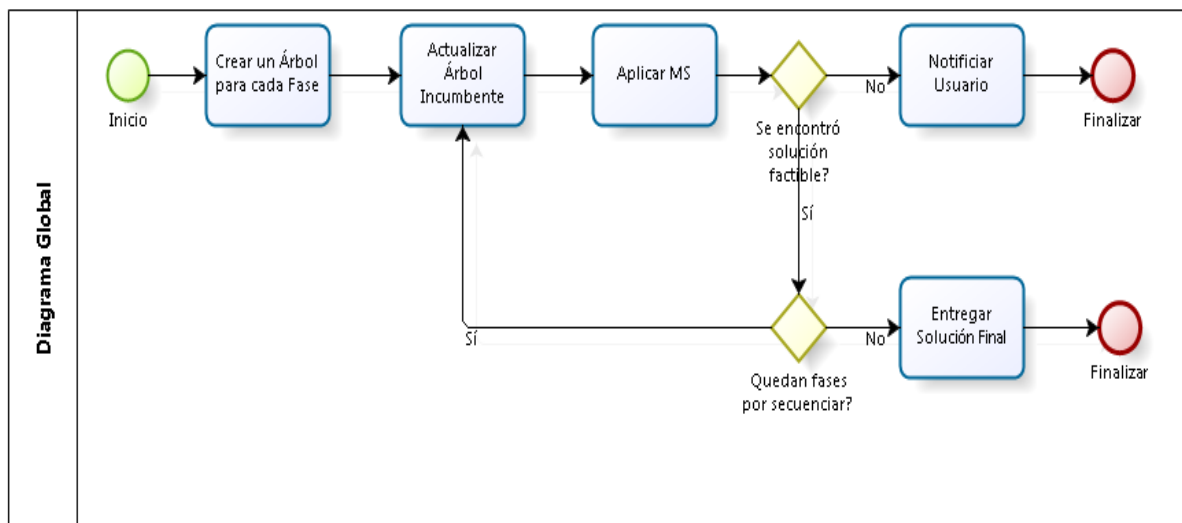
Desde una perspectiva global, El Método de Secuenciamiento, nombrado con las siglas MS, es aplicado una fase a la vez. Dado que cada fase tiene asignado un árbol de búsqueda propio, el método se ejecuta en cada uno de los árboles. Cuando se hace referencia al árbol que representa la solución perteneciente a la fase que se está secuenciando, se habla de “Árbol Incumbente”, es decir, el árbol que es relevante en dicho instante.

El proceso general para aplicar el MS y obtener así el programa de explotación minera de corto plazo es el siguiente:

- 1) Se genera un árbol de búsqueda para cada una de las expansiones de la reserva asignada para la programación de corto plazo. Cada árbol se compone inicialmente de sólo un nodo llamado nodo raíz, el cual posee toda la información de entrada y describe el estado de la fase al inicio del horizonte de planificación.
- 2) Se selecciona el árbol incumbente para ser secuenciado.
- 3) Se aplica el MS al árbol incumbente.
- 4) Si el MS encuentra una solución, se selecciona un nuevo árbol incumbente y el método se vuelve a aplicar.
- 5) El proceso finaliza cuando todas las expansiones han sido debidamente secuenciadas.
- 6) Si alguna de las expansiones resulta infactible, el problema entero es declarado infactible, el proceso se detiene y se notifica al planificador.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que modela el proceso ya descrito. (Figura 45)

Figura 45: Proceso general para aplicar MS.



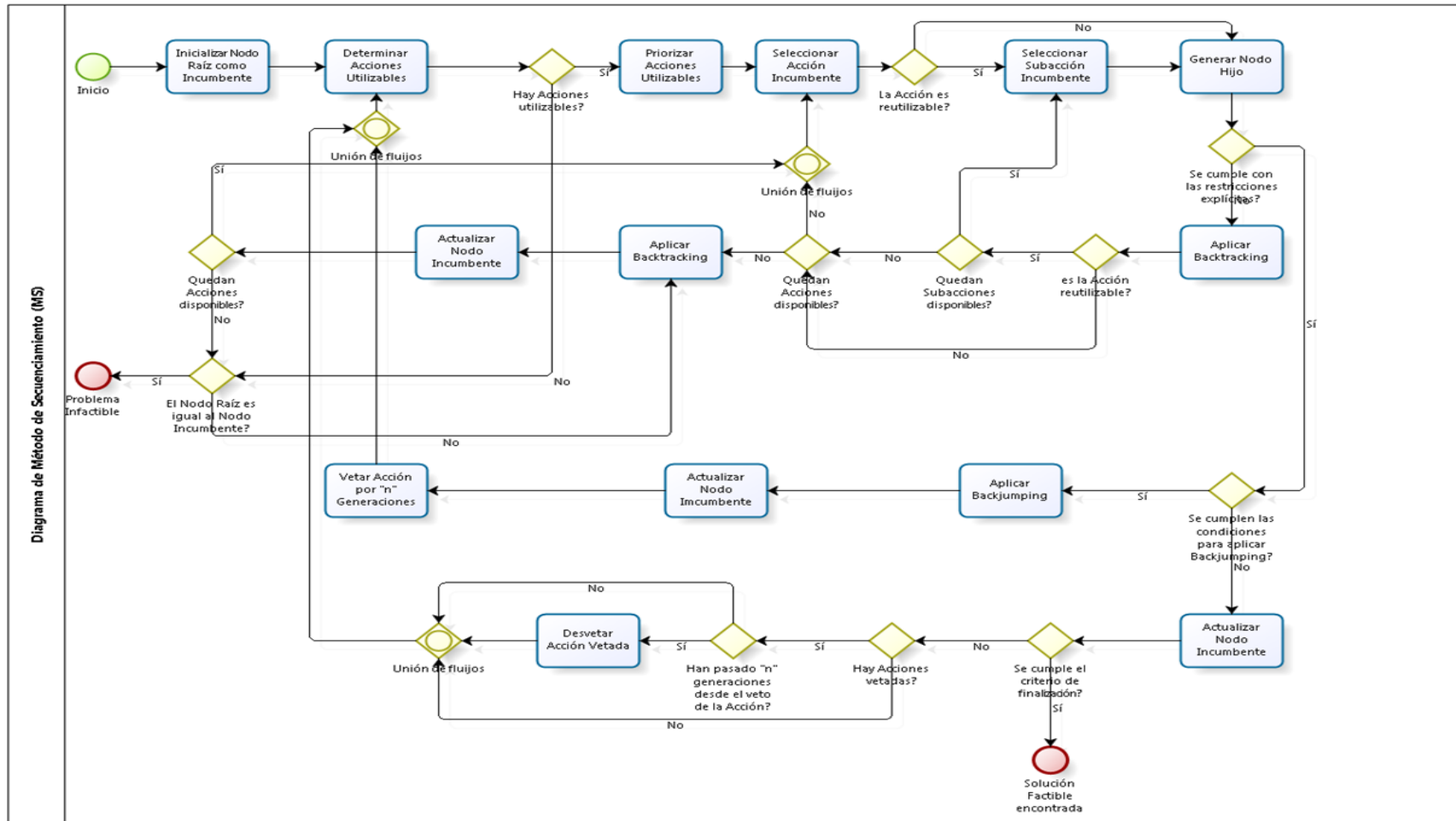
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, cada vez que aplica el MS, ocurre lo siguiente:

- 1) Se inicializa el nodo raíz del árbol incumbente como nodo incumbente.
- 2) Se determinan las acciones utilizables y se priorizan según el orden ya establecido.
- 3) Se selecciona la acción que se ejecutará para generar un nuevo nodo hijo.
- 4) Se genera un nuevo nodo.
- 5) En caso de infactibilidad del nodo, se aplica backtracking y se intenta con una nueva subacción o acción según corresponda.
- 6) Si el nodo incumbente ya no tiene acciones disponibles se aplica el backtracking nuevamente, eliminando dicho nodo y actualizando a su padre como nodo incumbente.
- 7) Si el nodo es factible, se evalúa si es necesario aplicar backjumping.
- 8) Si lo es, se eliminan todos los nodos desde el recién generado hasta llegar al que generó el estado no deseado en la fase. La acción sólo puede volver a utilizarse cuando se hayan generado n nuevos nodos factibles. Este nodo es ahora el nodo incumbente, al cual se recalculan las acciones utilizables considerando el veto ya impuesto.
- 9) Si no es necesario aplicar backjumping, el nuevo nodo generado es actualizado como el nuevo incumbente, se determinan sus acciones utilizables y el ciclo se repite.
- 10) Cuando un nodo incumbente cumple con el criterio de finalización el método termina y entrega la solución global al problema.
- 11) Si mediante el uso del backtracking o backjumping se retorna al nodo raíz y éste ya no tiene acciones disponibles para generar nuevos nodos, entonces el problema es considerado infactible.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo (Figura 46) que modela al MS:

Figura 46: Diagrama de flujo que modela el Método de Secuenciamento MS.



Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Solución Final

Luego de generar los árboles de búsqueda para cada fase, los cuales se componen de las acciones o decisiones tomadas etapa por etapa y de los estados de la fase cada vez que modificación fue realizada, el Método de Secuenciamiento traduce la información de cada árbol en una tabla que contiene la solución final. La tabla que contiene la solución final entrega para cada pala, (Tabla1) las poligonales extraídas por ella, en qué día comenzó y en qué día concluyó la extracción de cada una. La solución es traspasada al siguiente subproblema como información de entrada.

Tabla 1: Solución Final

Pala	Mina	Expansion	Banco	Poligonal	T Inicio [días]	T Fin [días]
Pala 1	Chuqui	38	51	48	0.0	5.7
Pala 1	Chuqui	38	51	49	5.7	12.7
Pala 1	Chuqui	38	52	02	16.8	19.3
Pala 1	Chuqui	38	52	11	19.3	22.5
Pala 2	Chuqui	38	52	19	0.0	2.5
Pala 2	Chuqui	38	52	03	2.5	10.1
Pala 2	Chuqui	38	52	04	10.1	14.0

Fuente: Elaboración propia

5.3 SUBPROBLEMA DE PROGRAMACIÓN DE PLANTA

El subproblema de Programación de Planta se encarga de asignar los materiales extraídos a los destinos que sean más convenientes (chancadores, pilas para sulfuros de baja ley o dumps de óxidos, stocks y botaderos).

La metodología utilizada para resolverlo es un modelo de programación lineal. Este modelo utiliza como parámetros la información de entrada ya descrita del subproblema y la solución del subproblema de Secuenciamiento de Poligonales. Los parámetros pueden ser modificados por el planificador según lo estime conveniente para lograr el resultado deseado en el plan de corto plazo.

La función objetivo corresponde a maximizar el beneficio operacional del proceso, es decir, los ingresos generados por los productos obtenidos menos los costos operacionales de transporte del mineral, los cuales son los más relevantes en el corto plazo. Sin embargo, el valor de la función queda fuertemente determinado por las metas impuestas en el plan de largo plazo.

A continuación se presentan las componentes, es decir, conjuntos, parámetros, variables y ecuaciones, del modelo de Programación de Planta.

5.3.1 Modelo de Programación de Planta (MPP):

5.3.1.1 Conjuntos:

A: Palas.

G: Minas.

A_g : Palas que extraen en la mina g.

I_a : Poligonales asignadas a la pala a.

T: Periodos.

K: Productos.

K_{cont} : Productos contaminantes.

K_{conc} : Productos que salen de la concentradora.

K_{SxEw} : Productos que salen de la SxEw.

V: Estaciones (Nodos).

VO: Estaciones de concentrado.

VSE: Estaciones SxEw.

VS: Estaciones con stock.

TR: Transportes (Arcos).

TRM_g : Transportes interiores a la mina g (arcos en los que el transporte se efectúa utilizando camiones).

SU_{it} : Poligonales hasta donde puede extraerse en periodo $t + 1$, si en periodo t se extrajo hasta poligonal i .

AN_{it} : Poligonal desde donde pudo extraerse en periodo $t - 1$, si en periodo t se extrajo hasta poligonal i .

5.3.1.2 Parámetros

$\alpha(t)$: Factor de descuento del periodo t .

CF: Valor presente neto de los costos fijos.

I: Valor presente de las inversiones.

CV_{vt} : Costo por procesar una tonelada de material en nodo v en periodo t .

CV_{vwt} : Costo por transportar una tonelada de material en arco (v, w) en periodo t .

P_{kt} : Precio del producto k en el periodo t .

D_{kt} : Descuento del producto k en el periodo t .

Cap_{vt} : Toneladas que pueden ser procesadas en el nodo v en el periodo t .

$CT_{w\bar{k}kt}$: Coeficiente de transformación de producto \bar{k} en k en nodo w en periodo t .

DP_t : Duración del periodo t [días].

HRC: Horas disponibles de camión por periodo.

HT_{wv} : Horas requeridas por camión para transportar una tonelada de material entre estaciones w y v .

$MaxTpd_a$: Máximas toneladas que se puede extraer por día la pala a .

S_{vkt} : Toneladas generadas exógenamente de producto k en el periodo t en el nodo v .

Ton_{ik} : Toneladas de producto k en la poligonal i .

5.3.1.3 Variables V1, lógica de extracción

- Variables Redefinidas

z_{it} : Fracción de poligonal i extraída en periodo t .

w_{ijt} : Variable de fortalecimiento de la extracción entre poligonales $i + 1$ y j en periodo t .

- Variables Agregadas

em_{it} : 1 si poligonal i comienza a extraerse en el periodo t , 0 si no.

fi_{it} : 1 si poligonal i finaliza de extraerse en el periodo t , 0 si no.

5.3.1.4 Variables V2, flujos

f_{vwkt} : Flujo de producto k en periodo t desde proceso v hasta proceso w.

y_{wkt} : Inventario de producto k que se guarda en nodo w desde periodo t hasta t+1.

5.3.1.5 Variables V3, económicas

IE: Valor presente las inversiones realizadas en equipos.

CV: Valor presente de los costos variables.

B: Valor presente de los ingresos.

VAN: Valor actual neto del proyecto minero.

5.3.1.6 Restricciones R1, lógica de extracción

Conservación de flujo de la ruta de extracción.

$$\sum_{h \in AN_{it}} w_{hit} = \sum_{j \in SU_{it}} w_{ij(t+1)} \quad \forall a \in A, i \in I_a, t \in T \setminus \{t^{\min}, t^{\max}\}. \quad (1)$$

Salir una vez del estado inicial.

$$\sum_{j \in SU_{i_a^{\min} t^{\min}}} w_{i_a^{\min} j t^{\min}} = 1 \quad \forall a \in A. \quad (2)$$

Entrar una vez al estado final.

$$\sum_{j \in AN_{i_a^{\max} t^{\max}}} w_{j i_a^{\max} t^{\max}} = 1 \quad \forall a \in A. \quad (3)$$

Relación entre las variables z y w .

$$z_{it} = \sum_{h=i_a^{\min}}^{i-1} \sum_{\{j | i_a^{\max} > j \geq i, j \in SU_{ht-1}\}} w_{hjt} \quad \forall a \in A, i \in I_a, t \in T \setminus \{t^{\min}, t^{\max}\}. \quad (4)$$

Naturaleza de las variables para z_{it} .

$$0 \leq z_{it} \leq 1 \quad \forall a \in A, \forall i \in I_a, \forall t \in T. \quad (5)$$

Naturaleza de las variables para w_{ijt} .

$$0 \leq w_{ijt} \leq 1 \quad \forall a \in A, \forall i, j \in I_a, \forall t \in T. \quad (6)$$

Una poligonal puede empezar a extraerse a lo más una vez.

$$\sum_{t=t^{\min}+1}^{t^{\max}-1} em_{it} \leq 1 \quad \forall a \in A, \forall i \in I_a \setminus \{i_a^{\min}, i_a^{\max}\}. \quad (7)$$

Una poligonal puede terminar de extraerse a lo más una vez.

$$\sum_{t=t^{\min}+1}^{t^{\max}-1} fi_{it} \leq 1 \quad \forall a \in A, \forall i \in I_a \setminus \{i_a^{\min}, i_a^{\max}\}. \quad (8)$$

No puede extraerse una fracción de una poligonal antes de que ésta comience a

$$\sum_{u=t^{\min}+1}^t z_{iu} \leq \sum_{u=t^{\min}+1}^t em_{iu} \quad \forall a \in A, \forall i \in I_a \setminus \{i_a^{\min}, i_a^{\max}\}, \forall t \in T \setminus \{t^{\min}, t^{\max}\}. \quad (9)$$

No puede extraerse una fracción de una poligonal después de que ésta terminó de ser extraída.

$$\sum_{u=t}^{t^{\max}-1} z_{iu} \leq \sum_{u=t}^{t^{\max}-1} fi_{iu} \quad \forall a \in A, \forall i \in I_a \setminus \{i_a^{\min}, i_a^{\max}\}, \forall t \in T \setminus \{t^{\min}, t^{\max}\}. \quad (10)$$

Relación entre poligonales consecutivas. No se puede comenzar a extraer una poligonal antes del periodo en el que se termina de extraer la poligonal que es inmediatamente antecesora según la secuencia asignada a la pala a.

$$\sum_{u=t^{\min}+1}^t em_{iu} \leq \sum_{u=t^{\min}+1}^t fi_{i-1u} \quad \forall a \in A, \forall i_a^{\min} + 1 < i < i_a^{\max}, \forall t \in T \setminus \{t^{\min}, t^{\max}\}. \quad (11)$$

Naturaleza de las variables para em_{it} y fi_{it} .

$$em_{it}, fi_{it} \in \{0,1\} \quad \forall a \in A, \forall i \in I_a, \forall t \in T. \quad (12)$$

Máxima emisión de contaminantes.

$$\sum_{\{w|(w,v) \in TR\}, k \in K} CT_{wk\bar{k}t} f_{wvkt} \leq MaxC_{\bar{k}} \quad \forall v \in VO, \bar{k} \in K_{cont}, t \in T. \quad (13)$$

5.3.1.7 Restricciones R2, flujos

Conservación del flujo de material.

$$z_{it} Ton_{ik} = \sum_{\{w|(i,w) \in TR\}} f_{iwkt} \quad \forall a \in A, i \in I_a, k \in K, t \in T. \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \sum_{\{v|(v,w) \in TR\}, \bar{k} \in K} f_{v\bar{k}t} CT_{w\bar{k}kt} \\ = \sum_{\{o|(w,o) \in TR\}} f_{wokt} \end{aligned} \quad \forall w \in V \setminus VS, k \in K, t \in T. \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned}
S_{wkt} + y_{wkt-1} + \sum_{\{v|(v,w) \in TR\}, \bar{k} \in K} f_{v\bar{k}t} CT_{w\bar{k}t} \\
= y_{wkt} + \sum_{\{o|(w,o) \in TR\}} f_{wokt}
\end{aligned} \tag{2.15}$$

$\forall w \in VS, k \in K, t \in T.$

Capacidad en nodos de proceso y en arcos de transporte.

$$LN_{vt} \leq \sum_{\{w|(w,v) \in TR\}, k \in K} f_{wvkt} \leq UN_{vt} \quad \forall v \in V \setminus VS, t \in T. \tag{2.10}$$

$$LN_{vt} \leq \sum_{k \in K} y_{vkt} \leq UN_{vt} \quad \forall v \in VS, t \in T. \tag{2.11}$$

$$LA_{vwt} \leq \sum_{k \in K} f_{wvkt} \leq UA_{vwt} \quad \forall (v, w) \in TR, t \in T. \tag{2.12}$$

Máxima emisión de contaminantes

$$\sum_{\{w|(w,v) \in TR\}, k \in K} CT_{w\bar{k}t} f_{wvkt} \leq MaxC_{\bar{k}} \quad \forall v \in VO, \bar{k} \in K_{cont}, t \in T. \tag{2.13}$$

5.3.1.8 Restricciones R3, capacidades productivas mina

- Movimiento por mina.

$$MinE_{gt} \leq \sum_{\{(w,v) \in TRM_g\}, k \in K} f_{wvkt} \leq MaxE_{gt} \quad \forall g \in G, t \in T. \tag{14}$$

- Máxima producción por pala.

$$\sum_{i=i_a^{\min}+1}^{i_a^{\max}-1} z_{it} \frac{\sum_{k \in K} Ton_{ik}}{MaxTpd_a} \leq DP_t \quad \forall a \in A, t \in T. \quad (15)$$

5.3.1.9 Restricciones R4, equipos

Horas requeridas.

$$\sum_{\{(w,v) \in TRM_g\}, k \in K} HT_{wv} f_{wvkt} \leq HRC \quad \forall g \in G, t \in T. \quad (16)$$

5.3.1.10 Restricciones R5, económicas

- Costos variables.

$$CV = \sum_{t \in T \setminus \{t^{\min}, t^{\max}\}} \alpha(t) \left\{ \sum_{v \in V} CV_{vt} \sum_{\{w | (w,v) \in TR\}, k \in K} f_{wvkt} \right. \\ + \sum_{(w,v) \in TR, k \in K} CV_{wvt} f_{wvkt} \\ \left. + \sum_{g \in G} CZ_g \sum_{a \in A_g, i \in I_a, k \in K} Ton_{ik} z_{it} \right\} \quad (17)$$

- Ingresos.

$$\begin{aligned}
 B = & \sum_{t \in T \setminus \{t^{min}, t^{max}\}} \alpha(t) \left\{ \sum_{w \in VO, k \in K_{conc}} (P_{kt} \right. \\
 & - D_{kt}) \sum_{\{v|(v,w) \in TR\}, \bar{k} \in K} f_{vw\bar{k}t} CT_{w\bar{k}kt} \\
 & + \sum_{w \in VSE, k \in K_{SxEw}} (P_{kt} \\
 & \left. - D_{kt}) \sum_{\{v|(v,w) \in TR\}, \bar{k} \in K} f_{vw\bar{k}t} CT_{w\bar{k}kt} \right\}
 \end{aligned} \tag{18}$$

$$VAN = B - CF - CV - I - IE \tag{19}$$

5.3.1.11 Restricciones R6, naturaleza de las variables

- Variables enteras.

$$w_{ijt}, z_{it} \in \{0,1\} \tag{20}$$

- Variables reales.

$$f_{vwkt}, y_{wkt}, hr_{egt}, hd_{egt}, hc_{egt}, ho_{egt}, IE, CV, B, VAN \in \mathbb{R}^+ \cup \{0\} \tag{21}$$

CAPITULO 6: RESULTADOS

Se utilizará la metodología descrita para resolver un problema real de programación de corto plazo, resolviendo a cabalidad Secuenciamiento de Poligonales y el Programa de Planta. Se describirá primero el problema a resolver y luego se analizarán los resultados obtenidos. El análisis de los resultados se realizará desde tres perspectivas distintas:

- Programa Minero
- Tiempos de Ejecución
- Árboles y Nodos

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA REAL DE PROGRAMACIÓN DE CORTO PLAZO

El problema a resolver corresponde a la programación de corto plazo de la producción de la División Chuquicamata de CODELCO Chile. El horizonte temporal es de 6 meses (1 semestre), que va desde Abril hasta Septiembre de 2011. La reserva minera involucrada en la participación consta de un total de 6 fases diferentes.

La siguiente tabla resume cada una de las fases (Tabla 2), sus bancos y tonelaje total, diferenciado en mineral y lastre:

Tabla 2: Fases de reserva minera

Mina	Fase	Ley de Cobre [%]	Banco Inicial	Banco Final	Tonelaje Mineral [MMT]	Tonelaje Lastre* [MMT]	Tonelaje Total [MMT]
CHU	38	0.562	51	56	2,394.7	4,097.0	6,491.7
CHU	41	0.882	75	79	672.9	0.0	672.9
CHU	42E	0.559	43	56	9,676.4	481.2	10,157.6
CHU	42O	0.631	51	56	1,746.3	8,189.1	9,935.4
CHU	46	0.000	30	33	0.0	451.2	451.2
CHU	49O	0.335	23	33	1,789.2	8,188.2	9,977.4
Media	-	0.518	-	-	2,713.2	3,567.8	6,281.0
Total	-	-	-	-	16,279.4	21,406.7	37,686.2

*Ley Crítica: 0.2%

Fuente Elaboración propia

El número de bancos y poligonales para cada fase es la siguiente (Tabla 3):

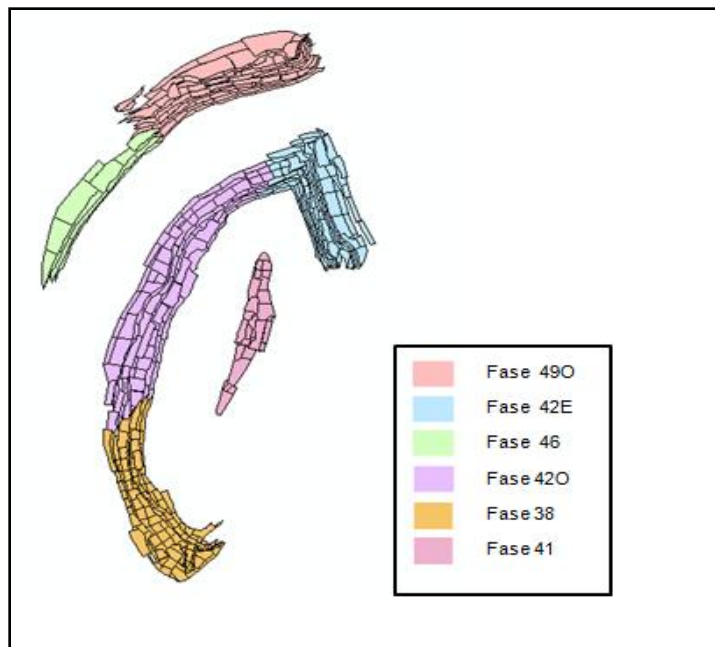
Tabla 3: Número de bancos y poligonales para cada fase.

Mina	Fase	Nº Total de Bancos	Nº Total de Poligonales	Promedio de Poligonales por Banco
CHU	38	6	207	34.5
CHU	41	5	46	9.2
CHU	42E	14	185	13.2
CHU	42O	6	166	27.7
CHU	46	4	28	7.0
CHU	49O	11	166	15.1
Media	-	7.7	133.0	17.8
Desv. Estándar	-	3.9	76.1	10.9

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente, las fases a secuenciar se observan en la Figura 47:

Figura 47: Gráfico de bases a secuenciar.



Fuente: Elaboración propia.

Las metas planteadas por el largo plazo con respecto a los ritmos de extracción de la mina, tonelaje total a extraer y ley de cobre promedio del mineral total enviado a planta durante los 6 meses son las siguientes (Tabla 4):

Tabla 4: Metas de extracción a largo plazo

Ritmo Mina [KTPD]	Material* Total [MMT]	Mineral Total [MMT]	Lastre Total [MMT]	Ley de Cobre [%]
480	132	34.375	97.625	0.75

*Material = Mineral + Lastre

Fuente: Elaboración propia

Un programa de corto plazo que tenga ritmos de movimiento de material promedio diarios iguales o superiores a 480 [KTPD] en cada mes de planificación, obteniendo como resultado un tonelaje total de material en torno a los 132 [MMT] en el final de horizonte de 6 meses, cumpliría con los objetivos planteados en la planificación de largo plazo. Sin embargo, no puede dejarse de lado la calidad de la mezcla del mineral enviado a planta, este debe tener una ley igual o superior a 0.75% de cobre.

La dotación inicial de palas corresponde a un total de 14 equipos (Tabla 5). La siguiente tabla describe los nombres, modelos y capacidades de producción de cada una de ellas:

Tabla 5: Características principales de las palas.

Pala	Modelo	Y ³ *	TPH**
P091	P&H 2800	34	2661
P093	P&H 2800	34	2661
P095	P&H 2800	34	2661
P096	P&H 2800	34	2661
P100	P&H 4100 XPA	56	4383
P101	P&H 4100 XPA	56	4383
P200	P&H 4100XPB	73	5714
P230	P&H 4100XPB	73	5714
P250	Bucyrus 495 HD	73	5714
P251	Bucyrus 495 HD	73	5714
P890	Komatsu PC 5500	34	2661
P891	Komatsu PC 5500	34	2661
P893	Komatsu PC 5500	34	2661
P894	Komatsu PC 5500	34	2661

* Yardas cúbicas.

** Toneladas por hora.

Fuente: Elaboración propia

La asignación de palas por fase (Tabla 6) y periodo para el programa de corto plazo se describe en la siguiente tabla:

Tabla 6: Asignación de palas por fase.

Pala	Abril 2011	Mayo 2011	Junio 2011	Julio 2011	Agosto 2011	Septiembre 2011
P091	MP	MP	42O	42O	42O	42O
P093	MP	MP	41	41	41	41
P095	42O	42O	42O	MP	MP	MP
P891	38	38	38	38	38	38
P100	49O	MP	MP	41	41	41
P101	41	41	41	MP	MP	MP
P200	42E	42E	42E	42E	42E	42E
P230	46	46	46	46	46	46
P250	38	38	38	38	38	38
P251	MP	49O	49O	49O	49O	49O
P890	41	41	MP	MP	MP	MP
P096	42O	42O	42O	42O	42O	42O
P893	44	44	44	44	44	42O
P894	42E	MP	MP	MP	MP	MP

* MP: Mantención Programada.

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros técnicos (Tabla 7) y de seguridad, involucrados en el secuenciamiento de poligonales son los siguientes:

Tabla 7: Parámetros de secuencia de poligonales.

Distancia Interferencia	Distancia Vecinos	Distancia Antecesoros	Tiempo Máximo de Pala en Detención	Horas Efectivas
[m]	[m]	[m]	[Días]	[H/Día]
250	10	25	30	14

Fuente: Elaboración propia.

Una vez extraído el material, éste será enviado a sus destinos correspondientes, a saber, botaderos, stocks, chancadores y sulfuros de baja ley.

El mineral seguirá los procesos mineros que le correspondan según se decida en la Programación de Planta. Los procesos y destinos de material (ya sea mineral a planta o lastre a botadero) que participan en este problema se resumen en la Tabla 8:

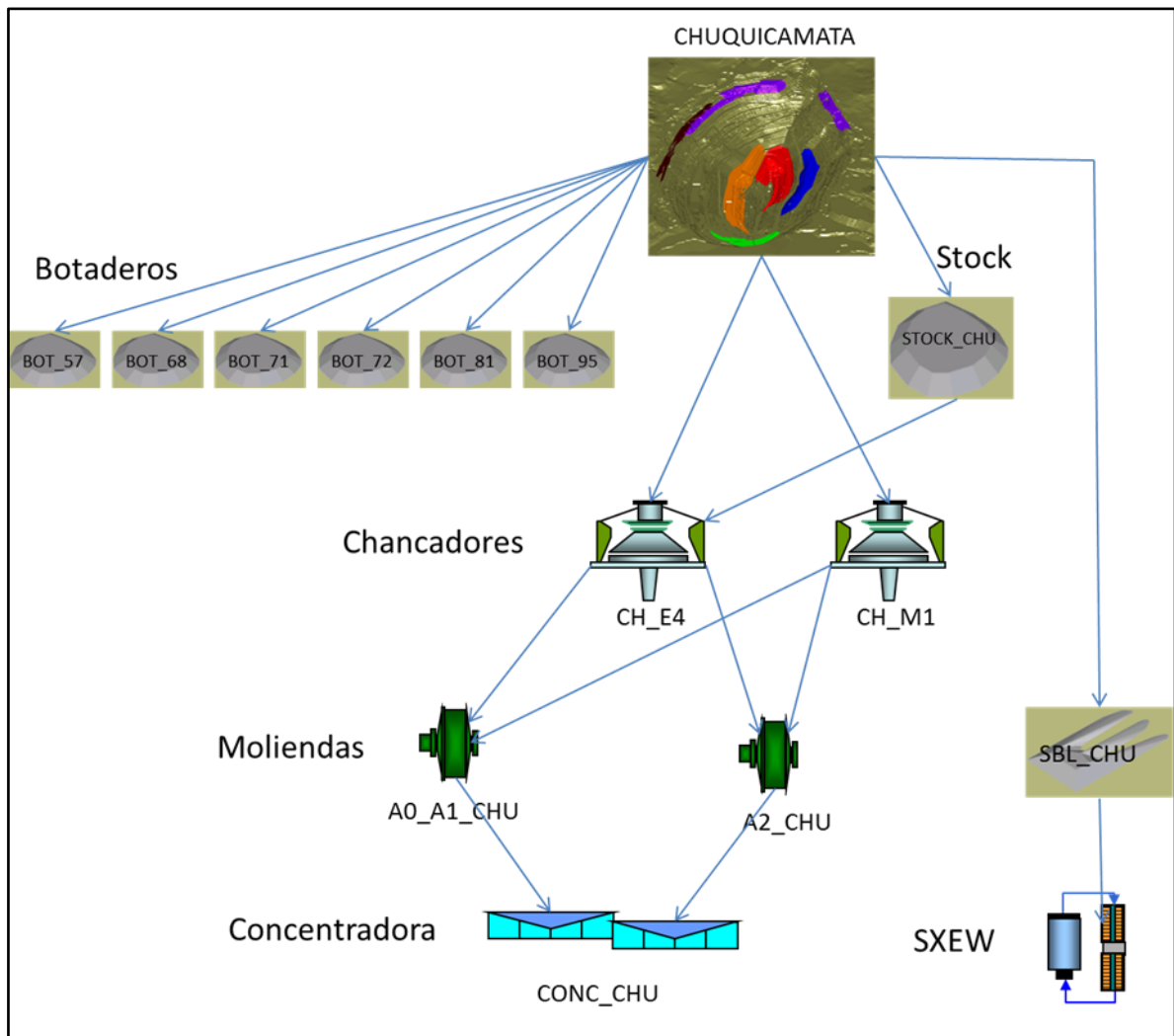
Tabla 8: Procesos mineros que decide la Programación de Planta

Nombre del Destino	Tipo de Destino	Tipo de Destino	Total
BOT 57	Botadero	Botadero	6
BOT 68	Botadero	Stock	1
BOT 71	Botadero	Chancador	2
BOT 72	Botadero	SBL	1
BOT 95	Botadero	Molienda	2
STOCK CHU	Stock	SXEW	1
CH E4	Chancador	Concentradora	1
CH M1	Chancador		
SBL CHU	SBL		
A0 A1 CHU	Molienda		
A2 CHU	Molienda		
SXEW CHU	SXEW		
CONC CHU	Concentradora		

Fuente: Elaboración propia.

La Red de Procesos utilizada por la mina Chuquicamata se describe en el siguiente esquema (Figura 48):

Figura 48: Esquema de red de procesos de la mina Chuquicamata.



Fuente Elaboración propia

Cada una de las fases de la instancia debe tener acceso al menos a un botadero y la planta. Las distancias medias desde cada fase a los diferentes destinos presentados en la Red de Procesos se presentan en la Tabla 9:

Tabla 9: Distancias medias a destinos.

Fases		Distancia Media A Destinos [m]								
Mina	Fase	BOT 57	BOT 68	BOT 71	BOT 72	BOT 95	CHE4	CH M1	SBL CHU	STOCK CHU
CHU	38	9,121.9	-	8,248.8	-	11,174.0	5,237.7	708.1	8,631.4	7,289.0
CHU	41	10,845.2	-	-	-	-	8,968.3	4,190.1	12,418.6	11,081.8
CHU	42E	8,579.0	-	7,787.3	-	10,820.6	4,768.0	701.7	8,041.5	6,807.0
CHU	42O	9,121.9	-	8,248.8	-	11,174.0	5,237.7	708.1	8,631.4	7,289.0
CHU	46	6,832.7	4,887.5	3,806.9	4,135.8	-	7,527.1	-	9,670.5	9,371.6
CHU	49O	6,754.1	3,902.8	3,789.8	3,489.8	-	7,207.8	-	9,385.6	9,049.3

Fuente: Elaboración propia

Los principales parámetros técnicos y económicos de la planta se presentan en la Tabla 10:

Tabla 10: Parámetros técnicos y económicos de la planta.

Ley Crítica	Capacidad de Planta	Máxima* Emisión de Contaminantes	Valor del Cobre	Costos de Transporte Horizontal	Costos de Transporte Vertical
[%]	[KTPD]	[Ton/Año]	[Use/Lb]	[US\$/Camión-km]	[US\$/Camión-km]
0.2	125	16000	310	33.207	90.654

*Toneladas de Arsénico enviadas a Planta por año.

Fuente: Elaboración propia

6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PROGRAMA MINERO

El plan minero de corto plazo generado mediante el uso de la metodología se compone de 6 reportes diferentes. En estos reportes se detalla la información que los operadores mineros y de planta necesitarán conocer para llevar a cabo la producción durante el horizonte temporal que el programa abarca. Por su gran nivel de extensión, la descripción de cada uno y el detalle completo de cada reporte para el problema de corto plazo resuelto se entrega en el Anexo A.

6.2.1 Ritmos y Tonelajes

La explotación de la mina Chuquicamata en el primer periodo, es decir, Abril 2011, se inicia en los siguientes bancos de cada fase (Tabla 11):

Tabla 11: Bancos Abril 2011

Mina	Fase	Banco Inicial	Periodo de Inicio*
CHU	38	51	Abril 2011
CHU	41	75	Abril 2011
CHU	42E	43	Abril 2011
CHU	42O	51	Abril 2011
CHU	46	30	Abril 2011
CHU	49O	23	Abril 2011

*Al inicio del periodo.

Fuente: Elaboración propia

Los ritmos de extracción (Tabla 12) para cada fase durante el horizonte temporal son los siguientes:

Tabla 12: Ritmos de extracción para cada fase.

Mina	Fase	Ritmo Abril 2011 [KTPD]	Ritmo Mayo 2011 [KTPD]	Ritmo Junio 2011 [KTPD]	Ritmo Julio 2011 [KTPD]	Ritmo Agosto 2011 [KTPD]	Ritmo Septiembre 2011 [KTPD]	Ritmo Promedio [KTPD]	Desviación Estandar [KTPD]
CHU	38	114	117	105	117	117	117	114.6	4.9
CHU	41	108	81	93	53	47	38	69.9	28.0
CHU	42E	78	80	80	80	80	80	79.6	0.9
CHU	42O	75	75	74	59	75	109	77.7	16.6
CHU	46	80	80	80	80	80	80	80.0	0.0
CHU	49O	61	72	80	80	80	80	75.6	7.6

Fuente: Elaboración propia

El ritmo de extracción de la mina completa durante cada periodo se presenta en la Tabla 13:

Tabla 13: Ritmos de extracción para la mina completa.

Mina	Ritmo Abril 2011 [KTPD]	Ritmo Mayo 2011 [KTPD]	Ritmo Junio 2011 [KTPD]	Ritmo Julio 2011 [KTPD]	Ritmo Agosto 2011 [KTPD]	Ritmo Septiembre 2011 [KTPD]	Ritmo Promedio [KTPD]	Desviación Estandar [KTPD]
CHU	516	505	512	469	478	505	497.4	18.9

Fuente. Elaboración propia

El estado de la mina al finalizar el horizonte de explotación (Tabla 14) se entrega a continuación:

Tabla 14: Estado de la mina al finalizar la explotación.

Mina	Fase	Banco Final	Periodo de Término*
CHU	38	55	Septiembre 2011
CHU	41	78	Septiembre 2011
CHU	42E	48	Septiembre 2011
CHU	42O	53	Septiembre 2011
CHU	46	33	Septiembre 2011
CHU	49O	26	Septiembre 2011

*Al final del periodo.

Fuente: Elaboración propia

Si se comparan las metas promedio de ritmos de explotación y tonelaje los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 15 y 16:

Tabla 15: Comparación entre metas de ritmo de explotación.

Mina	Ritmo Promedio [KTPD]	Ritmo Meta [KTPD]	Gap Ritmo de Explotación [%]
CHU	497.4	480	3.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Comparación de meta de tonelaje de mineral.

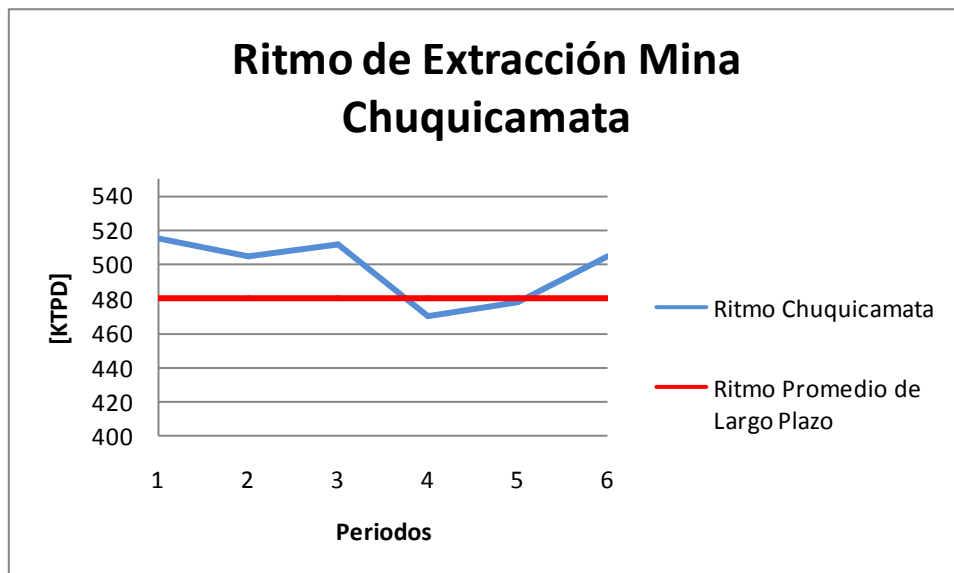
Mina	Tonelaje Promedio [MMT]	Tonelaje Meta [MMT]	Gap Tonelaje Total [%]
CHU	136.8	132	3.6

Fuente: Elaboración propia

Observando los resultados puede establecerse que la meta de largo plazo de ritmo promedio de extracción tiene una desviación al alza de sólo un 3.6%, lo cual es muy cercano a lo planificado en el largo plazo. Cualquier exceso de mineral puede ser almacenado en el stock hasta que se estime conveniente. Lo anterior refleja la precisión del resultado obtenido por la metodología.

La variación promedio de los ritmos de movimiento de material es inferior a 20 [KTPD] durante 6 los periodos de evaluación. El siguiente gráfico (Figura 49) expone la variación del ritmo total de la mina:

Figura 49: Ritmo de extracción en la mina Chuquicamata



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el ritmo de explotación total de la mina es bastante regular y sólo baja de la meta de largo plazo en el periodo 4, para recuperarse casi totalmente en el periodo 5 con respecto a la meta y remontar aún más el ritmo en el periodo 6. La baja en el movimiento de material es inferior a la desviación estándar y está dentro de lo esperado.

Esta disminución se debe principalmente al inicio de mantenciones programadas de 2 palas justo al empezar el periodo 4. Este efecto es acentuado por la geometría irregular de algunas fases, lo cual genera interferencias entre equipos y su necesaria detención, pueden hacer disminuir los ritmos. Una vez superado este último revés, se observa una recuperación del ritmo de extracción total.

6.2.2 Secuencias de Extracción

Un resultado vital para el plan de corto plazo es la secuencia de extracción por equipos. Esta secuencia se entrega en el Detalle Mensual de Explotación y entrega, por fase y por pala, cuál es el orden de extracción de las poligonales, periodo a periodo.

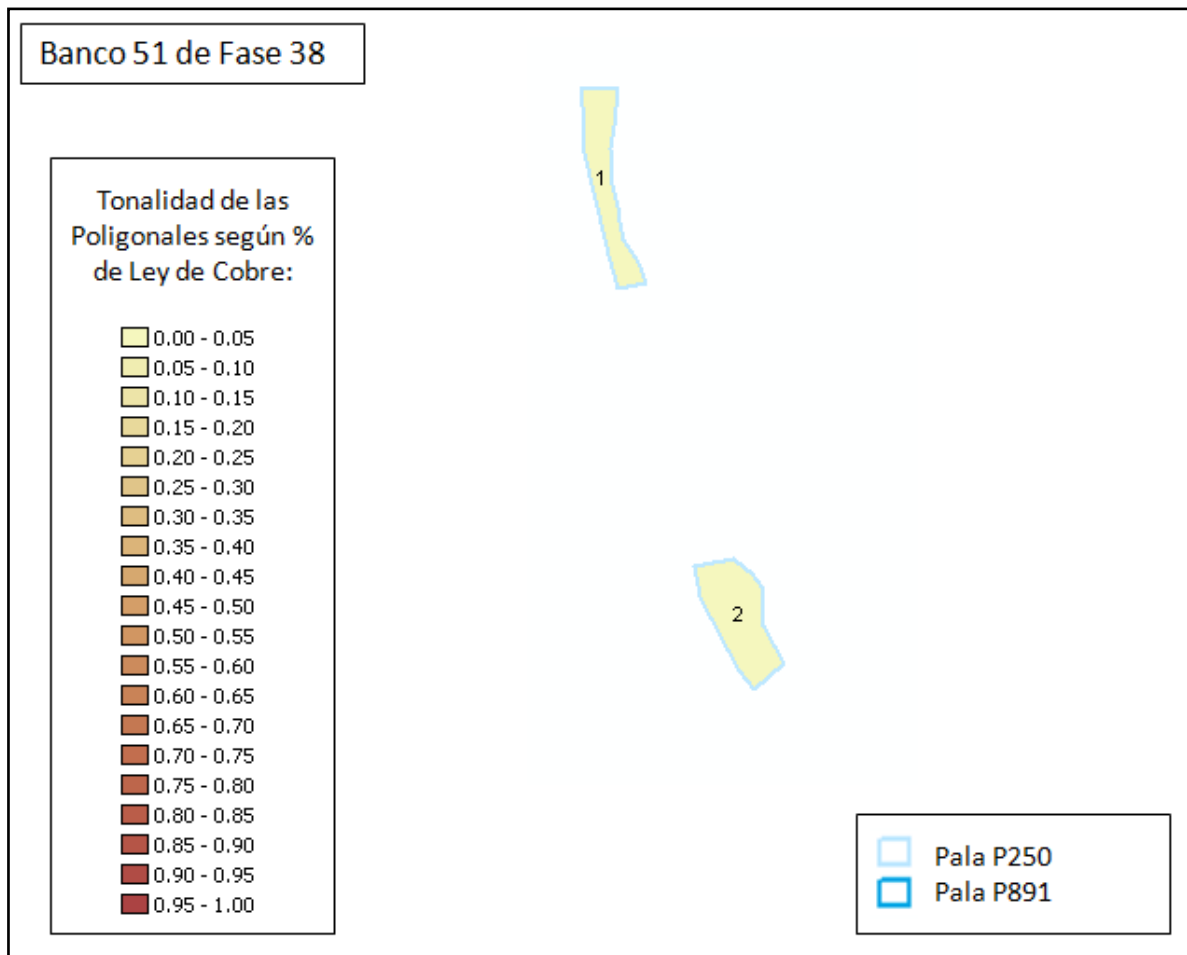
Es necesario también observar gráficamente las secuencias de extracción por fase. Debido al gran número de bancos, se mostrará la secuencia gráfica sólo de la fase 38 de la mina Chuquicamata. Las secuencias gráficas de las demás fases se presentan en el Anexo B.

La fase 38 posee 6 bancos a secuenciar, que van desde el 51 al 55. El primer banco está casi finalizado. Hay dos palas operando en dicha fase, la pala P250, de 5714 [TPH] y la pala P891 de 2661 [TPH], ambas asignadas durante la totalidad del horizonte de planificación a la fase 38.

Los esquemas de cada banco de la fase 38 que se presentan a continuación (Figura 50 a Figura 54) muestran la forma geométrica del banco y su subdivisión en poligonales. El color del contorno de las poligonales indica la pala que fue asignada a su extracción, mientras que el número en su interior indica el orden de extracción relativo a la pala a la que fue asignada.

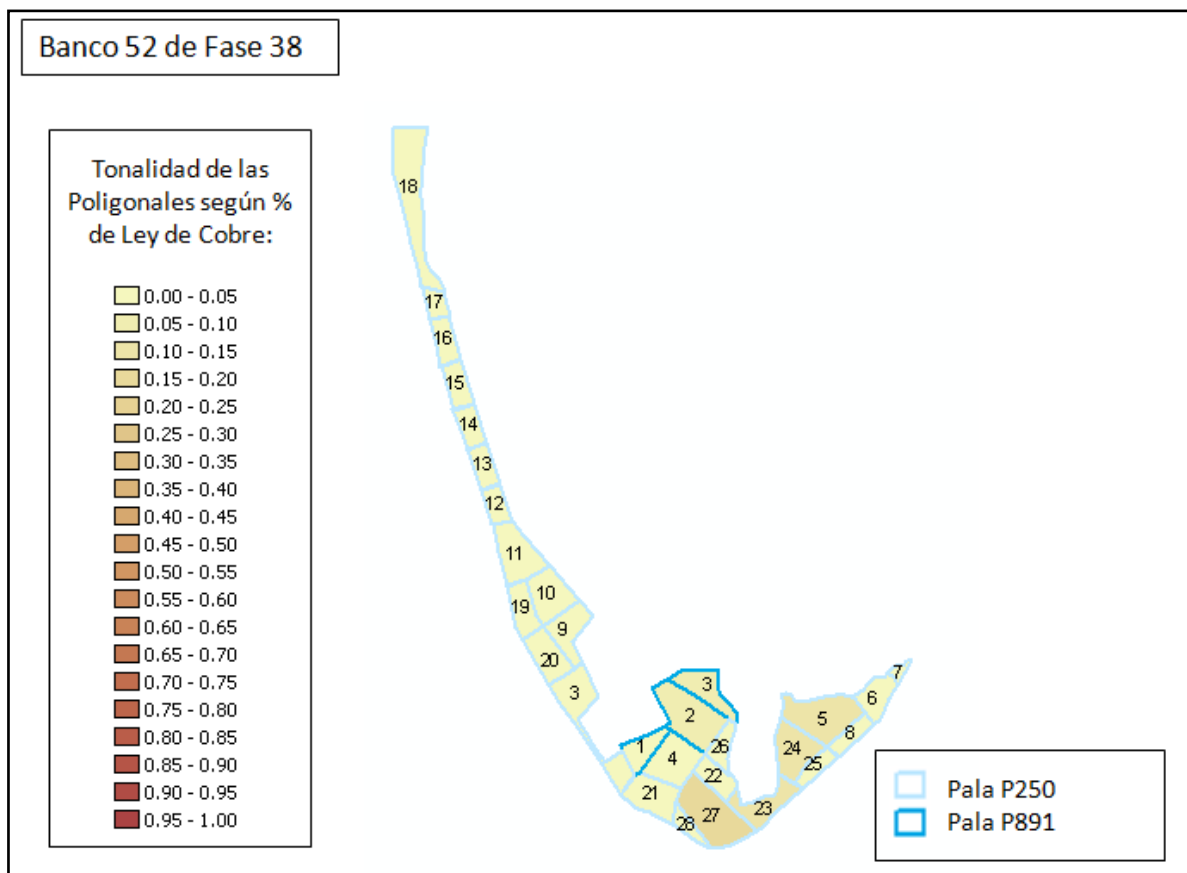
Se observa también una degradación del color de las poligonales, lo que indica la calidad del mineral (ley de cobre) que poseen. Mientras la ley de cobre sea mayor, más oscuro será el tono del color de la poligonal.

Figura 50: Esquema del banco 51 de la fase 38.



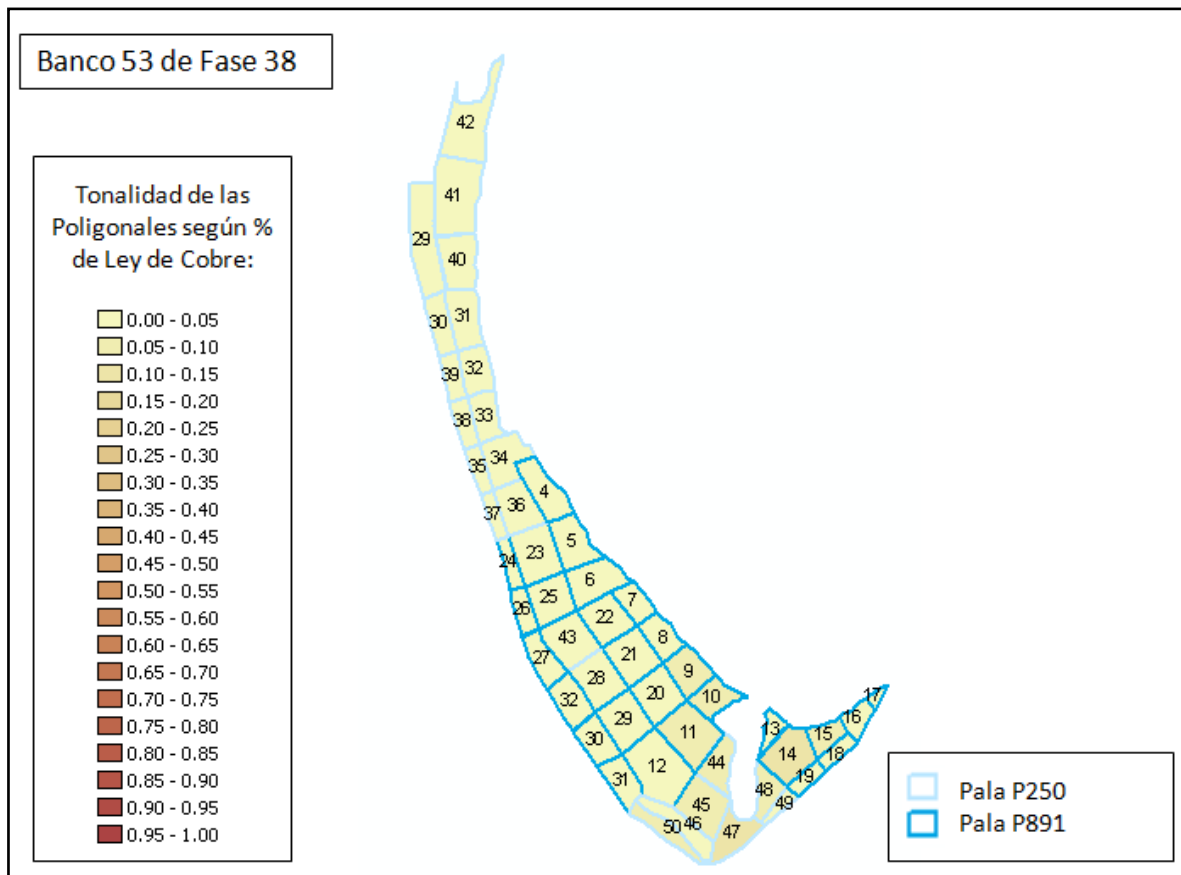
Fuente: Elaboración propia

Figura 51: Esquema del banco 52 de la fase 38.



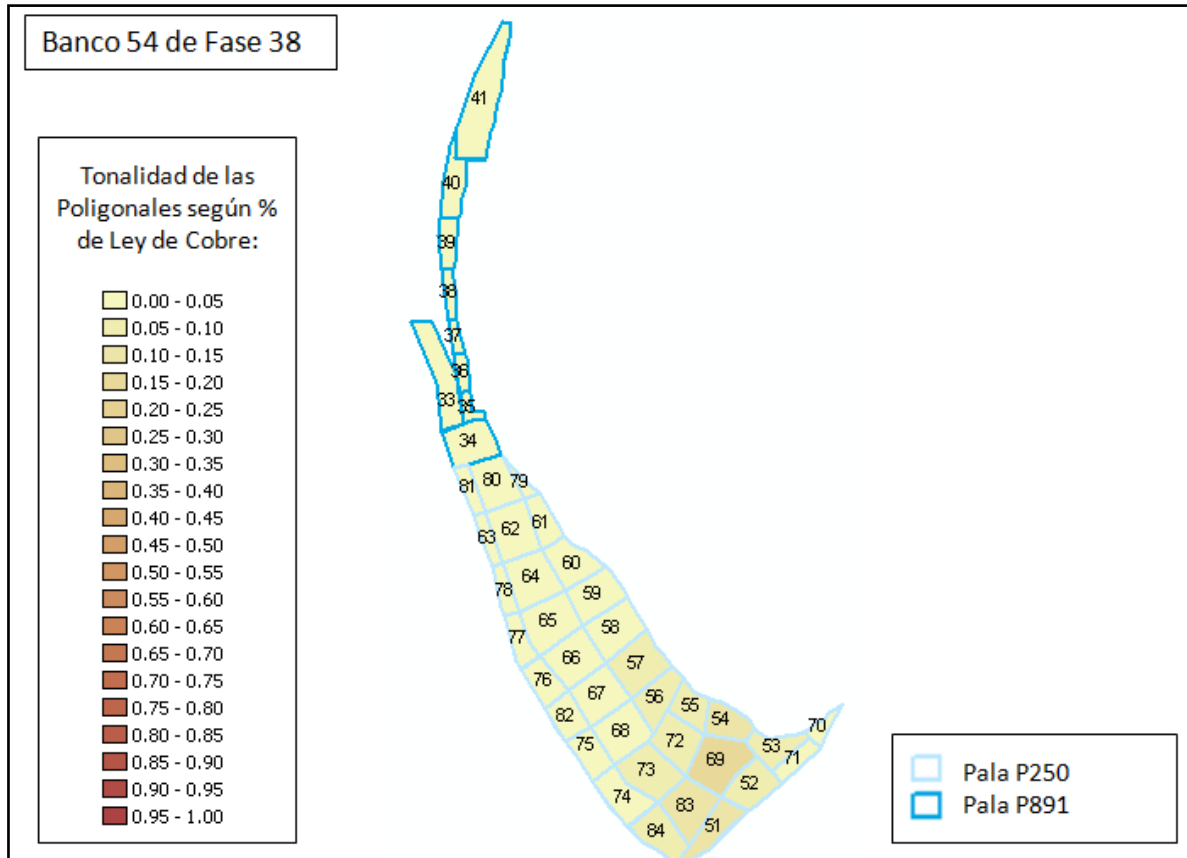
Fuente: Elaboración propia

Figura 52: Esquema del banco 53 de la fase 38.



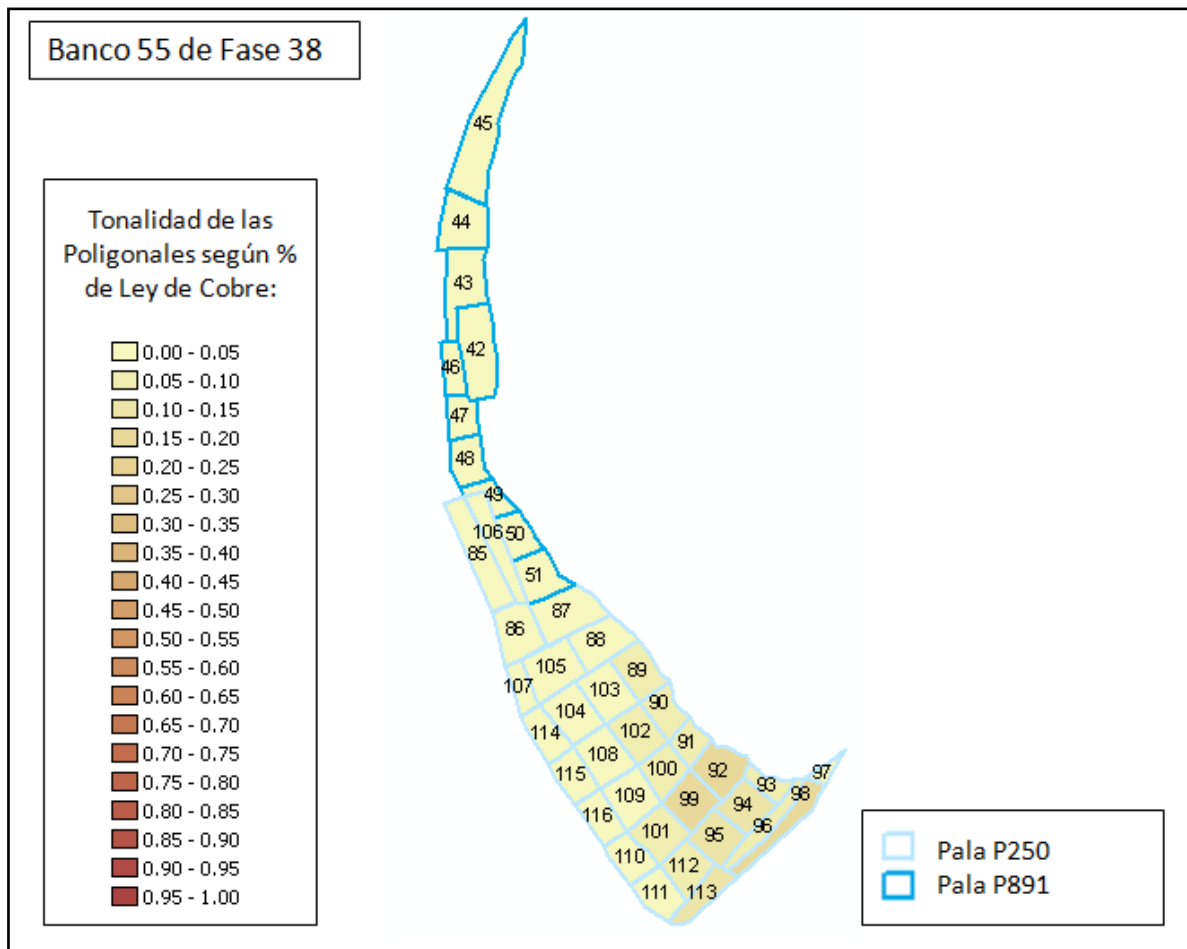
Fuente: Elaboración propia

Figura 53: Esquema del banco 54 de la fase 38.



Fuente: Elaboración propia

Figura 54: Esquema del banco 55 de la fase 38.



Fuente: Elaboración propia

Antes de realizar el análisis gráfico es importante notar que sólo se explotan por periodo simultáneamente a lo más dos bancos lo cual es una restricción muy importante que debe cumplirse. En la Tabla 17, es posible apreciar los bancos explotados periodo a periodo de la fase 38, la cual muestra que esta restricción se satisface:

Tabla 17: Bancos explotados de la fase 38.

Banco	Cota	Abril 2011	Mayo 2011	Junio 2011	Julio 2011	Agosto 2011	Septiembre 2011
51	2515	Activo	-	-	-	-	-
52	2497	Activo	Activo	-	-	-	-
53	2480	-	Activo	Activo	Activo	-	-
54	2463	-	-	-	Activo	Activo	Activo
55	2445	-	-	-	-	Activo	Activo

Fuente: Elaboración propia

Al observar gráficamente las secuencias se puede notar que las poligonales asignadas a cada pala están bien conglomeradas la mayor parte de las veces, es decir, cada equipo trabaja en zonas específicas conformadas por poligonales accesibles entre sí, evitando juntarse demasiado. Esto, debido a las restricciones de interferencia operacional entre equipos.

Es claro, también, que los bancos nunca se dividen, pues todas las poligonales son extraídas, sin dejar ninguna sin explotar.

Se observa también un intento sostenido por explotar primero las poligonales orientadas hacia el rajo, siguiendo el contorno de éste, liberando espacio para la operación de extracción. Los casos en los que esto no ocurre, debido a irregularidades en las formas del banco y de sus poligonales, pueden ser corregidos mediante el uso de la Secuencia Sugerida, entregándole al método como información de entrada, el correcto orden de extracción en estos casos particulares más difíciles.

Las poligonales con el menor número de secuencia por pala en cada banco siempre son rampas, pues sólo a través de ellas es posible acceder a un nuevo banco.

Las poligonales de control y los extremos, ubicados rodeando la pared de cada banco (costado izquierdo en la fase 38) tienden a poseer los números de secuencia mayores dentro del banco. Esto debido a que, por restricciones de seguridad y conectividad, deben ser extraídos sólo cuando el banco anterior ya fue totalmente explotado. Además, el hecho de ubicarse orientadas hacia la pared del banco hace que sean explotadas tardíamente, para evitar *canaletas* en el banco.

6.2.3 Utilización de Palas

Un índice a tomar en cuenta a la hora de revisar la calidad del plan obtenido es revisar la utilización o rendimiento de las palas, es decir, qué porcentaje del tiempo que fueron asignadas a operar en alguna fase en particular, de acuerdo a la asignación de palas definida por el planificador, estuvieron efectivamente extrayendo mineral.

Dado que es improductivo y costoso tener equipos detenidos demasiado tiempo, tener un buen rendimiento promedio de las palas en cada periodo es muy importante para la productividad del proceso.

La Tabla 18 muestra el rendimiento promedio del total de palas en operación durante el horizonte temporal de 6 meses de planificación:

Tabla 18: Rendimiento de las palas

Mina	Uso* Abril 2011 [%]	Uso Mayo 2011 [%]	Uso Junio 2011 [%]	Uso Julio 2011 [%]	Uso Agosto 2011 [%]	Uso Septiembre 2011 [%]	Uso Promedio [%]	Uso Estandar [%]
CHU	86.1	79.2	80.3	89.0	91.7	89.6	86.0	5.2

*Uso: Tiempo Operativo/Tiempo Total

Fuente: Elaboración propia

Se observa un rendimiento operacional promedio de al 86% con una desviación estándar bastante baja en torno al 5%. Esto significa que durante cada periodo, las palas estuvieron la mayor parte del tiempo extrayendo mineral,

mientras que estuvieron detenidas en promedio, sólo un 14% del tiempo. La desviación estándar tan baja indica que esta productividad se mantuvo constante a lo largo del horizonte de planificación, lo cual también es muy positivo.

6.2.4 Mezcla y Llenado de Planta

Tal como ocurre con el rendimiento de las palas, la productividad de la planta también requiere atención. Lograr que el plan de extracción genere suficiente mineral para llenar la planta periodo a periodo es fundamental para el rendimiento del proceso productivo minero.

La capacidad de la planta es de 125[KTPD] y la cantidad de mineral promedio por periodo enviado a la planta desde las fases y stock de la mina se presentan a continuación (Tabla 19):

Tabla 19: Utilización de la planta por periodo.

Mina	Uso* Abril 2011 [KTPD]	Uso Mayo 2011 [KTPD]	Uso Junio 2011 [KTPD]	Uso Julio 2011 [KTPD]	Uso Agosto 2011 [KTPD]	Uso Septiembre 2011 [KTPD]	Uso Promedio [KTPD]	Desviación Estandar [KTPD]
CHU	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	0.0

*Uso: KTPD de mineral enviadas a planta.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 20 compara el resultado obtenido para el uso de la planta con la meta impuesta por el largo plazo:

Tabla 20: Comparación de meta de uso de planta.

Uso de Planta Promedio [KTPD]	Uso de Planta Meta [KTPD]	Gap Uso de Planta [%]
125.0	125.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Los datos indican que periodo a periodo la planta es llenada a capacidad completa, sin excepciones, es por eso que la desviación estándar es 0.0 [KTPD], lo que refleja que durante todo el horizonte de evaluación de 6 meses la planta fue utilizada a totalidad.

Así como es importante mantener la planta funcionando a plena capacidad, también es fundamental que la mezcla de mineral enviada a la planta tenga la calidad necesaria, es decir, que la ley de cobre sea similar a la meta impuesta por la planificación de largo plazo. La ley promedio enviada a planta durante el horizonte de planificación se muestra en la Tabla 21 y el tonelaje de cobre fino obtenido en el período se muestra en la Tabla 22.

Tabla 21: Promedio de ley de cobre del mineral enviado por período.

Mina	Ley de Cobre Abril 2011 [%]	Ley de Cobre Mayo 2011 [%]	Ley de Cobre Junio 2011 [%]	Ley de Cobre Julio 2011 [%]	Ley de Cobre Agosto 2011 [%]	Ley de Cobre Septiembre 2011 [%]	Ley de Cobre Promedio [%]	Desviación Estandar [%]
CHU	0.924	0.793	0.806	0.766	0.663	0.709	0.777	0.090

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Tonelaje de cobre fino obtenido por periodo.

Mina	Cobre Fino Abril 2011 [KT]	Cobre Fino Mayo 2011 [KT]	Cobre Fino Junio 2011 [KT]	Cobre Fino Julio 2011 [KT]	Cobre Fino Agosto 2011 [KT]	Cobre Fino Septiembre 2011 [KT]	Cobre Fino Promedio [KT]	Desviación Estandar [KT]
CHU	34.68	30.77	30.25	29.70	25.72	26.61	29.62	3.21
Total	177.72							

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 23 compara la ley de cobre promedio del mineral enviado a planta con la meta impuesta por el largo plazo:

Tabla 23: Comparación de meta de ley de cobre.

Ley de Cobre Promedio [%]	Ley de Cobre Meta [%]	Gap Ley de Cobre [%]
0.8	0.8	3.6

Fuente: Elaboración propia

La meta de ley de cobre de largo plazo es levemente superada en un 3.6% por el plan de corto plazo, cumpliendo y superando de esta forma las expectativas previamente impuestas. La variación promedio de la ley de cobre a lo largo del horizonte de planificación es inferior al 0.1%.

Luego del cobre, el producto principal que se obtiene en el proceso productivo es el Molibdeno. Las siguientes dos tablas (Tabla 24 y 25) resumen su ley media por periodo y el tonelaje total extraído durante los 6 meses de planificación:

Tabla 24: Promedio de ley de molibdeno del mineral enviado por período.

Mina	Ley de Molib. Abril 2011 [%]	Ley de Molib. Mayo 2011 [%]	Ley de Molib. Junio 2011 [%]	Ley de Molib. Julio 2011 [%]	Ley de Molib. Agosto 2011 [%]	Ley de Molib. Septiembre 2011 [%]	Ley de Molib. Promedio [%]	Desviación Estandar [%]
CHU	0.060	0.043	0.040	0.038	0.027	0.032	0.040	0.012

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Tonelaje de molibdeno obtenido por periodo.

Mina	Molibdeno Abril 2011 [KT]	Molibdeno Mayo 2011 [KT]	Molibdeno Junio 2011 [KT]	Molibdeno Julio 2011 [KT]	Molibdeno Agosto 2011 [KT]	Molibdeno Septiembre 2011 [KT]	Molibdeno Promedio [KT]	Desviación Estandar [KT]
CHU	2.26	1.66	1.50	1.46	1.04	1.21	1.52	0.43
Total	9.13							

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la emisión de contaminantes (Tabla 26 y Tabla 27)), el nivel de Arsénico producidos en los procesos de planta es el siguiente:

Tabla 26: Promedio de ley de arsénico del mineral enviado por período.

Mina	Ley de Arsén. Abril 2011 [%]	Ley de Arsén. Mayo 2011 [%]	Ley de Arsén. Junio 2011 [%]	Ley de Arsén. Julio 2011 [%]	Ley de Arsén. Agosto 2011 [%]	Ley de Arsén. Septiembre 2011 [%]	Ley de Arsén. Promedio [%]	Desviación Estandar [%]
CHU	0.023	0.013	0.013	0.013	0.009	0.010	0.014	0.005

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Tonelaje de arsénico obtenido por periodo.

Mina	Arsénico Abril 2011 [T]	Arsénico Mayo 2011 [T]	Arsénico Junio 2011 [T]	Arsénico Julio 2011 [T]	Arsénico Agosto 2011 [T]	Arsénico Septiembre 2011 [T]	Arsénico Promedio [T]	Desviación Estandar [T]
CHU	927	637	620	680	503	540	651,043	150
Total	3,906							

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla (Tabla 28) compara el nivel de arsénico (contaminante) enviado a planta con el límite máximo permitido de emisiones al medio ambiente,

el cual es de 16000 [T/Año]. Dado que se analiza un semestre de producción, se considera un límite de 8000 [T/Semestre]:

Tabla 28: Comparación de emisión de contaminantes con límite máximo.

Arsénico Total Emitido [T]	Arsénico Máximo Permitido [T/Semestre]	Porcentaje de Arsénico ya Emitido* [%]
3906.0	8000.0	48.8

*Con respecto al límite máximo permitido.

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el nivel de contaminantes generado por el plan actual, no alcanza el 50% del límite máximo permitido para un semestre productivo, por lo que la meta ambiental se cumple con gran holgura.

6.3 TIEMPOS DE EJECUCIÓN

Un objetivo importante, además de la calidad del programa minero de corto plazo obtenido, es la brevedad en el tiempo de ejecución de la metodología propuesta. Un planificador debe tener la posibilidad de evaluar tantos escenarios como estime conveniente, sin perder un tiempo excesivo esperando una posible solución.

Debido a esto se cronometraron los tiempos de ejecución de 20 diferentes instancias del problema, las cuales corresponden a variaciones menores del problema real previamente descrito. Las variaciones pueden ser con respecto a la calendarización y ubicación inicial de palas, participación de fases y modificación de los parámetros de seguridad, entre otras.

El problema o instancia original que es modificado para generar los 20 diferentes escenarios posee las siguientes características (Tabla 29):

Tabla 29: Descripción de instancia original.

Elementos	Número
Minas	1
Fases	6
Bancos	26
Poligonales	331
Palas	14
Destinos de Material	14
Periodos	6

Fuente: Elaboración propia

El ordenador que se utilizó para realizar dicho experimento contaba con un procesador Intel Core i7 de 2.93 GHz, 16 GM de memoria RAM y un sistema operativo de 64 bits.

La Tabla 30 muestra el tiempo de ejecución promedio del total de instancias del problema y su desviación estándar:

Tabla 30: Tiempo promedio de ejecución de 20 instancias.

N° de Instancias	Tiempo Promedio de Ejecución [s]	Desv. Estándar de Tiempo de Ejecución [s]
20	146.10	8.69

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, el tiempo que necesita el sistema para obtener una solución factible al problema es bastante bajo, tan sólo 146.1 segundos, es decir, menos de 2 minutos y medio, con muy baja variabilidad de tiempo entre ellas.

Asumiendo que el planificador ya ha decidido cuáles serán los diferentes escenarios que resolverá con la metodología, le tomará en torno a 5 minutos realizar las modificaciones de datos pertinentes y recibir los reportes correspondientes a cada instancia. Tomando esto en consideración, el transcurso de una hora el usuario podría llegar a realizar entre 7 y 8 evaluaciones de escenarios diferentes para el problema minero.

Tener la posibilidad de evaluar muchas alternativas en poco tiempo es claramente una importante ventaja de la metodología propuesta para el desarrollo de planes mineros de corto plazo.

6.4 ÁRBOLES DE BÚSQUEDA

Como ya se mencionó anteriormente, el Método de Secuenciamiento (MS) utiliza la metodología conocida como *Backtracking*, la cual construye árboles, adicionando o eliminando nodos, a medida que va tomando decisiones operacionales. La Tabla 31 muestra información relacionada con la cantidad de nodos generados en cada fase secuenciada:

Tabla 31: Nodos generados en cada fase secuenciada.

Mina	Fase	N° de Nodos Factibles	N° de Nodos Eliminados	N° de Nodos Generados
CHU	38	273	75	348
CHU	41	117	42	159
CHU	42E	128	0	128
CHU	42O	112	121	233
CHU	46	75	0	75
CHU	49O	112	0	112
Media	-	136.2	39.7	175.8
Desv. Estándar	-	69.4	50.2	99.7

Fuente: Elaboración propia

Las fases con mayor cantidad de nodos generados y eliminados corresponden a la 38 y a la 42O, las cuales poseen un mayor número de poligonales y de equipos operativos que las demás, lo cual genera una mayor cantidad de combinaciones o estados posibles, tanto factibles como infactibles. Fases como la 46 y la 49O no tienen nodos eliminados, lo cual se explica porque poseen tan sólo una pala activa operando durante el horizonte de planificación, por lo cual no incurren en interferencias operacionales ni infactibilidades.

Para la poda del árbol se utilizan las técnicas de *Backtracking* (eliminar un nodo) y *Backjumping* (eliminar varios nodos consecutivos). El número de veces que cada una de estas técnicas fue utilizada en las fases secuenciadas se muestra a continuación en la Tabla 32:

Tabla 32: Backtracking y Backjumping en las fases secuenciadas.

Mina	Fase	Nº de Aplicaciones de Backtracking	Nº de Nodos Eliminados por Backtracking	Nº de Aplicaciones de Backjumping	Nº de Nodos Eliminados por Backjumping
CHU	38	26	26	6	49
CHU	41	34	34	1	8
CHU	42E	0	0	0	0
CHU	42O	67	67	9	54
CHU	46	0	0	0	0
CHU	49O	0	0	0	0
Media	-	21.2	21.2	2.7	18.5
Desv. Estándar	-	27.0	27.0	3.9	25.8

Fuente: Elaboración propia

La fase con mayor número de infactibilidades es la 42O. En ella se aplica el Backtracking y Backjumping en más oportunidades que en cualquiera de las demás fases secuenciadas. Esto puede deberse tanto a la mayor cantidad de equipos participando en ella (4 palas), a la cantidad de poligonales de la fase 42O y a su forma geométrica, larga y delgada, lo que hace que las palas tengan menos piso para desplazarse y tiendan a interferirse unas a otras mientras trabajan.

Cada fase en operación posee un árbol propio y cada árbol fue construido mediante la aplicación de 6 posibles acciones diferentes. Estas acciones generan los nodos que construyen al árbol de búsqueda. A continuación, en la Tabla 33, se presenta el total de acciones utilizadas, clasificadas según su tipo:

Tabla 33: Acciones generadoras de nodos

Mina	Fase	Reactivar	Aumentar	Bajar	Avanzar	Detener	Disminuir	Total
CHU	38	6	0	8	251	7	0	272
CHU	41	11	2	0	88	13	2	116
CHU	42E	1	0	5	119	1	1	127
CHU	42O	4	2	3	97	4	1	111
CHU	46	0	1	3	69	0	1	74
CHU	49O	0	1	4	105	0	1	111
Media	-	3.7	1.0	3.8	121.5	4.2	1.0	135.2
Desv. Estándar	-	4.3	0.9	2.6	65.6	5.1	0.6	69.4

Fuente: Elaboración propia

Lógicamente, la acción más utilizada es la de Avanzar, la cual corresponde al proceso de extracción de las poligonales. A mayor número de poligonales y mayor número de palas operando, esta acción se utilizará en un mayor número de oportunidades. Es bueno destacar que las palas se detienen en promedio en tan sólo 4.2 oportunidades, lo cual es bastante bajo. Esto explica el alto rendimiento observado en la utilización de las palas.

Las acciones de Aumentar y Disminuir coinciden en número de aplicaciones con la asignación de equipos entregada para cada fase por el planificador.

Es interesante notar también que la acción Bajar nunca se aplica en la fase 41, no porque las 4 palas que operan en ella durante los 6 meses de horizonte de planificación nunca bajen, sino porque son detenidas y luego reactivadas en poligonales de bancos inferiores. Esto se ve reflejado en el mayor número de aplicaciones de la acción Reactivar que dicha fase ostenta. El hecho de que se

hayan detenido equipos en esta fase en 13 ocasiones, la mayor utilización de dicha acción al compararla con las demás expansiones, da a entender que hubo bastante interferencia entre los equipos trabajando en ella. Lo más probable es que la causa de este fenómeno se explique debido al menor tamaño y extensión geográfica de la fase 41.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES

7.1 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El problema de programación minera de corto plazo es de gran complejidad. La integración de procesos de mina y de planta en un mismo plan, el elevado nivel de detalle necesario, tanto productivo como operacional, y las metas productivas impuestas por la planificación de largo plazo influyen en incrementar dicha dificultad.

El objetivo principal del presente trabajo de tesis consistía en desarrollar e implementar una metodología de resolución automatizable para el problema de la programación de corto plazo de las operaciones de minería a cielo abierto para las etapas de Mina y Planta en forma integrada. Para llevarlo a cabo se desarrolló un método combinado que utilizó la metodología de *Backtracking* implementado en lenguaje computacional orientado a objetos para la etapa de Mina y Programación Lineal para la etapa de Planta.

La metodología implementada se hace cargo de una serie de restricciones operacionales que están presentes en los procesos involucrados, tanto de extracción en la mina como en los procesos de transporte de mineral y plantinos que le siguen.

La información de entrada que la metodología recibe se diseñó de manera tal que sea simple y fácil para el usuario, el planificador minero, realizar modificaciones y agregar criterios, metas y restricciones sugeridas al modelo. La metodología es lo suficientemente flexible para que el usuario intervenga en el desarrollo del plan minero tanto como él lo estime conveniente.

Para comprobar el desempeño de la metodología propuesta, se utilizó para resolver un problema real de programación minera de corto plazo. El problema consistía en generar un plan productivo para 6 fases de la mina Chuquicamata para el semestre comprendido entre los meses de Abril y Septiembre de 2011.

Los resultados obtenidos mostraron que la metodología fue capaz de generar un plan que satisface las restricciones involucradas en el proceso de extracción minera, entregando secuencias factibles de poligonales a extraer para cada pala asignada al proceso productivo.

El plan obtenido también fue capaz cumplir con las metas de leyes, ritmos y tonelajes propuestas por la planificación de largo plazo con una muy baja desviación. Además, se respetaron los límites de contaminantes impuestos por las leyes medioambientales.

El plan probó también ser eficiente tanto en la utilización de las palas como en el llenado de la planta, al lograr utilidades cercanas al 90% en los equipos mineros y del 100% en las instalaciones plantinas.

Con respecto a los tiempos de ejecución del método, se realizó un experimento en el cual se realizaron una serie pruebas con variaciones del problema original, para establecer un tiempo promedio de resolución. El resultado fue de menos de 2 minutos y medio. Este resultado refleja lo rápido que la metodología implementada permite obtener un plan minero de corto plazo. Un tiempo de ejecución de 2 minutos le da la posibilidad al planificador de realizar hasta 8 escenarios diferentes en tan sólo una hora, lo cual es sumamente valioso para él, ya que es capaz de analizar muchísimas posibilidades de manera breve antes de elegir una estrategia definitiva para la programación de corto plazo que desea llevar a cabo.

En resumen, se cumplieron a cabalidad todos los objetivos impuestos, a saber, desarrollar una metodología automatizable para resolver el problema de programación minera de corto plazo, incluir la integración de mina y planta en la resolución del problema, permitir una interacción flexible entre la metodología y el usuario o planificador, obtener planes que cumplieran las restricciones del problema (planes factibles) y, finalmente, que los tiempos de ejecución del método fueran breves para permitirle al usuario revisar numerosos planes en poco tiempo.

El hecho de que los objetivos, principales y secundarios, de este trabajo de tesis se hayan concretado satisfactoriamente, permite mirar con buenos ojos el uso de la gestión de operaciones en la resolución de este tipo de problemas, especialmente en la industria de la minería, tanto en el presente de cómo en el futuro.

El desarrollo de tecnología y metodologías que apoyen el trabajo de los planificadores y les ayude a obtener programas productivos detallados mejores y de manera más rápida, va en pos de aumentar la competitividad y eficiencia de la industria minera. En esta línea, la metodología propuesta busca un acercamiento real entre la planificación y la producción. La operativización de los planes de largo plazo en programas detallados de corto plazo es justamente lo que se ha intentado lograr en este trabajo de tesis, con resultados satisfactorios.

Sin embargo, aún queda trabajo por hacer. La metodología actual, aunque asegura planes factibles de calidad en tiempos breves no asegura optimalidad. Trabajar en mejoras que persigan este objetivo resulta un punto clave para próximos trabajos.

Otras mejoras al método podrían considerar ajustes a los movimientos de las palas, tomando en cuenta un mayor número de detalles y consideraciones de la realidad del proceso extractivo minero, para obtener secuencias de mayor calidad sin necesidad de recurrir a las secuencias sugeridas por el usuario.

Buscar mayor detalle en los planes, es decir, pasar de soluciones mensuales a semanales e incluso diarias resulta ser un desafío interesante para trabajos futuros, pues exige mayor exactitud en las soluciones y menor variabilidad en las mismas. Planes más detallados implica hacerse cargo de un mayor número de consideraciones, a saber, más tipos de equipos mineros diferentes, insumos, mano de obra, procesos y productos. Lo cual implica mayor dificultad en la resolución del problema. Sin embargo, acercar aún más la planificación a la operación es un objetivo muy valioso para seguir mejorando en la eficiencia y competitividad de la industria minera.

El continuo trabajo en la búsqueda de la utilización eficiente de recursos, la mejora en la competitividad de las industrias y la disminución de la brecha entre la planificación y la operación son objetivos loables que la ingeniería y, especialmente, la gestión e investigación de operaciones han hecho suyos y continuarán persiguiéndolos en el futuro, tal como hasta ahora.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Short Term Mine Planning Process in Perspective*. **News, Engineering**. 2007. 4.
2. **CASTRO, FELIPE**. *Desarrollo de un Método de Solución de un Problema de Programación Entera Mixta para la Planificación de Largo Plazo en Minería a Cielo Abierto*. Santiago de Chile : s.n., 2010. 5.
3. **GOIC FIGUEROA, MARCEL GUSTAVO**. *Formulación e Implementación de un Modelo de Programación Matemática para la Planificación fr Largo Plazo en Minería a Cielo Abierto*. 2003. 6.
4. **MORALES, NELSON**. *Plaanificación Minera de Corto Plazo para Cielo Abierto*. 2011. 7.
5. *Super Shovel Catalog, PC5500*. **Komatsu**. 2010. 8.
6. **HERNÁNDEZ BERMEJO, VICTOR and SEPÚLVEDA BLANCO, DIEGO** .*Diseño y Análisis de Algoritmos Vuelta Atrás*. s.l. : Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática,URJC. 1.
7. **VECINO DE CASASA,CARLOS,MELÓN PÉREZ, MIGUEL ÁNGEL and REDONDO GARCÍA, JOSÉ LUIS**.*El Esquema Algorítmico del Backtracking. Introducción a este Método de Resolución de Problemas. Estudio de Variantes Posibles y Ejemplos de Implementación*. 2.
8. **NEWMAN, ALEXANDRA, et al., et al**.*A Review of Operations Research in Mine Planning*. 3.
9. **URRUTIA, RODOLFO**.*Ingeniero Industrial, Universidad de Chile* . Santiago, Mayo 2011.
10. **CARMONA , RAÚL**.*Ingeniero en Minas, USACH*. Septiembre 2010.
11. **CODELCO**.*Memoria Anual*. 2010.

ANEXOS

ANEXO A: REPORTES DEL PROGRAMA MINERO DE CORTO PLAZO

REPORTE 1: DETALLE MENSUAL DE EXPLOTACIÓN

El reporte de detalle mensual muestra el resultado de la programación en el mayor nivel de detalle posible. Se especifican tonelajes, leyes y el promedio ponderado de otras variables de interés, tales como dureza y recuperación geológica. La información es desagregada a nivel de poligonales, y según el destino del material, es decir, a qué destino es enviado cada tonelada extraída de la poligonal a la que pertenece en cada periodo. Además, muestra la secuencia de explotación de las poligonales, es decir, el orden en que cada pala debe extraer cada poligonal asignada a ella, periodo a periodo.

El detalle mensual es complementado por un reporte gráfico para cada fase, en el que se muestra la secuencia de extracción de poligonales de cada pala en operación. Permite visualizar gráficamente la asignación de palas a poligonales y la secuencia de explotación que siguió cada pala. La información se presenta en capas. Cada capa corresponde a un banco. Las poligonales se colorean según el cobre fino que estas contienen. El color del contorno de cada poligonal indica qué pala fue la que la extrajo. Los números al interior de las poligonales indican el orden secuencial en el que la pala extrajo cada una.

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38

Mina		CHU		Destino Data														
Periodo		Varios elementos		Stocks						Concentración								
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt_	Min of Leyl_	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	kt_	Min LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	
38	P250	2515	001_CHU385148	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	
			002_CHU385149	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		Total 2515		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		2497	003_CHU385280	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			004_CHU385202	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			005_CHU385211	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	212	0.589%	0.598%	0.010%	0.003%	1.09	83.479%		
			006_CHU385212	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	5	0.589%	0.596%	0.010%	0.003%	1.09	83.503%		
			007_CHU385213	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			008_CHU385218	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	19	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%		
			009_CHU385226	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			010_CHU385229	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			011_CHU385242	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			012_CHU385243	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			013_CHU385244	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			014_CHU385245	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			015_CHU385246	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			016_CHU385247	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			017_CHU385239	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			018_CHU385250	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			019_CHU385241	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			020_CHU385240	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			021_CHU385201	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			022_CHU385206	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	11	0.598%	0.847%	0.050%	0.009%	1.20	87.430%		
			023_CHU385209	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	149	0.589%	0.684%	0.025%	0.006%	1.11	84.250%		
			024_CHU385210	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	135	0.589%	0.647%	0.011%	0.003%	1.08	82.985%		
			025_CHU385217	55	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			026_CHU385207	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	2	0.856%	0.856%	0.083%	0.016%	1.24	86.895%		
			027_CHU385205	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	176	0.598%	0.712%	0.041%	0.009%	1.14	87.014%		
028_CHU385214	15		0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	1	0.828%	0.828%	0.037%	0.007%	1.11	87.277%			
Total 2497		70	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	709	0.589%	0.658%	0.021%	0.005%	1.11	84.501%			

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina		CHU												
Periodo		Varios elementos												
Destino Data														
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total LeyCu	Total LeyMo	Total LeyPb	Total _Cat_	Total RecG	
kt_	Min of LeyC	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG								
456	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	456	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
557	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	557	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
1,013	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,013	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
230	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	230	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
197	0.082%	0.097%	0.008%	0.008%	1.25	15.437%	197	0.082%	0.097%	0.008%	0.008%	1.25	15.437%	
45	0.212%	0.397%	0.006%	0.004%	1.18	78.045%	257	0.212%	0.563%	0.009%	0.003%	1.11	82.519%	
106	0.212%	0.310%	0.007%	0.005%	1.36	57.737%	111	0.212%	0.323%	0.007%	0.005%	1.35	58.915%	
22	0.082%	0.287%	0.007%	0.005%	1.18	55.517%	22	0.082%	0.287%	0.007%	0.005%	1.18	55.517%	
50	0.212%	0.338%	0.006%	0.005%	1.30	64.227%	69	0.212%	0.407%	0.007%	0.004%	1.25	69.557%	
135	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	135	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
165	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	165	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
183	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	183	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
72	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	72	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
83	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	83	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
80	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	80	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
93	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	93	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
90	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	90	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
59	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	59	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
330	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	330	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
107	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	107	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
134	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	134	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
166	0.021%	0.042%	0.001%	0.002%	0.30	25.257%	166	0.021%	0.042%	0.001%	0.002%	0.30	25.257%	
86	0.212%	0.283%	0.007%	0.006%	1.42	51.427%	97	0.212%	0.344%	0.012%	0.006%	1.39	55.363%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	149	0.589%	0.684%	0.025%	0.006%	1.11	84.250%	
48	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	183	0.409%	0.584%	0.009%	0.003%	1.10	82.375%	
10	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	65	0.409%	0.561%	0.009%	0.003%	1.10	83.138%	
76	0.212%	0.406%	0.006%	0.004%	1.16	80.090%	78	0.212%	0.417%	0.008%	0.004%	1.16	80.244%	
130	0.212%	0.240%	0.007%	0.006%	1.51	41.570%	306	0.212%	0.511%	0.026%	0.008%	1.30	67.681%	
37	0.212%	0.219%	0.008%	0.007%	1.55	36.735%	53	0.212%	0.339%	0.009%	0.006%	1.41	51.233%	
2,734	0.000%	0.080%	0.002%	0.002%	0.41	15.996%	3,513	0.000%	0.207%	0.006%	0.003%	0.56	31.163%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos															
				Destino Data													
				Stocks						Concentración							
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt_	Min of LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	kt_	Min LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_
		2480	029_CHU385385	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			030_CHU385347	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			031_CHU385333	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			032_CHU385332	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			033_CHU385331	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			034_CHU385330	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			035_CHU385344	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			036_CHU385329	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			037_CHU385343	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			038_CHU385345	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			039_CHU385346	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			040_CHU385334	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			041_CHU385335	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			042_CHU385336	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			043_CHU385322	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			044_CHU385311	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	47	0.599%	1.189%	0.076%	0.010%	1.25	88.056%	
			045_CHU385310	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	54	0.409%	0.579%	0.026%	0.006%	1.15	83.686%	
			046_CHU385381	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	50	0.589%	0.601%	0.013%	0.004%	1.10	83.734%	
			047_CHU385301	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	142	0.409%	0.839%	0.056%	0.011%	1.16	87.109%	
			048_CHU385302	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	93	0.445%	0.646%	0.021%	0.005%	1.10	85.069%	
			049_CHU385307	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	4	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	
			050_CHU385380	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	74	0.589%	0.607%	0.012%	0.003%	1.10	83.855%	
		Total 2480		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	463	0.409%	0.740%	0.036%	0.007%	1.14	85.484%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina	CHU												
Periodo	Varios elementos												
Destino Data													
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total _LeyCu_	Total _LeyMo_	Total _LeyPb_	Total _Cat_	Total _RecG_
kt	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_							
253	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	253	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
112	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	112	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
158	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	158	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
125	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	125	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
112	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	112	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
165	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	165	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
66	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	66	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
162	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	162	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
60	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	60	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
79	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	79	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
78	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	78	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
173	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	173	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
299	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	299	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
258	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	258	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
188	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	188	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
83	0.212%	0.321%	0.007%	0.005%	1.34	60.393%	130	0.212%	0.633%	0.031%	0.007%	1.31	70.322%
148	0.212%	0.277%	0.007%	0.006%	1.43	50.128%	202	0.212%	0.358%	0.012%	0.006%	1.35	59.161%
84	0.021%	0.097%	0.003%	0.003%	0.65	29.482%	134	0.021%	0.284%	0.007%	0.003%	0.82	49.694%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	142	0.409%	0.839%	0.056%	0.011%	1.16	87.109%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	93	0.445%	0.646%	0.021%	0.005%	1.10	85.069%
37	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	40	0.409%	0.425%	0.006%	0.004%	1.15	80.937%
170	0.021%	0.093%	0.003%	0.003%	0.65	28.722%	244	0.021%	0.248%	0.006%	0.003%	0.79	45.399%
2,809	0.000%	0.038%	0.001%	0.001%	0.19	8.272%	3,272	0.000%	0.137%	0.006%	0.002%	0.32	19.208%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos															
		Destino Data															
		Stocks										Concentración					
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt	Min of LeyI	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG	kt	Min LeyC	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG
		2463	051_CHU385481	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	153	0.409%	0.730%	0.059%	0.012%	1.20	86.833%
			052_CHU385401	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	162	0.409%	0.588%	0.010%	0.003%	1.10	83.560%
			053_CHU385404	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	125	0.786%	0.787%	0.014%	0.004%	1.05	81.578%
			054_CHU385406	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	132	0.856%	1.208%	0.088%	0.013%	1.28	88.002%
			055_CHU385408	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	118	0.409%	0.865%	0.046%	0.008%	1.21	86.036%
			056_CHU385411	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	155	0.409%	0.415%	0.006%	0.004%	1.15	80.727%
			057_CHU385413	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	67	0.409%	0.458%	0.007%	0.004%	1.14	81.467%
			058_CHU385415	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	4	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%
			059_CHU385417	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			060_CHU385419	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			061_CHU385421	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			062_CHU385422	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			063_CHU385440	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			064_CHU385420	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			065_CHU385418	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			066_CHU385416	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			067_CHU385414	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			068_CHU385412	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			069_CHU385405	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	249	0.409%	0.854%	0.046%	0.008%	1.14	87.019%
			070_CHU385403	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	44	0.409%	0.591%	0.009%	0.004%	1.10	82.142%
			071_CHU385402	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	72	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			072_CHU385409	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	184	0.409%	0.488%	0.011%	0.004%	1.16	81.419%
			073_CHU385410	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	15	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%
			074_CHU385434	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	43	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%
			075_CHU385435	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			076_CHU385437	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			077_CHU385438	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			078_CHU385439	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			079_CHU385423	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			080_CHU385424	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			081_CHU385441	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			082_CHU385436	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			083_CHU385407	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	163	0.409%	0.593%	0.039%	0.009%	1.16	85.774%
			084_CHU385433	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	18	0.598%	0.598%	0.035%	0.008%	1.15	86.841%
		Total 2463		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	1,704	0.409%	0.684%	0.031%	0.007%	1.15	84.267%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina		CHU												
Periodo		Varios elementos												
Destino		Data												
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total LeyCu_	Total LeyMo_	Total LeyPb_	Total _Cat_	Total RecG_	
kt_	Min of LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_								
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	153	0.409%	0.730%	0.059%	0.012%	1.20	86.833%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	162	0.409%	0.588%	0.010%	0.003%	1.10	83.560%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	125	0.786%	0.787%	0.014%	0.004%	1.05	81.578%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	132	0.856%	1.208%	0.088%	0.013%	1.28	88.002%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	118	0.409%	0.865%	0.046%	0.008%	1.21	86.036%	
1	0.206%	0.206%	0.001%	0.004%	0.86	84.870%	156	0.206%	0.413%	0.006%	0.004%	1.15	80.761%	
161	0.082%	0.143%	0.008%	0.007%	1.38	23.292%	227	0.082%	0.235%	0.007%	0.006%	1.31	40.386%	
186	0.000%	0.002%	0.000%	0.000%	0.01	0.527%	190	0.000%	0.010%	0.000%	0.000%	0.04	2.168%	
176	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	176	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
157	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	157	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
95	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	95	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
196	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	196	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
57	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	57	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
202	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	202	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
204	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	204	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
192	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	192	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
187	0.021%	0.023%	0.000%	0.001%	0.17	24.203%	187	0.021%	0.023%	0.000%	0.001%	0.17	24.203%	
200	0.021%	0.085%	0.003%	0.003%	0.63	27.754%	200	0.021%	0.085%	0.003%	0.003%	0.63	27.754%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	249	0.409%	0.854%	0.046%	0.008%	1.14	87.019%	
4	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	48	0.212%	0.558%	0.009%	0.004%	1.14	78.129%	
0	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	72	0.212%	0.588%	0.009%	0.003%	1.10	83.466%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	184	0.409%	0.488%	0.011%	0.004%	1.16	81.419%	
204	0.021%	0.199%	0.007%	0.007%	1.47	34.284%	219	0.021%	0.213%	0.007%	0.006%	1.45	37.382%	
121	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	165	0.021%	0.123%	0.002%	0.002%	0.42	39.005%	
118	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	118	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	
110	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	110	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
89	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	89	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
66	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	66	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
30	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	30	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
170	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	170	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
62	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	62	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
108	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	108	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
58	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	220	0.409%	0.545%	0.031%	0.007%	1.16	84.444%	
156	0.206%	0.266%	0.006%	0.005%	1.30	58.348%	174	0.206%	0.301%	0.009%	0.006%	1.29	61.293%	
3,309	0.000%	0.047%	0.001%	0.001%	0.30	12.411%	5,013	0.000%	0.264%	0.011%	0.003%	0.59	36.837%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina		CHU		Destino Data													
Periodo		Varios elementos		Stocks						Concentración							
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt	Min of Leyt	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG	kt	Min LeyC	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG
		2445	085_CHU385582	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			086_CHU385541	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			087_CHU385520	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			088_CHU385518	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	3	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%
			089_CHU385515	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	117	0.409%	0.431%	0.007%	0.004%	1.15	81.022%
			090_CHU385512	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	134	0.409%	0.704%	0.018%	0.004%	1.15	83.870%
			091_CHU385509	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	105	0.409%	0.689%	0.065%	0.011%	1.24	85.969%
			092_CHU385506	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	179	0.458%	1.147%	0.087%	0.013%	1.27	87.767%
			093_CHU385502	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	17	0.589%	0.808%	0.035%	0.007%	1.11	86.964%
		Total 2445		0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	555	0.409%	0.788%	0.047%	0.008%	1.21	85.004%
		Total P250		70	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	3,431	0.409%	0.703%	0.032%	0.007%	1.15	84.599%
	P891	2497	001_CHU385219	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			002_CHU385203	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	67	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%
			003_CHU385204	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	24	0.589%	0.746%	0.023%	0.004%	1.13	84.476%
		Total 2497		0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	91	0.409%	0.499%	0.010%	0.004%	1.15	81.695%
		2480	004_CHU385382	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			005_CHU385328	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			006_CHU385326	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			007_CHU385324	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			008_CHU385321	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	6	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%
			009_CHU385318	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	39	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			010_CHU385315	66	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	27	1.561%	1.561%	0.093%	0.010%	1.32	89.112%
			011_CHU385314	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	27	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			012_CHU385313	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			013_CHU385312	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	54	0.828%	0.846%	0.067%	0.013%	1.20	87.026%
			014_CHU385303	59	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	62	0.589%	0.592%	0.010%	0.003%	1.10	83.637%
			015_CHU385304	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	52	0.589%	0.721%	0.012%	0.004%	1.07	82.065%
			016_CHU385305	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	10	0.786%	0.786%	0.013%	0.004%	1.05	81.315%
			017_CHU385306	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			018_CHU385309	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	26	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			019_CHU385308	25	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			020_CHU385317	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			021_CHU385320	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			022_CHU385323	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			023_CHU385327	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			024_CHU385342	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			025_CHU385325	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			026_CHU385341	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			027_CHU385340	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			028_CHU385319	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			029_CHU385316	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			030_CHU385338	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			031_CHU385337	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			032_CHU385339	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		Total 2480		150	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	303	0.409%	0.747%	0.028%	0.006%	1.13	84.313%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina		CHU													
Periodo		Varios elementos													
Destino Data															
Botaderos								Total _kt_	Total Min of LeyC	Total LeyCu	Total LeyMo	Total LeyPb	Total _Cat_	Total RecG	
_kt	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_									
233	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	233	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
185	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	185	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
230	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	230	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
189	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	192	0.021%	0.027%	0.000%	0.001%	0.17	24.903%		
50	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	167	0.212%	0.365%	0.007%	0.005%	1.27	67.268%		
0	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	134	0.212%	0.703%	0.018%	0.004%	1.16	83.798%		
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	105	0.409%	0.689%	0.065%	0.011%	1.24	85.969%		
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	179	0.458%	1.147%	0.087%	0.013%	1.27	87.767%		
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	17	0.589%	0.808%	0.035%	0.007%	1.11	86.964%		
887	0.000%	0.017%	0.001%	0.001%	0.12	7.282%	1,442	0.000%	0.313%	0.019%	0.004%	0.54	37.181%		
10,753	0.000%	0.046%	0.001%	0.001%	0.26	10.669%	14,254	0.000%	0.207%	0.009%	0.003%	0.48	28.822%		
95	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	95	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%		
214	0.021%	0.213%	0.005%	0.005%	1.14	43.117%	281	0.021%	0.260%	0.006%	0.005%	1.14	52.016%		
121	0.206%	0.397%	0.006%	0.004%	1.14	80.917%	145	0.206%	0.456%	0.008%	0.004%	1.14	81.513%		
430	0.021%	0.223%	0.004%	0.004%	0.92	49.543%	521	0.021%	0.271%	0.005%	0.004%	0.96	55.152%		
154	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	154	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
159	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	159	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
171	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	171	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
92	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	92	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
110	0.082%	0.155%	0.007%	0.007%	1.20	28.167%	116	0.082%	0.168%	0.007%	0.007%	1.20	30.725%		
110	0.212%	0.303%	0.007%	0.005%	1.38	56.085%	149	0.212%	0.378%	0.007%	0.005%	1.30	63.318%		
25	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	118	0.409%	0.772%	0.028%	0.005%	1.16	84.226%		
217	0.212%	0.341%	0.006%	0.005%	1.30	65.032%	243	0.212%	0.369%	0.007%	0.005%	1.27	67.078%		
299	0.021%	0.120%	0.004%	0.004%	0.89	29.780%	299	0.021%	0.120%	0.004%	0.004%	0.89	29.780%		
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	54	0.828%	0.846%	0.067%	0.013%	1.20	87.026%		
73	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	194	0.409%	0.522%	0.008%	0.003%	1.12	82.506%		
32	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	84	0.409%	0.602%	0.009%	0.004%	1.10	81.536%		
61	0.212%	0.396%	0.006%	0.004%	1.18	77.612%	71	0.212%	0.451%	0.007%	0.004%	1.16	78.139%		
20	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	20	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%		
33	0.212%	0.360%	0.006%	0.004%	1.26	69.331%	59	0.212%	0.462%	0.008%	0.004%	1.18	75.692%		
30	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	56	0.409%	0.491%	0.007%	0.003%	1.13	81.997%		
182	0.021%	0.175%	0.004%	0.004%	0.92	39.757%	182	0.021%	0.175%	0.004%	0.004%	0.92	39.757%		
174	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	174	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%		
157	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	157	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
193	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	193	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
64	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	64	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
157	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	157	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
73	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	73	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
113	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	113	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
179	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	179	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
179	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	179	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%		
120	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	120	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
120	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%	120	0.021%	0.021%	0.000%	0.001%	0.15	24.095%		
131	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	131	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%		
3,426	0.000%	0.091%	0.002%	0.002%	0.41	21.255%	3,880	0.000%	0.162%	0.004%	0.002%	0.49	28.603%		

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos															
				Destino Data													
				Stocks						Concentración							
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt_	Min of LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	kt_	Min LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_
		2463	033_CHU385482	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			034_CHU385425	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			035_CHU385426	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			036_CHU385427	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			037_CHU385428	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			038_CHU385429	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			039_CHU385430	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			040_CHU385431	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			041_CHU385432	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		Total 2463		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		2445	042_CHU385584	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			043_CHU385530	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			044_CHU385532	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			045_CHU385533	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			046_CHU385529	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			047_CHU385528	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		Total 2445		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		Total P891		150	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	394	0.409%	0.690%	0.024%	0.005%	1.13	83.710%
Total 38				220	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	3,825	0.409%	0.702%	0.031%	0.007%	1.15	84.507%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 38 (continuación)

Mina	CHU													
Periodo	Varios elementos													
Destino Data														
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total _LeyCu_	Total _LeyMo_	Total _LeyPb_	Total _Cat_	Total _RecG_	
kt	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_								
220	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	220	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
168	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	168	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
40	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	40	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
42	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	42	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
30	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	30	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
49	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	49	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
76	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	76	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
125	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	125	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
334	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	334	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
1,084	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,084	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
265	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	265	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
222	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	222	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
212	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	212	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
416	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	416	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
93	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	93	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
28	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	28	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
1,236	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,236	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
6,176	0.000%	0.066%	0.001%	0.001%	0.29	15.322%	6,721	0.000%	0.114%	0.003%	0.002%	0.36	20.862%	
16,929	0.000%	0.053%	0.001%	0.001%	0.27	12.367%	20,974	0.000%	0.177%	0.007%	0.002%	0.44	26.272%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 41

Mina		CHU																	
Periodo		Varios elementos																	
		Destino Data																	
		Stocks								Concentración									
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt_	Min of Leyl_	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	kt_	Min LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_		
41	P093	2057	001_CHU417708	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	823	0.786%	1.183%	0.056%	0.008%	1.19	86.031%		
			002_CHU417765	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	239	0.786%	1.373%	0.076%	0.009%	1.26	87.938%		
		Total 2057			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	1,062	0.786%	1.226%	0.061%	0.008%	1.21	86.460%	
		2039	003_CHU417880	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	228	0.589%	0.708%	0.011%	0.004%	1.07	82.208%
			004_CHU417881	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	635	0.445%	0.861%	0.024%	0.005%	1.10	83.643%	
			005_CHU417857	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	511	0.458%	0.785%	0.081%	0.015%	1.24	86.670%	
			006_CHU417808	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	630	0.598%	0.747%	0.036%	0.008%	1.12	87.124%	
			007_CHU417809	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	275	0.786%	0.799%	0.026%	0.006%	1.09	82.393%	
			Total 2039			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	2,278	0.445%	0.790%	0.039%	0.008%	1.13	84.990%
		Total P093			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	3,341	0.445%	0.928%	0.046%	0.008%	1.16	85.457%
	P101	2093	001_CHU417503	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	427	0.458%	0.806%	0.082%	0.016%	1.24	86.700%	
			002_CHU417514	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	356	0.828%	0.853%	0.078%	0.015%	1.23	86.939%	
		Total 2093			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	783	0.458%	0.827%	0.080%	0.015%	1.23	86.809%	
		2075	003_CHU417617	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	408	0.856%	0.856%	0.083%	0.016%	1.24	86.895%	
			004_CHU417656	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	124	0.599%	0.684%	0.077%	0.014%	1.25	86.355%	
			005_CHU417655	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	218	0.458%	1.170%	0.087%	0.013%	1.27	87.869%	
			006_CHU417654	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	118	0.598%	1.346%	0.089%	0.012%	1.29	88.450%	
			007_CHU417653	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	146	0.445%	0.775%	0.072%	0.014%	1.20	86.865%	
			008_CHU417652	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	165	0.458%	0.848%	0.083%	0.016%	1.24	86.864%	
			009_CHU417651	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	128	0.598%	0.844%	0.081%	0.016%	1.24	86.893%	
Total 2075			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	1,307	0.445%	0.925%	0.082%	0.015%	1.25	87.139%			
2057		010_CHU417780	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	223	0.589%	0.794%	0.025%	0.006%	1.08	84.419%		
		011_CHU417781	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	339	0.786%	0.786%	0.013%	0.004%	1.05	81.315%		
		012_CHU417704	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	459	0.598%	0.748%	0.030%	0.007%	1.11	83.982%		
		013_CHU417706	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	460	0.598%	0.773%	0.037%	0.008%	1.12	87.174%		
	014_CHU417762	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	176	0.589%	0.799%	0.048%	0.009%	1.15	86.571%			
	015_CHU417764	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	290	0.598%	0.790%	0.042%	0.009%	1.13	87.155%			
Total 2057			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	1,947	0.589%	0.777%	0.031%	0.007%	1.10	85.028%			
Total P101			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	4,038	0.445%	0.835%	0.057%	0.011%	1.18	86.057%		

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 41 (continuación)

Mina	CHU													
Periodo	Varios elementos													
Destino Data														
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total _LeyCu_	Total _LeyMo_	Total _LeyPb_	Total _Cat_	Total _RecG_	
kt_	Min of LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_								
20	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	843	0.409%	1.165%	0.055%	0.008%	1.19	85.907%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	239	0.786%	1.373%	0.076%	0.009%	1.26	87.938%	
20	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	1,082	0.409%	1.211%	0.060%	0.008%	1.21	86.355%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	228	0.589%	0.708%	0.011%	0.004%	1.07	82.208%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	635	0.445%	0.861%	0.024%	0.005%	1.10	83.643%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	511	0.458%	0.785%	0.081%	0.015%	1.24	86.670%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	630	0.598%	0.747%	0.036%	0.008%	1.12	87.124%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	275	0.786%	0.799%	0.026%	0.006%	1.09	82.393%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	2,278	0.445%	0.790%	0.039%	0.008%	1.13	84.990%	
20	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	3,360	0.409%	0.925%	0.046%	0.008%	1.16	85.429%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	427	0.458%	0.806%	0.082%	0.016%	1.24	86.700%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	356	0.828%	0.853%	0.078%	0.015%	1.23	86.939%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	783	0.458%	0.827%	0.080%	0.015%	1.23	86.809%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	408	0.856%	0.856%	0.083%	0.016%	1.24	86.895%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	124	0.599%	0.684%	0.077%	0.014%	1.25	86.355%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	218	0.458%	1.170%	0.087%	0.013%	1.27	87.869%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	118	0.598%	1.346%	0.089%	0.012%	1.29	88.450%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	146	0.445%	0.775%	0.072%	0.014%	1.20	86.865%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	165	0.458%	0.848%	0.083%	0.016%	1.24	86.864%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	128	0.598%	0.844%	0.081%	0.016%	1.24	86.893%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,307	0.445%	0.925%	0.082%	0.015%	1.25	87.139%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	223	0.589%	0.794%	0.025%	0.006%	1.08	84.419%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	339	0.786%	0.786%	0.013%	0.004%	1.05	81.315%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	459	0.598%	0.748%	0.030%	0.007%	1.11	83.982%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	460	0.598%	0.773%	0.037%	0.008%	1.12	87.174%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	176	0.589%	0.799%	0.048%	0.009%	1.15	86.571%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	290	0.598%	0.790%	0.042%	0.009%	1.13	87.155%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,947	0.589%	0.777%	0.031%	0.007%	1.10	85.028%	
0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	4,038	0.445%	0.835%	0.057%	0.011%	1.18	86.057%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 41 (continuación)

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos															
					Destino Data												
					Stocks					Concentración							
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt_	Min of LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	kt_	Min LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_
	P890	2075	001_CHU417609	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	441	1.561%	1.561%	0.093%	0.010%	1.32	89.112%	
			002_CHU417604	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	556	0.786%	0.796%	0.019%	0.005%	1.06	82.809%	
			003_CHU417606	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	422	0.828%	0.846%	0.068%	0.013%	1.20	87.025%	
			004_CHU417607	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	326	0.458%	0.735%	0.075%	0.014%	1.22	86.539%	
			Total 2075	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,745	0.458%	0.990%	0.060%	0.010%	1.19	86.119%	
	Total P890				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,745	0.458%	0.990%	0.060%	0.010%	1.19	86.119%
	P893	2075	001_CHU417681	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			002_CHU417680	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	87	0.786%	0.814%	0.029%	0.006%	1.09	85.259%	
			003_CHU417610	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	48	1.561%	1.561%	0.093%	0.010%	1.32	89.112%	
			004_CHU417660	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	88	1.561%	1.561%	0.093%	0.010%	1.32	89.112%	
			005_CHU417608	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	111	0.828%	1.513%	0.089%	0.010%	1.30	88.992%	
			006_CHU417616	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	360	0.458%	0.809%	0.078%	0.015%	1.23	86.804%	
			007_CHU417605	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	547	0.589%	0.739%	0.012%	0.004%	1.06	81.848%	
		Total 2075	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,241	0.458%	0.924%	0.048%	0.009%	1.16	84.959%		
		2057	008_CHU417701	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	314	0.598%	0.784%	0.023%	0.006%	1.08	83.833%	
009_CHU417703			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	358	0.599%	0.811%	0.082%	0.015%	1.24	86.753%		
010_CHU417751			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	122	0.458%	0.666%	0.078%	0.014%	1.23	86.221%		
011_CHU417752			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	264	0.458%	0.766%	0.080%	0.015%	1.24	86.607%		
012_CHU417753			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	247	0.458%	0.664%	0.078%	0.014%	1.24	86.253%		
013_CHU417702	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	246	0.458%	0.849%	0.083%	0.016%	1.24	86.849%			
Total 2057	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,550	0.458%	0.769%	0.069%	0.013%	1.21	86.031%				
2039	014_CHU417805	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	458	0.445%	0.829%	0.048%	0.009%	1.14	87.178%			
	015_CHU417807	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	373	0.598%	0.749%	0.037%	0.008%	1.12	87.127%			
Total 2039	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	831	0.445%	0.793%	0.043%	0.009%	1.13	87.155%				
Total P893				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	3,622	0.445%	0.827%	0.056%	0.011%	1.17	85.922%	
Total 41				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	12,745	0.445%	0.878%	0.054%	0.010%	1.17	85.870%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 41 (continuación)

Mina	CHU												
Periodo	Varios elementos												
Destino Data													
Botaderos							Total_kt_	Total Min of LeyC	Total _LeyCu_	Total _LeyMo_	Total _LeyPb_	Total_Cat_	Total _RecG_
kt_	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_							
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	441	1.561%	1.561%	0.093%	0.010%	1.32	89.112%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	556	0.786%	0.796%	0.019%	0.005%	1.06	82.809%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	422	0.828%	0.846%	0.068%	0.013%	1.20	87.025%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	326	0.458%	0.735%	0.075%	0.014%	1.22	86.539%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,745	0.458%	0.990%	0.060%	0.010%	1.19	86.119%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,745	0.458%	0.990%	0.060%	0.010%	1.19	86.119%
0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	87	0.786%	0.814%	0.029%	0.006%	1.09	85.259%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	48	1.561%	1.561%	0.093%	0.010%	1.32	89.112%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	88	1.561%	1.561%	0.093%	0.010%	1.32	89.112%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	111	0.828%	1.513%	0.089%	0.010%	1.30	88.992%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	360	0.458%	0.809%	0.078%	0.015%	1.23	86.804%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	547	0.589%	0.739%	0.012%	0.004%	1.06	81.848%
0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,241	0.000%	0.924%	0.048%	0.009%	1.16	84.959%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	314	0.598%	0.784%	0.023%	0.006%	1.08	83.833%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	358	0.599%	0.811%	0.082%	0.015%	1.24	86.753%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	122	0.458%	0.666%	0.078%	0.014%	1.23	86.221%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	264	0.458%	0.766%	0.080%	0.015%	1.24	86.607%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	247	0.458%	0.664%	0.078%	0.014%	1.24	86.253%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	246	0.458%	0.849%	0.083%	0.016%	1.24	86.849%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,550	0.458%	0.769%	0.069%	0.013%	1.21	86.031%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	458	0.445%	0.829%	0.048%	0.009%	1.14	87.178%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	373	0.598%	0.749%	0.037%	0.008%	1.12	87.127%
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	831	0.445%	0.793%	0.043%	0.009%	1.13	87.155%
0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	3,622	0.000%	0.827%	0.056%	0.011%	1.17	85.922%
20	0.000%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	12,764	0.000%	0.878%	0.054%	0.010%	1.17	85.862%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 42E

Mina		CHU																	
Periodo		Varios elementos																	
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	Destino Data					Concentración										
				Stocks															
				kt	Min of Leyl	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_	_kt_	Min LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_		
42E	P200	2653	001_CHU42E4380	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
		Total 2653			0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
		2636	002_CHU42E4480	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			003_CHU42E4401	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	74	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			004_CHU42E4406	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			005_CHU42E4407	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	12	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			Total 2636			0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	86	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
		2619	006_CHU42E4580	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	89	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			007_CHU42E4501	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	3	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			008_CHU42E4503	230	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	24	0.786%	0.786%	0.013%	0.004%	1.05	81.315%		
			009_CHU42E4505	28	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			010_CHU42E4509	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			011_CHU42E4513	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			012_CHU42E4512	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			Total 2619			258	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	116	0.589%	0.629%	0.010%	0.003%	1.09	83.125%
		2601	013_CHU42E4680	280	0.409%	0.466%	0.007%	0.003%	1.14	81.601%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			014_CHU42E4601	132	0.409%	0.483%	0.007%	0.003%	1.13	81.871%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			015_CHU42E4603	275	0.409%	0.484%	0.007%	0.003%	1.13	81.890%	0	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%		
			016_CHU42E4602	42	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	25	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%		
			017_CHU42E4604	221	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	405	0.589%	0.598%	0.010%	0.003%	1.09	83.478%		
			018_CHU42E4605	365	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	46	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%		
			019_CHU42E4606	463	0.409%	0.461%	0.007%	0.003%	1.14	81.522%	114	0.589%	0.623%	0.010%	0.003%	1.09	83.192%		
			020_CHU42E4607	252	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	31	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%		
			021_CHU42E4608	5	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	40	0.409%	0.472%	0.007%	0.003%	1.13	81.693%		
			022_CHU42E4613	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	3	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%		
			023_CHU42E4611	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	39	0.409%	0.443%	0.007%	0.004%	1.14	81.232%		
			024_CHU42E4610	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	84	0.409%	0.483%	0.007%	0.003%	1.13	81.882%		
025_CHU42E4609	0			0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	54	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%				
026_CHU42E4681	0			0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	149	0.409%	0.442%	0.006%	0.004%	1.14	81.208%				
027_CHU42E4612	0			0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	38	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%				
Total 2601			2,035	0.409%	0.444%	0.007%	0.004%	1.14	81.238%	1,029	0.409%	0.539%	0.008%	0.003%	1.11	82.581%			

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 42E (continuación)

Mina		CHU												
Periodo		Varios elementos												
Destino Data														
Botaderos							Total_kt_	Total Min of LeyC	Total LeyCu	Total LeyMo	Total LeyPb	Total_Cat_	Total RecG	
kt_	Min of LeyC	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG								
262	0.212%	0.217%	0.008%	0.007%	1.55	36.284%	262	0.212%	0.217%	0.008%	0.007%	1.55	36.284%	
262	0.212%	0.217%	0.008%	0.007%	1.55	36.284%	262	0.212%	0.217%	0.008%	0.007%	1.55	36.284%	
256	0.212%	0.218%	0.008%	0.007%	1.55	36.480%	256	0.212%	0.218%	0.008%	0.007%	1.55	36.480%	
95	0.354%	0.398%	0.005%	0.003%	1.12	81.540%	169	0.354%	0.481%	0.007%	0.003%	1.11	82.433%	
268	0.212%	0.295%	0.007%	0.006%	1.39	54.257%	268	0.212%	0.295%	0.007%	0.006%	1.39	54.257%	
474	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	486	0.409%	0.413%	0.006%	0.004%	1.15	80.752%	
1,094	0.212%	0.335%	0.006%	0.005%	1.30	63.910%	1,180	0.212%	0.354%	0.007%	0.005%	1.29	65.345%	
304	0.212%	0.401%	0.006%	0.004%	1.17	78.936%	394	0.212%	0.444%	0.007%	0.004%	1.15	79.989%	
293	0.206%	0.315%	0.006%	0.005%	1.32	61.330%	297	0.206%	0.319%	0.006%	0.005%	1.31	61.590%	
303	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	556	0.409%	0.499%	0.008%	0.003%	1.13	81.908%	
344	0.206%	0.303%	0.007%	0.005%	1.37	56.828%	372	0.206%	0.325%	0.007%	0.005%	1.35	58.826%	
232	0.212%	0.238%	0.007%	0.007%	1.51	41.118%	232	0.212%	0.238%	0.007%	0.007%	1.51	41.118%	
233	0.212%	0.227%	0.007%	0.007%	1.53	38.549%	233	0.212%	0.227%	0.007%	0.007%	1.53	38.549%	
118	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	118	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	
1,827	0.206%	0.315%	0.007%	0.005%	1.34	59.453%	2,201	0.206%	0.364%	0.007%	0.005%	1.30	63.531%	
169	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	450	0.212%	0.370%	0.007%	0.005%	1.30	64.068%	
26	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	157	0.212%	0.439%	0.007%	0.004%	1.20	74.247%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	275	0.409%	0.484%	0.007%	0.003%	1.13	81.890%	
80	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	146	0.409%	0.439%	0.006%	0.004%	1.14	81.170%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	626	0.409%	0.531%	0.008%	0.003%	1.11	82.489%	
0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	411	0.409%	0.429%	0.006%	0.004%	1.15	81.002%	
2	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	580	0.212%	0.492%	0.007%	0.003%	1.13	81.675%	
323	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	606	0.212%	0.313%	0.007%	0.005%	1.37	56.512%	
166	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	211	0.212%	0.266%	0.007%	0.006%	1.47	44.941%	
280	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	283	0.212%	0.214%	0.008%	0.007%	1.56	35.487%	
242	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	281	0.212%	0.244%	0.007%	0.006%	1.51	41.432%	
201	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	286	0.212%	0.292%	0.008%	0.006%	1.44	48.857%	
116	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	170	0.212%	0.275%	0.007%	0.006%	1.43	49.616%	
40	0.206%	0.206%	0.001%	0.004%	0.86	84.870%	189	0.206%	0.391%	0.005%	0.004%	1.08	81.987%	
100	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	138	0.212%	0.267%	0.007%	0.006%	1.45	47.742%	
1,745	0.206%	0.221%	0.007%	0.007%	1.53	38.272%	4,809	0.206%	0.383%	0.007%	0.005%	1.28	65.936%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 42E (continuación)

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos															
				Destino Data													
				Stocks						Concentración							
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt_	Min of LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	kt_	Min LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_
		2584	028_CHU42E4780	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	241	0.589%	0.658%	0.011%	0.003%	1.08	82.784%
			029_CHU42E4711	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	181	0.589%	0.622%	0.010%	0.003%	1.09	83.197%
			030_CHU42E4701	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	538	0.409%	0.539%	0.008%	0.003%	1.11	82.581%
			031_CHU42E4702	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	339	0.409%	0.495%	0.008%	0.003%	1.13	82.020%
			032_CHU42E4703	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	334	0.409%	0.487%	0.007%	0.004%	1.13	81.571%
			033_CHU42E4704	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	109	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%
			034_CHU42E4705	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0	0.786%	0.786%	0.013%	0.004%	1.05	81.315%
			035_CHU42E4709	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			036_CHU42E4708	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	11	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			037_CHU42E4707	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	6	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			038_CHU42E4706	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	54	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%
			039_CHU42E4781	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	105	0.589%	0.694%	0.014%	0.004%	1.08	83.137%
		Total 2584		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	1,918	0.409%	0.548%	0.009%	0.003%	1.11	82.349%
		2567	040_CHU42E4880	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			041_CHU42E4811	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	274	0.589%	0.639%	0.010%	0.003%	1.08	83.007%
			042_CHU42E4804	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	151	0.589%	0.641%	0.011%	0.003%	1.08	83.072%
			043_CHU42E4805	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	260	0.589%	0.624%	0.010%	0.003%	1.09	83.183%
			044_CHU42E4806	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	14	0.589%	0.607%	0.010%	0.003%	1.09	83.371%
		Total 2567		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	699	0.589%	0.633%	0.010%	0.003%	1.09	83.094%
		Total P200		2,293	0.409%	0.460%	0.007%	0.003%	1.14	81.502%	3,848	0.409%	0.565%	0.009%	0.003%	1.11	82.597%
	P894	2653	001_CHU42E4312	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		Total 2653		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		Total P894		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
	Total 42E			2,293	0.409%	0.460%	0.007%	0.003%	1.14	81.502%	3,848	0.409%	0.565%	0.009%	0.003%	1.11	82.597%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 42E (continuación)

Mina		CHU												
Periodo		Varios elementos												
Destino Data														
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total _LeyCu_	Total _LeyMo_	Total _LeyPb_	Total _Cat_	Total _RecG_	
kt	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_								
316	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	557	0.409%	0.517%	0.008%	0.004%	1.12	81.589%	
113	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	294	0.409%	0.540%	0.008%	0.003%	1.11	82.230%	
37	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	575	0.409%	0.531%	0.008%	0.003%	1.11	82.459%	
358	0.212%	0.298%	0.007%	0.006%	1.39	55.005%	697	0.212%	0.394%	0.007%	0.004%	1.26	68.153%	
230	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	564	0.212%	0.375%	0.007%	0.005%	1.31	62.619%	
402	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	511	0.212%	0.254%	0.007%	0.006%	1.48	44.737%	
173	0.212%	0.263%	0.007%	0.006%	1.46	46.939%	173	0.212%	0.264%	0.007%	0.006%	1.46	46.974%	
253	0.212%	0.225%	0.008%	0.007%	1.54	38.122%	253	0.212%	0.225%	0.008%	0.007%	1.54	38.122%	
284	0.212%	0.259%	0.007%	0.006%	1.47	45.927%	295	0.212%	0.272%	0.007%	0.006%	1.45	47.380%	
315	0.212%	0.275%	0.007%	0.006%	1.43	49.618%	321	0.212%	0.281%	0.007%	0.006%	1.43	50.239%	
202	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	256	0.409%	0.447%	0.007%	0.004%	1.14	81.291%	
130	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	235	0.409%	0.536%	0.009%	0.004%	1.12	81.775%	
2,813	0.212%	0.295%	0.007%	0.006%	1.39	54.262%	4,731	0.212%	0.398%	0.008%	0.005%	1.28	65.651%	
0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
142	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	416	0.409%	0.560%	0.009%	0.003%	1.11	82.211%	
166	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	317	0.409%	0.519%	0.008%	0.004%	1.12	81.816%	
81	0.212%	0.408%	0.006%	0.004%	1.16	80.581%	342	0.212%	0.572%	0.009%	0.003%	1.10	82.563%	
13	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	27	0.409%	0.512%	0.008%	0.003%	1.12	82.076%	
403	0.000%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.659%	1,101	0.000%	0.551%	0.009%	0.003%	1.11	82.203%	
8,144	0.000%	0.292%	0.007%	0.006%	1.39	54.023%	14,285	0.000%	0.392%	0.007%	0.005%	1.27	66.132%	
287	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	287	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	
287	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	287	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	
287	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	287	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	
8,431	0.000%	0.296%	0.007%	0.006%	1.38	54.930%	14,572	0.000%	0.393%	0.007%	0.005%	1.27	66.418%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 420

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos															
		Destino Data															
		Stocks								Concentración							
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt	Min of Ley	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG	kt	Min LeyC	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG
420	P091	2515	001_CHU4205134	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			002_CHU4205143	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			003_CHU4205191	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			004_CHU4205144	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			005_CHU4205146	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			Total 2515	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		2497	006_CHU4205285	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
	007_CHU4205231		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
	008_CHU4205232		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
	009_CHU4205230		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
	010_CHU4205229		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
	011_CHU4205228		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			Total 2497	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		2480	013_CHU4205387	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			014_CHU4205328	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			Total 2480	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			Total P091	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
	P095	2515	001_CHU4205190	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			002_CHU4205101	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			003_CHU4205102	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
004_CHU4205103			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
005_CHU4205135			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
006_CHU4205136			88	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	82	0.786%	0.786%	0.013%	0.004%	1.05	81.315%	
007_CHU4205137			5	0.445%	0.445%	0.035%	0.007%	1.07	86.646%	318	0.598%	0.648%	0.037%	0.008%	1.15	86.921%	
008_CHU4205113			98	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	66	0.786%	0.804%	0.023%	0.006%	1.07	83.842%	
009_CHU4205115			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	166	0.786%	0.801%	0.022%	0.005%	1.07	83.514%		
010_CHU4205114			48	0.589%	0.589%	0.009%	0.003%	1.10	83.584%	25	0.786%	0.813%	0.029%	0.006%	1.09	85.160%	
011_CHU4205111			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	118	0.828%	0.828%	0.037%	0.007%	1.11	87.277%		
012_CHU4205138			19	0.445%	0.445%	0.035%	0.007%	1.07	86.646%	145	0.589%	0.613%	0.010%	0.003%	1.09	83.305%	
			Total 2515	257	0.445%	0.576%	0.012%	0.003%	1.09	83.868%	920	0.589%	0.721%	0.027%	0.006%	1.10	85.016%
		Total P095	257	0.445%	0.576%	0.012%	0.003%	1.09	83.868%	920	0.589%	0.721%	0.027%	0.006%	1.10	85.016%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 420 (continuación)

Mina		CHU											
Periodo		Varios elementos											
Destino Data													
Botaderos							Total_kt_	Total Min of LeyC	Total LeyCu	Total LeyMo	Total LeyPb	Total_Cat_	Total RecG_
kt	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	RecG_							
200	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	200	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
346	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	346	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
130	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	130	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
362	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	362	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
168	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	168	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
1,206	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,206	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
264	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	264	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
354	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	354	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
384	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	384	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
262	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	262	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
319	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	319	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
304	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	304	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
278	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	278	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
2,166	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	2,166	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
497	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	497	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
111	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	111	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
608	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	608	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
3,979	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	3,979	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
361	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	361	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
203	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	203	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
192	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	192	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
200	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	200	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
229	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	229	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
74	0.000%	0.327%	0.005%	0.003%	0.92	64.606%	244	0.000%	0.576%	0.009%	0.003%	1.03	77.081%
4	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	328	0.409%	0.642%	0.036%	0.008%	1.15	86.836%
14	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	177	0.409%	0.654%	0.014%	0.004%	1.09	83.448%
22	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	187	0.409%	0.756%	0.020%	0.005%	1.08	83.185%
67	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	140	0.409%	0.543%	0.011%	0.004%	1.12	82.472%
16	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	134	0.409%	0.779%	0.034%	0.007%	1.11	86.503%
40	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	204	0.409%	0.558%	0.011%	0.004%	1.10	83.103%
1,420	0.000%	0.064%	0.001%	0.001%	0.18	12.768%	2,597	0.000%	0.347%	0.011%	0.003%	0.60	45.400%
1,420	0.000%	0.064%	0.001%	0.001%	0.18	12.768%	2,597	0.000%	0.347%	0.011%	0.003%	0.60	45.400%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 420 (continuación)

Mina		CHU																				
Periodo		Varios elementos																				
Origen		Pala		Cota		Sec_Pol		Destino Data					Concentración									
								Stocks														
								kt	Min of Leyt_	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	_kt_	Min LeyC_	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	
	P096	2515	001_CHU4205185	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			002_CHU4205151	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			003_CHU4205150	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			004_CHU4205149	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			005_CHU4205148	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			006_CHU4205147	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			007_CHU4205154	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			008_CHU4205155	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			009_CHU4205156	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			010_CHU4205153	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			011_CHU4205145	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
	Total 2515				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		2497	012_CHU4205280	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			013_CHU4205220	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			014_CHU4205221	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
			015_CHU4205219	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	210	0.409%	0.722%	0.012%	0.004%	1.07	81.235%				
			016_CHU4205218	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	419	0.409%	0.647%	0.029%	0.007%	1.14	85.609%				
			017_CHU4205217	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	269	0.598%	0.633%	0.035%	0.008%	1.15	86.908%				
			018_CHU4205216	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	385	0.445%	0.705%	0.036%	0.008%	1.12	87.052%				
			019_CHU4205235	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	188	0.589%	0.701%	0.015%	0.004%	1.08	83.199%				
			020_CHU4205236	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	15	0.589%	0.677%	0.020%	0.005%	1.10	84.948%				
Total 2497				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,486	0.409%	0.677%	0.028%	0.006%	1.12	85.287%						
Total P096				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	1,486	0.409%	0.677%	0.028%	0.006%	1.12	85.287%						
	P893	2497	016_CHU4205222	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%							
			017_CHU4205281	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%							
			018_CHU4205237	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	75	0.589%	0.665%	0.015%	0.004%	1.09	83.965%				
			019_CHU4205223	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%					
			Total 2497				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	75	0.589%	0.665%	0.015%	0.004%	1.09	83.965%			
Total P893				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	75	0.589%	0.665%	0.015%	0.004%	1.09	83.965%						
Total 420				257	0.445%	0.576%	0.012%	0.003%	1.09	83.868%	2,480	0.409%	0.693%	0.027%	0.006%	1.11	85.147%					

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 42O (continuación)

Mina		CHU											
Periodo		Varios elementos											
Destino Data													
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total LeyCu_	Total LeyMo_	Total LeyPb_	Total _Cat_	Total _RecG_
kt	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_							
315	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	315	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
446	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	446	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
741	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	741	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
572	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	572	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
438	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	438	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
296	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	296	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
289	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	289	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
211	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	211	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
263	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	263	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
231	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	231	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
166	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	166	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
3,967	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	3,967	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
372	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	372	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
167	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	167	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
182	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	182	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
205	0.021%	0.051%	0.001%	0.002%	0.37	25.802%	416	0.021%	0.391%	0.007%	0.003%	0.73	53.842%
24	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	443	0.409%	0.634%	0.028%	0.007%	1.14	85.338%
61	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	330	0.409%	0.591%	0.030%	0.007%	1.15	85.752%
54	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	439	0.409%	0.669%	0.032%	0.007%	1.13	86.267%
53	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	241	0.409%	0.637%	0.013%	0.004%	1.10	82.647%
3	0.409%	0.409%	0.006%	0.004%	1.15	80.678%	18	0.409%	0.630%	0.017%	0.005%	1.11	84.205%
1,122	0.000%	0.081%	0.001%	0.001%	0.27	18.913%	2,608	0.000%	0.420%	0.016%	0.004%	0.75	56.729%
5,089	0.000%	0.018%	0.000%	0.000%	0.06	4.337%	6,574	0.000%	0.167%	0.006%	0.002%	0.30	22.629%
435	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	435	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
106	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	106	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
311	0.021%	0.123%	0.002%	0.002%	0.54	36.619%	385	0.021%	0.227%	0.005%	0.003%	0.65	45.776%
116	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	116	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
969	0.000%	0.039%	0.001%	0.001%	0.17	11.899%	1,043	0.000%	0.084%	0.002%	0.001%	0.24	17.049%
969	0.000%	0.039%	0.001%	0.001%	0.17	11.899%	1,043	0.000%	0.084%	0.002%	0.001%	0.24	17.049%
11,456	0.000%	0.019%	0.000%	0.000%	0.06	4.590%	14,193	0.000%	0.147%	0.005%	0.001%	0.27	20.102%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 46

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos															
		Destino Data															
		Stocks							Concentración								
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	_kt_	Min of LeyI_	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	_kt_	Min LeyC_	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_
46	P230	2866	001_CHU463016	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			002_CHU463015	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			003_CHU463017	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			004_CHU463018	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
		Total 2866			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
		2850	005_CHU463180	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			006_CHU463116	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			007_CHU463113	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			008_CHU463121	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			009_CHU463122	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			010_CHU463112	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			011_CHU463124	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
		Total 2850			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
		2834	012_CHU463280	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			013_CHU463201	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			014_CHU463206	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			015_CHU463204	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			016_CHU463203	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
		Total 2834			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	
		2818	017_CHU463380	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			018_CHU463309	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			019_CHU463310	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
			020_CHU463308	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%		
021_CHU463302	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%				
022_CHU463303	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%				
023_CHU463306	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%				
Total 2818			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%			
Total P230			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%			
Total 46			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%			

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 46 (continuación)

Mina		CHU											
Periodo		Varios elementos											
Destino Data													
Botaderos							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total LeyCu	Total LeyMo	Total LeyPb	Total _Cat_	Total RecG
kt_	Min of LeyC	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat_	RecG							
1,628	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,628	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
480	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	480	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
988	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	988	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
511	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	511	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
3,607	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	3,607	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
1,435	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,435	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
868	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	868	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
471	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	471	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
967	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	967	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
342	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	342	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
346	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	346	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
4,430	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	4,430	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
195	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	195	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
1,915	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,915	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
787	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	787	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
1,198	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	1,198	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
403	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	403	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
4,497	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	4,497	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
201	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	201	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
460	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	460	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
338	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	338	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
292	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	292	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
247	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	247	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
486	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	486	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
81	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	81	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
2,105	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	2,105	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
14,639	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	14,639	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
14,639	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	14,639	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 490

Mina		CHU																		
Periodo		Varios elementos																		
					Destino Data															
					Stocks					Concentración										
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol		kt	Min of Leyl	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG	kt	Min LeyC	LeyCu	LeyMo	LeyPb	Cat	RecG		
490	P100	2974	001_CHU49O2344		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%		
			002_CHU49O2350		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	
		Total 2974			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		2959	003_CHU49O2480		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			004_CHU49O2448		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			005_CHU49O2445		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
	Total 2959			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	
	Total P100			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	
	P251	2959	001_CHU49O2446		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			002_CHU49O2449		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			003_CHU49O2447		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			004_CHU49O2451		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		Total 2959			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
		2944	005_CHU49O2580		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			006_CHU49O2519		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			007_CHU49O2520		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			008_CHU49O2521		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			009_CHU49O2522		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			010_CHU49O2523		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
			011_CHU49O2524		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%
012_CHU49O2528				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	
013_CHU49O2526				0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%	
014_CHU49O2525			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%		
015_CHU49O2581		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%			
016_CHU49O2529		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%			
017_CHU49O2527		0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%			
Total 2944			0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0	0.000%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0.00	0.000%		

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 490 (continuación)

Mina		CHU												
Periodo		Varios elementos												
Destino Data														
Botaderos							Total_kt_	Total Min of LeyC	Total _LeyCu_	Total _LeyMo_	Total _LeyPb_	Total_Cat_	Total _RecG_	
kt	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_								
1,054	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	1,054	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	
182	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	182	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
1,236	0.000%	0.181%	0.007%	0.006%	1.34	29.905%	1,236	0.000%	0.181%	0.007%	0.006%	1.34	29.905%	
183	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	183	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
380	0.000%	0.000%	0.004%	0.002%	0.00	1.240%	380	0.000%	0.000%	0.004%	0.002%	0.00	1.240%	
850	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	850	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
1,414	0.000%	0.049%	0.006%	0.005%	0.73	8.105%	1,414	0.000%	0.049%	0.006%	0.005%	0.73	8.105%	
2,650	0.000%	0.110%	0.006%	0.006%	1.01	18.270%	2,650	0.000%	0.110%	0.006%	0.006%	1.01	18.270%	
671	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	671	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	
677	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	677	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	
598	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	598	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
634	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	634	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
2,580	0.082%	0.150%	0.008%	0.007%	1.40	24.449%	2,580	0.082%	0.150%	0.008%	0.007%	1.40	24.449%	
0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
266	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	266	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
213	0.000%	0.000%	0.004%	0.002%	0.00	1.240%	213	0.000%	0.000%	0.004%	0.002%	0.00	1.240%	
535	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	535	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
709	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	709	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	
648	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	648	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
524	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	524	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
444	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	444	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
519	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	519	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	
169	0.000%	0.000%	0.004%	0.002%	0.00	1.240%	169	0.000%	0.000%	0.004%	0.002%	0.00	1.240%	
165	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	165	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
68	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	68	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	
587	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	587	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	
4,848	0.000%	0.102%	0.007%	0.006%	1.09	16.574%	4,848	0.000%	0.102%	0.007%	0.006%	1.09	16.574%	

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 490 (continuación)

Mina		CHU															
Periodo		Varios elementos		Destino Data													
				Stocks						Concentración							
Origen	Pala	Cota	Sec_Pol	kt_	Min of LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_	kt_	Min LeyC	LeyCu_	LeyMo_	LeyPb_	Cat_	RecG_
		2929	018_CHU49O2690	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			019_CHU49O2612	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			020_CHU49O2613	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			021_CHU49O2615	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			022_CHU49O2617	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			023_CHU49O2619	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			024_CHU49O2621	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			025_CHU49O2620	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			026_CHU49O2618	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
			027_CHU49O2616	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		Total 2929		0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		Total P251		0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		Total 490		0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%	0		0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.000%
		Total general		2,771	0.409%	0.481%	0.008%	0.003%	1.13	81.887%	22,898	0.409%	0.776%	0.040%	0.008%	1.15	85.014%

DETALLE MENSUAL EXPLOTACIÓN FASE 490 (continuación)

Mina		CHU												
Periodo		Varios elementos												
Destino Data							Total _kt_	Total Min of LeyC	Total _LeyCu_	Total _LeyMo_	Total _LeyPb_	Total _Cat_	Total _RecG_	
Botaderos	_kt_	Min of LeyC	_LeyCu_	_LeyMo_	_LeyPb_	_Cat_	_RecG_							
	147	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%	147	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0.215%
	519	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	519	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%
	196	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	196	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%
	386	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	386	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%
	353	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	353	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%
	545	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	545	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%
	507	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	507	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%
	624	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%	624	0.082%	0.082%	0.008%	0.008%	1.21	12.875%
	472	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	472	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%
	9	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%	9	0.212%	0.212%	0.008%	0.007%	1.57	35.026%
	3,757	0.000%	0.107%	0.007%	0.007%	1.24	17.295%	3,757	0.000%	0.107%	0.007%	0.007%	1.24	17.295%
	11,186	0.000%	0.115%	0.007%	0.007%	1.21	18.633%	11,186	0.000%	0.115%	0.007%	0.007%	1.21	18.633%
	13,835	0.000%	0.114%	0.007%	0.007%	1.17	18.563%	13,835	0.000%	0.114%	0.007%	0.007%	1.17	18.563%
	65,310	0.000%	0.080%	0.003%	0.002%	0.51	15.106%	90,979	0.000%	0.267%	0.012%	0.004%	0.69	34.735%

REPORTE 2: RITMOS DE EXPLOTACIÓN MENSUAL POR EXPANSIÓN

El reporte de ritmos por fase muestra el ritmo medio de explotación del total de palas en cada una de las distintas fases. La información es desagregada por periodos y por bancos. Este reporte permite también observar el ritmo global de la mina periodo a periodo y establecer si se están cumpliendo las metas de largo plazo.

RITMOS DE EXPLOTACIÓN

Mina	CHU		Periodo						
Origen	_ktpd_ Cota	Material	P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general
38	2515	Lastre	34	0	0	0	0	0	34
	Total 2515		34	0	0	0	0	0	34
	2497	Mineral	11	18	0	0	0	0	28
		Lastre	49	54	0	0	0	0	104
	Total 2497		60	72	0	0	0	0	132
	2480	Mineral	0	11	5	14	0	0	30
		Lastre	20	34	100	51	0	0	205
	Total 2480		20	45	105	65	0	0	235
	2463	Mineral	0	0	0	30	20	6	55
		Lastre	0	0	0	23	94	26	143
	Total 2463		0	0	0	53	113	32	198
	2445	Mineral	0	0	0	0	0	18	18
		Lastre	0	0	0	0	4	67	71
	Total 2445		0	0	0	0	4	85	89
	2428	Mineral	0	0	0	0	0	0	0
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0
	Total 2428		0	0	0	0	0	0	0
	Total 38			114	117	105	117	117	117

RITMOS DE EXPLOTACIÓN (continuación)

Mina	CHU								
ktpd		Periodo							
Origen	Cota	Material	P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general
41	2093	Mineral	26	0	0	0	0	0	26
	Total 2093		26	0	0	0	0	0	26
	2075	Mineral	82	59	0	0	0	0	141
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0
	Total 2075		82	59	0	0	0	0	141
	2057	Mineral	0	22	92	36	0	0	150
		Lastre	0	0	0	0	0	0	1
	Total 2057		0	22	93	36	0	0	151
	2039	Mineral	0	0	0	16	47	38	102
	Total 2039		0	0	0	16	47	38	102
2021	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
	Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
Total 2021		0	0	0	0	0	0	0	
Total 41			108	81	93	53	47	38	419
42E	2653	Lastre	18	0	0	0	0	0	18
	Total 2653		18	0	0	0	0	0	18
	2636	Mineral	3	0	0	0	0	0	3
		Lastre	36	0	0	0	0	0	36
	Total 2636		39	0	0	0	0	0	39
	2619	Mineral	3	9	0	0	0	0	12
Lastre		17	42	0	0	0	0	59	
Total 2619		20	52	0	0	0	0	72	

RITMOS DE EXPLOTACIÓN (continuación)

Mina	CHU		Periodo							Total general
Origen	_ktpd_		P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general	
	Cota	Material								
	2601	Mineral	0	22	66	13	0	0	101	
		Lastre	0	6	14	36	0	0	57	
	Total 2601		0	28	80	49	0	0	158	
	2584	Mineral	0	0	0	16	40	6	62	
		Lastre	0	0	0	15	40	37	92	
	Total 2584		0	0	0	31	80	43	154	
	2567	Mineral	0	0	0	0	0	23	23	
		Lastre	0	0	0	0	0	13	13	
	Total 2567		0	0	0	0	0	37	37	
	2549	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2549		0	0	0	0	0	0	0	
	2532	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2532		0	0	0	0	0	0	0	
	2515	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2515		0	0	0	0	0	0	0	
	2497	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2497		0	0	0	0	0	0	0	
	2480	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2480		0	0	0	0	0	0	0	
	2463	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2463		0	0	0	0	0	0	0	
	2445	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2445		0	0	0	0	0	0	0	
	2428	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2428		0	0	0	0	0	0	0	
Total 42E			78	80	80	80	80	80	478	

RITMOS DE EXPLOTACIÓN (continuación)

Mina	CHU			Periodo						
		<u>_ktpd_</u>								
Origen	Cota	Material	P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general	
420	2515	Mineral	0	29	9	0	0	0	38	
		Lastre	75	45	65	32	0	0	217	
	Total 2515		75	75	74	32	0	0	255	
	2497	Mineral	0	0	0	0	18	33	51	
		Lastre	0	0	0	27	56	56	139	
	Total 2497		0	0	0	27	75	89	190	
	2480	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	20	20	
	Total 2480		0	0	0	0	0	20	20	
	2463	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2463		0	0	0	0	0	0	0	
	2445	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
Total 2445		0	0	0	0	0	0	0		
Total 420			75	75	74	59	75	109	466	
46	2866	Lastre	80	39	0	0	0	0	119	
	Total 2866		80	39	0	0	0	0	119	
	2850	Lastre	0	41	80	24	0	0	145	
	Total 2850		0	41	80	24	0	0	145	
	2834	Lastre	0	0	0	56	80	10	145	
	Total 2834		0	0	0	56	80	10	145	
	2818	Lastre	0	0	0	0	0	70	70	
	Total 2818		0	0	0	0	0	70	70	
Total 46			80	80	80	80	80	80	480	

RITMOS DE EXPLOTACIÓN (continuación)

Mina	CHU									
		_ktpd	Periodo							
Origen	Cota	Material	P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general	
490	2974	Lastre	41	0	0	0	0	0	41	
	Total 2974		41	0	0	0	0	0	41	
	2959	Lastre	20	72	38	0	0	0	131	
	Total 2959		20	72	38	0	0	0	131	
	2944	Lastre	0	0	42	80	36	0	158	
	Total 2944		0	0	42	80	36	0	158	
	2929	Lastre	0	0	0	0	44	80	124	
	Total 2929		0	0	0	0	44	80	124	
	2914	Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2914		0	0	0	0	0	0	0	
	2898	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2898		0	0	0	0	0	0	0	
	2882	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2882		0	0	0	0	0	0	0	
	2866	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2866		0	0	0	0	0	0	0	
	2850	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
	Total 2850		0	0	0	0	0	0	0	
	2834	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
		Lastre	0	0	0	0	0	0	0	
Total 2834		0	0	0	0	0	0	0		
2818	Mineral	0	0	0	0	0	0	0		
	Lastre	0	0	0	0	0	0	0		
Total 2818		0	0	0	0	0	0	0		
Total 490			61	72	80	80	80	80	453	
STOCK	0	Mineral	0	0	0	0	0	0		
	Total 0		0	0	0	0	0	0		
Total STOCK_CHU			0	0	0	0	0	0		
Total general			516	505	512	469	478	505	2,984	

REPORTE 3: ENVÍOS DE MINERAL A PLANTA DESDE FASES Y STOCKS POR PERÍODO

El reporte de mineral a planta muestra resumidamente el resultado de la programación de corto plazo. Se especifican toneladas, leyes y el promedio ponderado de otras variables de interés, tales como la dureza, recuperación geológica y categorización de la reserva. Se desagrega la información mensualmente y por los orígenes del material, ya sean fases o stocks. En este reporte es posible apreciar la ley de cobre promedio del mineral enviado a planta, lo cual permite evaluar si las metas de ley de cobre de largo plazo se están cumpliendo con la mezcla que se está enviando a la planta periodo a periodo.

MINERAL A PLANTA

Mina	CHU
Planta	CONC_CHU

Periodo	Origen Data										Stocks								
	Fases																		
	ktpd	kt	kt_CuF	LeyCu	LeyMo	LeyAs	LeyPb	Cat	RecG		ktpd	kt	kt_CuF	LeyCu	LeyMo	LeyAs	LeyPb	Cat	RecG
P2011_04	125	3,754	35	0.924%	0.060%	0.025%	0.011%	1.20	86%	0	0	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0%	
P2011_05	125	3,879	31	0.793%	0.043%	0.016%	0.009%	1.14	85%	0	0	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0%	
P2011_06	125	3,754	30	0.806%	0.040%	0.017%	0.008%	1.14	85%	0	0	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0%	
P2011_07	125	3,879	30	0.766%	0.038%	0.018%	0.007%	1.16	84%	0	0	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0%	
P2011_08	125	3,879	26	0.663%	0.027%	0.013%	0.006%	1.13	84%	0	0	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0%	
P2011_09	125	3,754	27	0.709%	0.032%	0.014%	0.007%	1.13	85%	0	0	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0%	
Total genera	751	22,898	178	0.776%	0.040%	0.017%	0.008%	1.15	85%	0	0	0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.00	0%	

MINERAL A PLANTA (continuación)

Mina	CHU
Planta	CONC_CHU

	Origen Data								
Periodo	Total _ktpd_	Total _kt_	Total _kt_CuF	Total _LeyCu	Total _LeyMo_	Total _LeyAs	Total _LeyPb_	Total _Cat_	Total _RecG_
P2011_04	125	3,754	35	0.924%	0.060%	0.025%	0.011%	1.20	86%
P2011_05	125	3,879	31	0.793%	0.043%	0.016%	0.009%	1.14	85%
P2011_06	125	3,754	30	0.806%	0.040%	0.017%	0.008%	1.14	85%
P2011_07	125	3,879	30	0.766%	0.038%	0.018%	0.007%	1.16	84%
P2011_08	125	3,879	26	0.663%	0.027%	0.013%	0.006%	1.13	84%
P2011_09	125	3,754	27	0.709%	0.032%	0.014%	0.007%	1.13	85%
Total genera	751	22,898	178	0.776%	0.040%	0.017%	0.008%	1.15	85.014%

REPORTE 4: RITMOS DE EXPLOTACIÓN DE MINERAL Y LASTRE

Este reporte especifica cuáles son los ritmos de explotación del mineral y del lastre en forma separada. La información se desagrega por fase, por banco, y también por periodo.

MINERAL Y LASTRE

Mina	CHU
------	-----

ktpd		Periodo						Total general
		P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	
P091	Lastre	0	0	26	30	37	37	130
Total P091		0	0	26	30	37	37	130
P093	Mineral	0	0	19	32	21	37	110
	Lastre	0	0	0	0	0	0	1
Total P093		0	0	20	32	21	37	110
P095	Mineral	0	29	9	0	0	0	38
	Lastre	37	8	2	0	0	0	47
Total P095		37	37	11	0	0	0	85
P096	Mineral	0	0	0	0	18	31	49
	Lastre	37	37	37	29	19	7	167
Total P096		37	37	37	29	37	37	216
P100	Lastre	61	26	0	0	0	0	87
Total P100		61	26	0	0	0	0	87
P101	Mineral	47	43	43	0	0	0	133
	Lastre	0	0	0	0	0	0	0
Total P101		47	43	43	0	0	0	133

MINERAL Y LASTRE (continuación)

Mina	CHU
------	-----

ktpd		Periodo						
Pala	Material	P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general
P200	Mineral	6	31	66	29	40	29	201
	Lastre	62	49	14	51	40	51	267
Total P200		68	80	80	80	80	80	468
P230	Lastre	80	80	80	80	80	80	480
Total P230		80	80	80	80	80	80	480
P250	Mineral	8	18	1	44	20	25	114
	Lastre	69	62	70	36	60	55	353
Total P250		77	80	71	80	80	80	467
P251	Mineral	0	0	0	0	0	0	0
	Lastre	0	46	80	80	80	80	366
Total P251		0	46	80	80	80	80	366
P890	Mineral	33	24	0	0	0	0	57
Total P890		33	24	0	0	0	0	57
P891	Mineral	3	11	4	0	0	0	18
	Lastre	34	26	31	37	37	37	203
Total P891		37	37	34	37	37	37	220
P893	Mineral	28	13	30	21	26	3	121
	Lastre	0	0	0	0	0	32	32
Total P893		28	13	30	21	26	36	154
P894	Lastre	10	0	0	0	0	0	10
Total P894		10	0	0	0	0	0	10
Total general		516	505	512	469	478	505	2,984

REPORTE 5: RITMOS DE EXTRACCIÓN DE PALAS

El reporte de palas muestra los ritmos de explotación de éstas. La información es desagregada por periodos y por tipo de material: lastre y mineral. También es posible observar su nivel de utilización, es decir, del tiempo que han estado operativas, cuánto han estado extrayendo y cuánto han estado detenidas esperando ser reasignadas.

EXTRACCIÓN DE PALAS

Mina	CHU	Periodo						
<u>_ktpd_</u>		P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general
Pala	Material							
P091	Lastre	0	0	26	30	37	37	130
Total P091		0	0	26	30	37	37	130
P093	Mineral	0	0	19	32	21	37	110
	Lastre	0	0	0	0	0	0	1
Total P093		0	0	20	32	21	37	110
P095	Mineral	0	29	9	0	0	0	38
	Lastre	37	8	2	0	0	0	47
Total P095		37	37	11	0	0	0	85
P096	Mineral	0	0	0	0	18	31	49
	Lastre	37	37	37	29	19	7	167
Total P096		37	37	37	29	37	37	216
P100	Lastre	61	26	0	0	0	0	87
Total P100		61	26	0	0	0	0	87
P101	Mineral	47	43	43	0	0	0	133
	Lastre	0	0	0	0	0	0	0
Total P101		47	43	43	0	0	0	133

EXTRACCIÓN DE PALAS (continuación)

Mina	CHU	Periodo							
<u>ktpd</u>		P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general	
Pala	Material								
P200	Mineral	6	31	66	29	40	29	201	
	Lastre	62	49	14	51	40	51	267	
Total P200		68	80	80	80	80	80	468	
P230	Lastre	80	80	80	80	80	80	480	
Total P230		80	80	80	80	80	80	480	
P250	Mineral	8	18	1	44	20	25	114	
	Lastre	69	62	70	36	60	55	353	
Total P250		77	80	71	80	80	80	467	
P251	Mineral	0	0	0	0	0	0	0	
	Lastre	0	46	80	80	80	80	366	
Total P251		0	46	80	80	80	80	366	
P890	Mineral	33	24	0	0	0	0	57	
Total P890		33	24	0	0	0	0	57	
P891	Mineral	3	11	4	0	0	0	18	
	Lastre	34	26	31	37	37	37	203	
Total P891		37	37	34	37	37	37	220	
P893	Mineral	28	13	30	21	26	3	121	
	Lastre	0	0	0	0	0	32	32	
Total P893		28	13	30	21	26	36	154	
P894	Lastre	10	0	0	0	0	0	10	
Total P894		10	0	0	0	0	0	10	
Total general		516	505	512	469	478	505	2,984	

REPORTE 6: RITMOS DE EXTRACCIÓN SEGÚN TIPO DE POLIGONAL

El reporte por tipo de poligonal muestra los ritmos de explotación promedio según el tipo de poligonal (Rampa, Cajón, Recorte, Extremo, Control o Producción). La información es desagregada por fase y por periodo para cada tipo de poligonal.

EXTRACCIÓN SEGÚN POLIGONAL

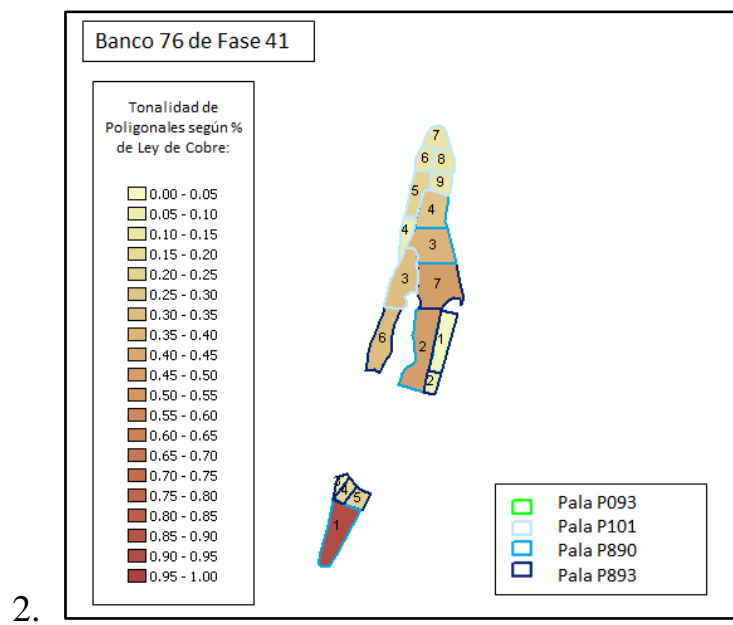
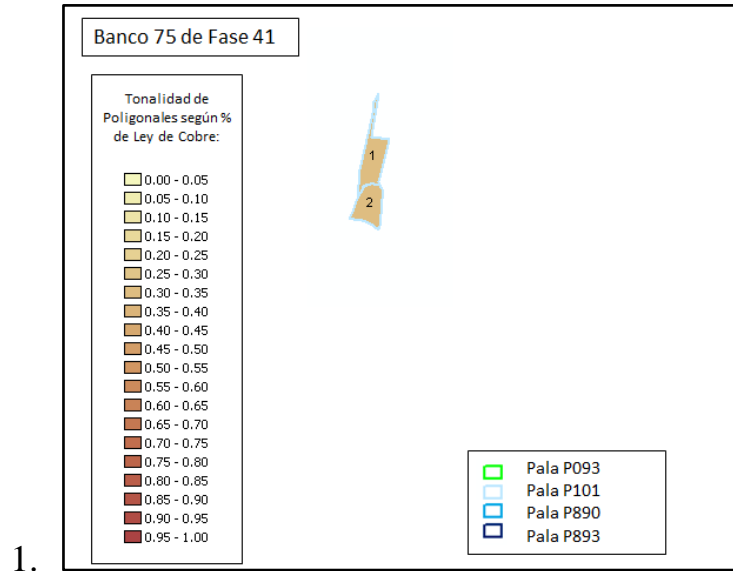
Mina	CHU	Periodo							Total general
ktpd		P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09		
Fase	Tipo								
38	Recorte	0	0	0	4	0	0	4	
	Rampa	5	8	0	15	9	13	50	
	Produccion	95	63	75	68	75	73	449	
	Extremo	0	0	12	0	12	0	24	
	Control	6	46	14	20	16	18	119	
	Cajon	8	0	4	10	5	14	41	
Total 38		114	117	105	117	117	117	687	
41	Rampa	0	7	0	7	0	0	15	
	Produccion	105	63	93	36	35	38	371	
	Cajon	3	11	0	9	11	0	34	
Total 41		108	81	93	53	47	38	419	
42E	Recorte	0	0	0	6	0	8	14	
	Rampa	30	15	0	18	0	0	63	
	Produccion	25	58	80	9	72	23	267	
	Extremo	0	0	0	9	6	0	15	
	Control	0	0	0	28	2	35	66	
	Cajon	22	8	0	9	0	14	53	
Total 42E		78	80	80	80	80	80	478	

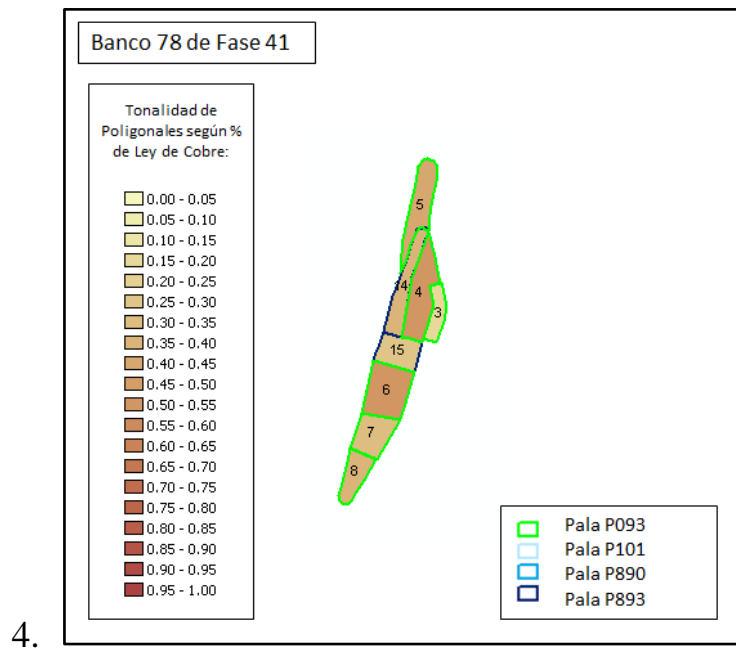
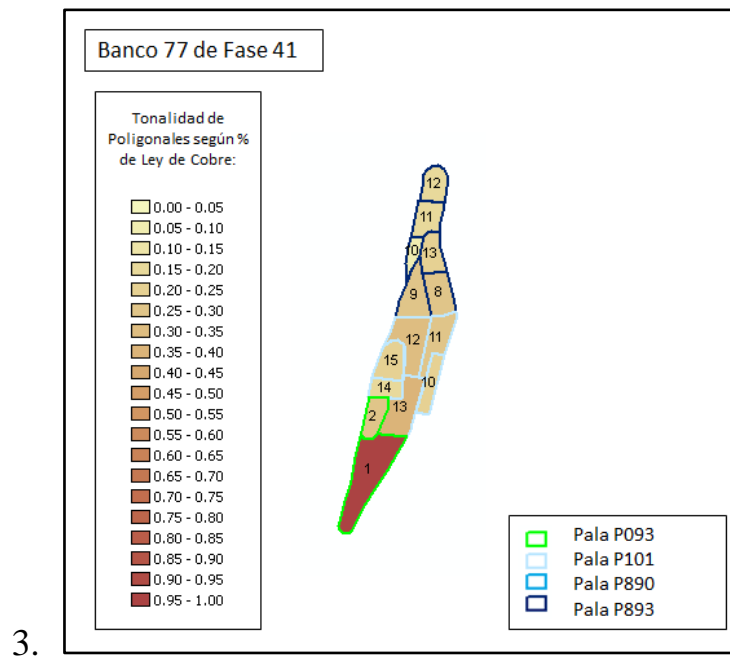
EXTRACCIÓN SEGÚN POLIGONAL (continuación)

Mina	CHU	Periodo							Total general
<u>ktpd</u>		P2011_04	P2011_05	P2011_06	P2011_07	P2011_08	P2011_09	Total general	
Fase	Tipo								
420	Recorte	0	0	4	0	0	4	8	
	Rampa	23	0	0	19	1	17	60	
	Produccion	25	54	40	25	52	64	259	
	Extremo	0	0	0	0	0	0	0	
	Control	5	21	30	7	0	21	85	
	Cajon	22	0	0	8	22	4	55	
Total 420		75	75	74	59	75	109	466	
46	Recorte	0	0	0	0	0	0	0	
	Rampa	0	0	0	6	0	7	13	
	Produccion	80	39	75	24	67	44	329	
	Extremo	0	0	0	0	0	11	11	
	Control	0	0	0	0	0	3	3	
	Cajon	0	41	5	49	13	15	124	
Total 46		80	80	80	80	80	80	480	
490	Recorte	0	0	0	0	5	0	5	
	Rampa	6	0	0	0	5	0	11	
	Produccion	43	50	50	53	22	80	298	
	Extremo	0	0	0	0	2	0	2	
	Control	0	22	21	27	29	0	98	
	Cajon	13	0	9	0	17	0	38	
Total 490		61	72	80	80	80	80	453	
Total general		516	505	512	469	478	505	2,984	

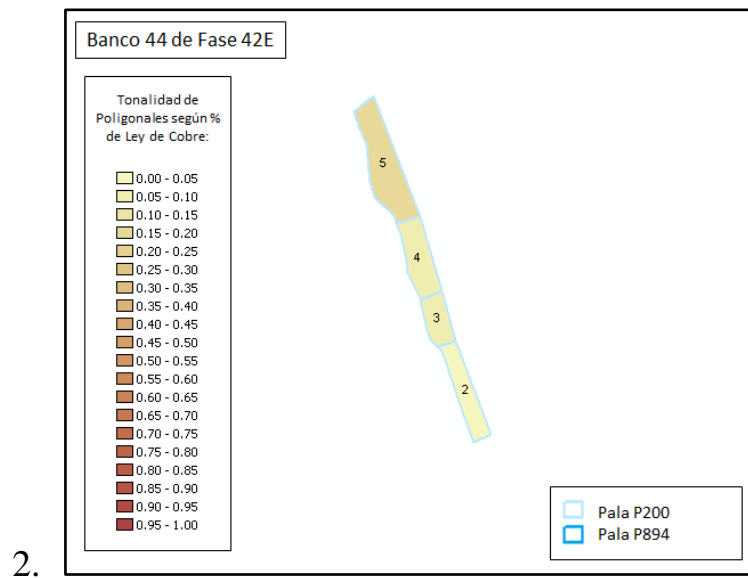
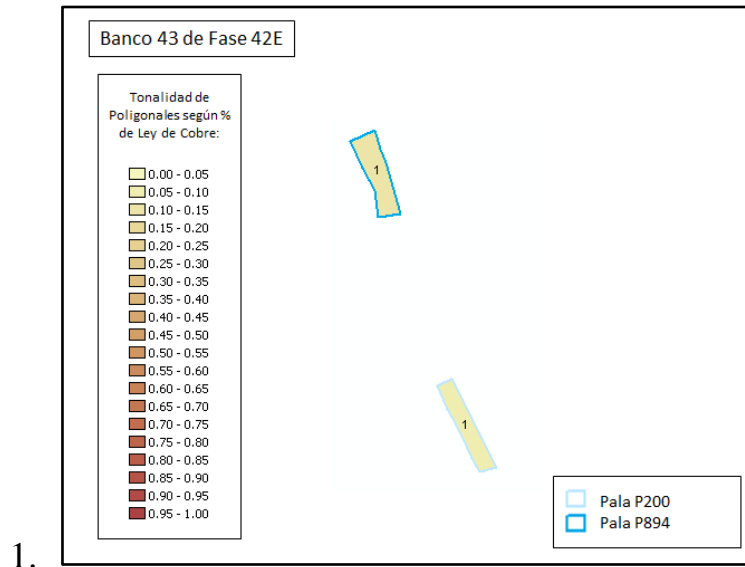
ANEXO B: REPORTE GRÁFICO

B1: REPORTE GRÁFICO FASE 41

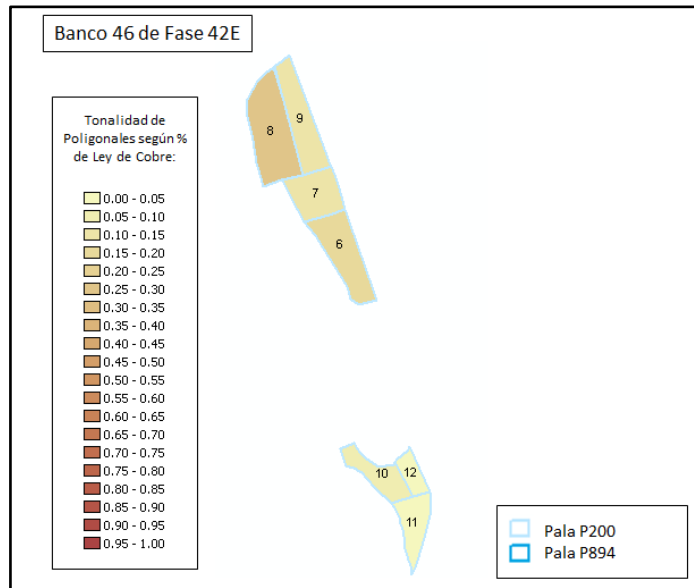




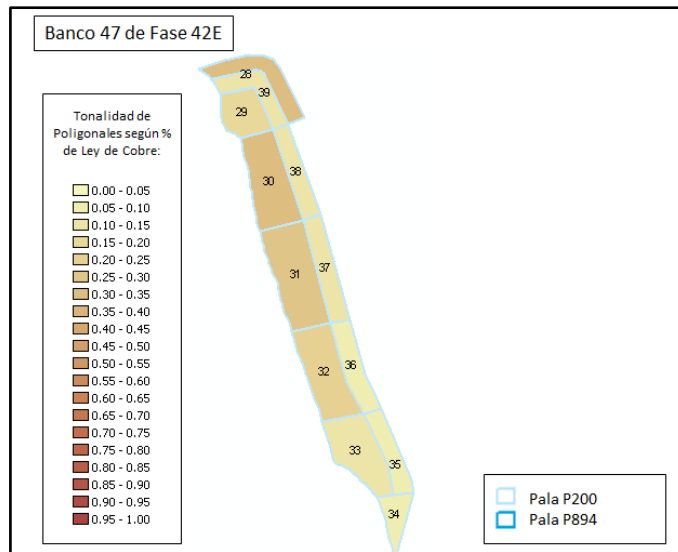
B2: REPORTE GRÁFICO FASE 42E



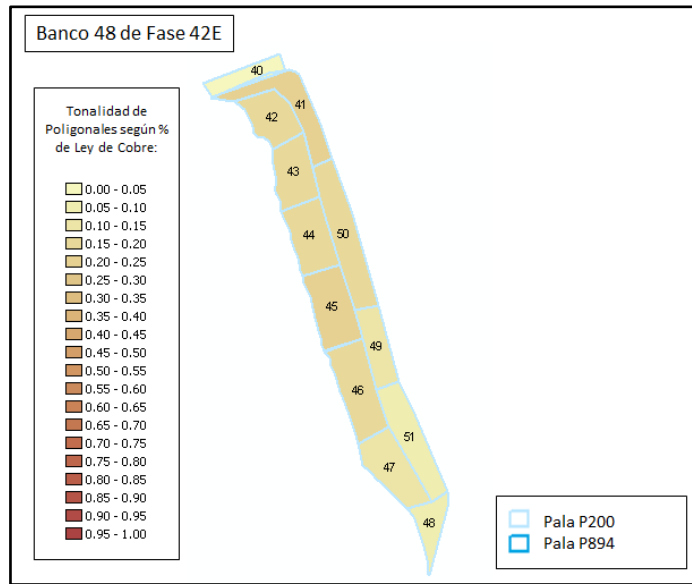
3.



4.

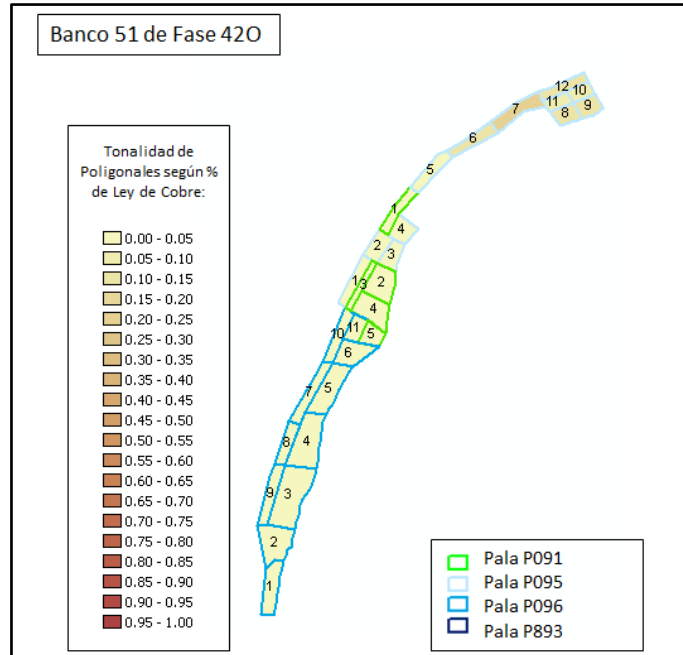


5.

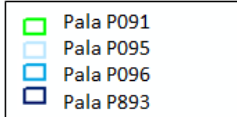
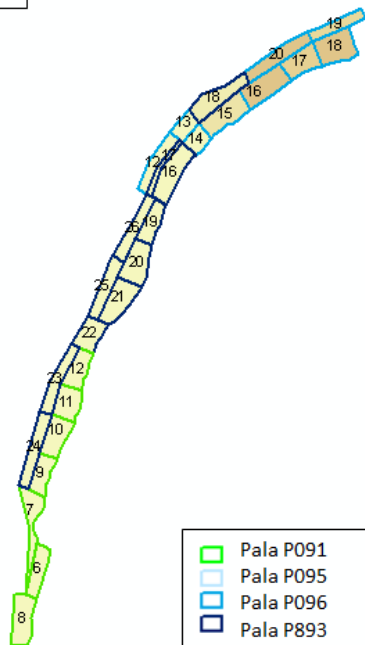
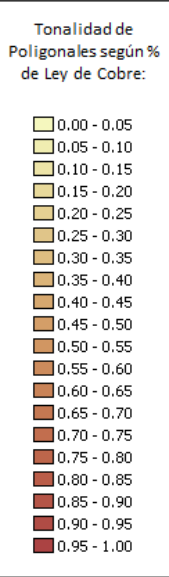


B3: REPORTE GRÁFICO FASE 42O

1.

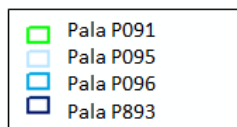
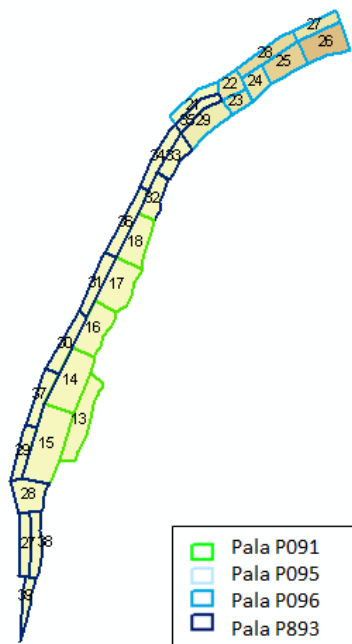
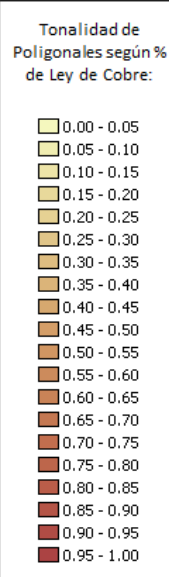


Banco 52 de Fase 420



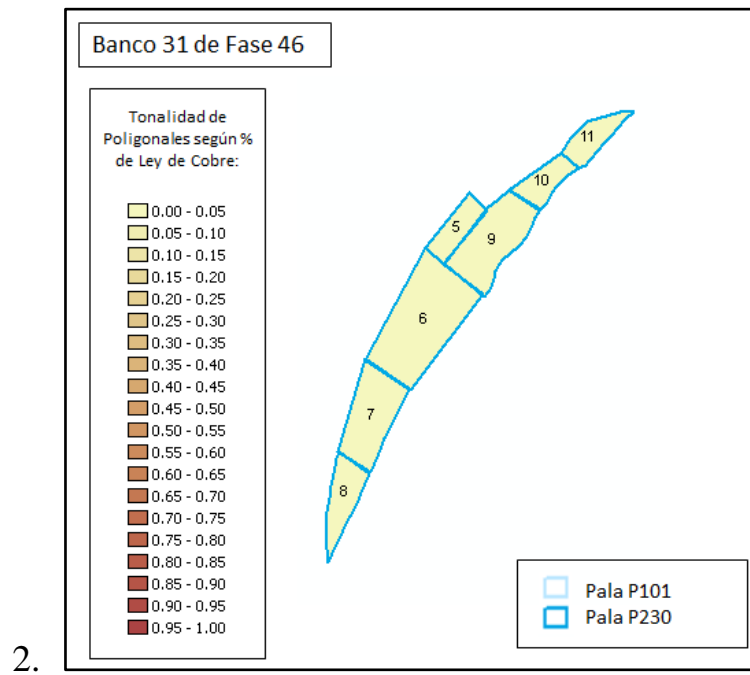
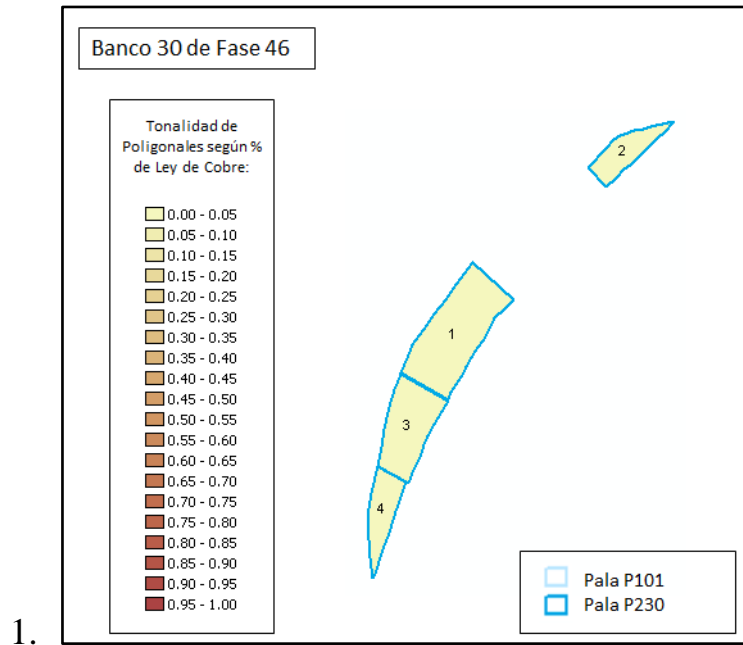
2.

Banco 53 de Fase 420



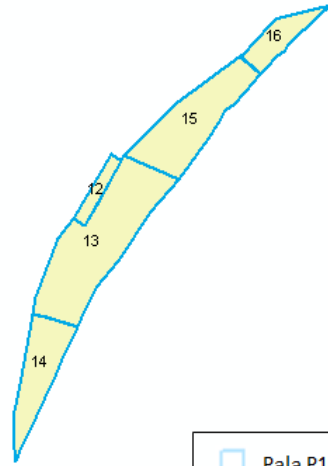
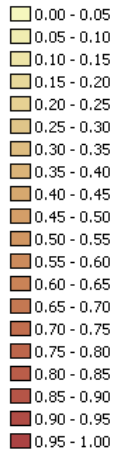
3.

B4: REPORTE GRÁFICO FASE 46



Banco 32 de Fase 46

Tonalidad de Poligonales según % de Ley de Cobre:

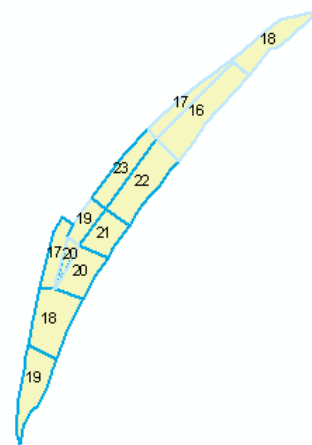
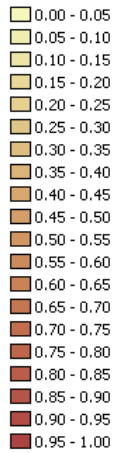


Pala P101
Pala P230

3.

Banco 33 de Fase 46

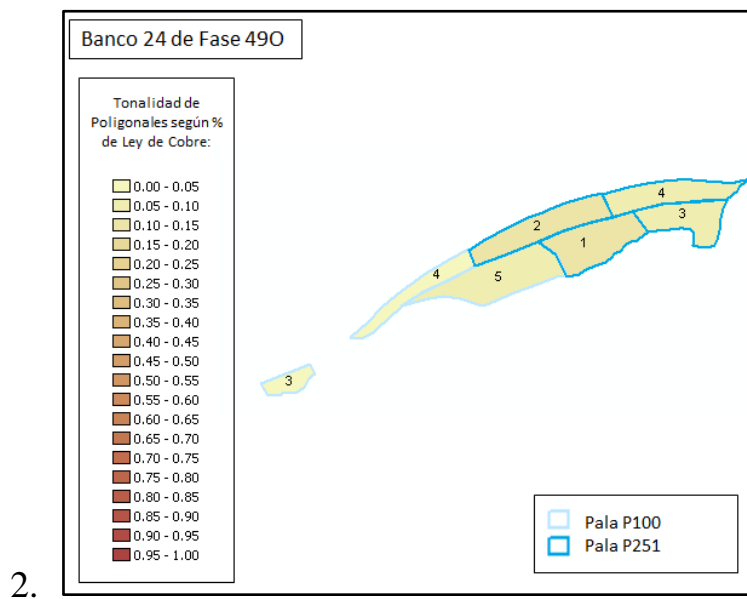
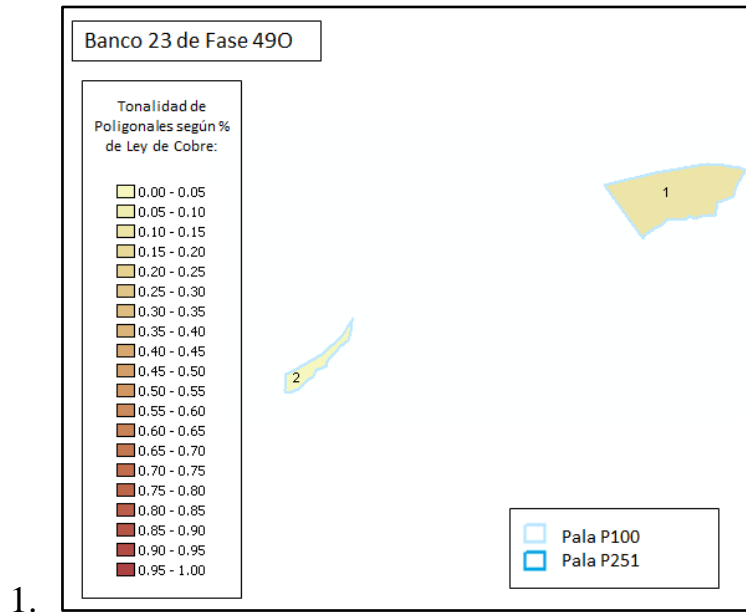
Tonalidad de Poligonales según % de Ley de Cobre:



Pala P101
Pala P230

4.

B5: REPORTE GRÁFICO FASE 490



RESUMEN

El problema de programación minera de corto plazo en minería a cielo abierto abarca un gran espectro de decisiones operacionales. Estas decisiones deben tomarse a nivel de extracción minera, transporte de material y durante los procesos de planta a los se somete el mineral obtenido.

Además de las muchas decisiones, deben tomarse en cuenta un número considerable de restricciones operacionales al momento de secuenciar la extracción de las diferentes áreas de la mina que se encuentran en explotación. Estas restricciones incluyen interferencias entre equipos (palas) en operación, distancias de seguridad entre diferentes zonas de la mina en explotación, conectividad al interior de las áreas explotadas, capacidades de transporte, de planta y emisiones de contaminantes, entre otras. Esto, sumado a la responsabilidad de cumplir con las metas impuestas por la planificación minera de largo plazo.

Para resolver el problema de programación de corto plazo en minería a cielo abierto se recurrió a un método heurístico, debido a la complejidad y al gran número de combinaciones posibles en la toma de decisiones. El problema es dividido en dos subproblemas: Mina y Planta. Para resolver el Subproblema de Secuenciamiento en la extracción minera se recurre a la utilización de una técnica heurística conocida como Backtracking o Vuelta Atrás, la cual se genera árboles compuestos por nodos que representan los estados temporales de la mina a medida que la extracción avanza. En caso de que algún nodo represente un estado que no cumpla con las restricciones operacionales (nodo infactible), la técnica vuelve atrás uno o más nodos y continúa buscando una solución factible hasta encontrarla. Para el Subproblema de Programación de Planta se utiliza un modelo de programación lineal tomando como información de entrada la solución obtenida en el subproblema anterior.

El resultado obtenido corresponde a una herramienta capaz de generar programas mineros de corto plazo de calidad que cumplen satisfactoriamente con todas las restricciones operacionales y con las metas impuestas por la planificación de largo plazo. Además, la metodología propuesta es lo suficientemente flexible como para permitir la interacción con el planificador minero. Finalmente, los tiempos de ejecución del método son muy bajos, por lo que el planificador es capaz de utilizarlo para analizar diferentes alternativas y escenarios de forma rápida y eficiente. Todo lo anterior consiste en un gran avance al acercar la planificación a la operación en la industria minera.

RESUMEN

El problema de programación minera de corto plazo en minería a cielo abierto abarca un gran espectro de decisiones operacionales. Estas decisiones deben tomarse a nivel de extracción minera, transporte de material y durante los procesos de planta a los se somete el mineral obtenido.

Además de las muchas decisiones, deben tomarse en cuenta un número considerable de restricciones operacionales al momento de secuenciar la extracción de las diferentes áreas de la mina que se encuentran en explotación. Estas restricciones incluyen interferencias entre equipos (palas) en operación, distancias de seguridad entre diferentes zonas de la mina en explotación, conectividad al interior de las áreas explotadas, capacidades de transporte, de planta y emisiones de contaminantes, entre otras. Esto, sumado a la responsabilidad de cumplir con las metas impuestas por la planificación minera de largo plazo.

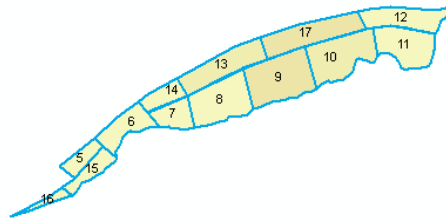
Para resolver el problema de programación de corto plazo en minería a cielo abierto se recurrió a un método heurístico, debido a la complejidad y al gran número de combinaciones posibles en la toma de decisiones. El problema es dividido en dos subproblemas: Mina y Planta. Para resolver el Subproblema de Secuenciamiento en la extracción minera se recurre a la utilización de una técnica heurística conocida como Backtracking o Vuelta Atrás, la cual se genera árboles compuestos por nodos que representan los estados temporales de la mina a medida que la extracción avanza. En caso de que algún nodo represente un estado que no cumpla con las restricciones operacionales (nodo infactible), la técnica vuelve atrás uno o más nodos y continúa buscando una solución factible hasta encontrarla. Para el Subproblema de Programación de Planta se utiliza un modelo de programación lineal tomando como información de entrada la solución obtenida en el subproblema anterior.

El resultado obtenido corresponde a una herramienta capaz de generar programas mineros de corto plazo de calidad que cumplen satisfactoriamente con todas las restricciones operacionales y con las metas impuestas por la planificación de largo plazo. Además, la metodología propuesta es lo suficientemente flexible como para permitir la interacción con el planificador minero. Finalmente, los tiempos de ejecución del método son muy bajos, por lo que el planificador es capaz de utilizarlo para analizar diferentes alternativas y escenarios de forma rápida y eficiente. Todo lo anterior consiste en un gran avance al acercar la planificación a la operación en la industria minera.

Banco 25 de Fase 490

Tonalidad de Poligonales según % de Ley de Cobre:

- 0.00 - 0.05
- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.35
- 0.35 - 0.40
- 0.40 - 0.45
- 0.45 - 0.50
- 0.50 - 0.55
- 0.55 - 0.60
- 0.60 - 0.65
- 0.65 - 0.70
- 0.70 - 0.75
- 0.75 - 0.80
- 0.80 - 0.85
- 0.85 - 0.90
- 0.90 - 0.95
- 0.95 - 1.00



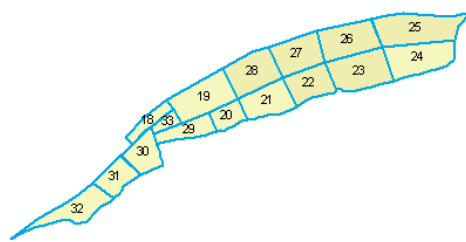
- Pala P100
- Pala P251

3.

Banco 26 de Fase 490

Tonalidad de Poligonales según % de Ley de Cobre:

- 0.00 - 0.05
- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- 0.15 - 0.20
- 0.20 - 0.25
- 0.25 - 0.30
- 0.30 - 0.35
- 0.35 - 0.40
- 0.40 - 0.45
- 0.45 - 0.50
- 0.50 - 0.55
- 0.55 - 0.60
- 0.60 - 0.65
- 0.65 - 0.70
- 0.70 - 0.75
- 0.75 - 0.80
- 0.80 - 0.85
- 0.85 - 0.90
- 0.90 - 0.95
- 0.95 - 1.00



- Pala P100
- Pala P251

4.