

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



PLANEAMIENTO DE MINADO A CORTO PLAZO DEL MES DE  
ABRIL DE 2013 EN LA UNIDAD MINERA ARASI S.A.C. PROYECTO  
JESICA, UBICADO EN EL DISTRITO DE OCUVIRI, PROVINCIA DE  
LAMPA EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RENZO ELIAS VALENCIA TAPIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



PLANEAMIENTO DE MINADO A CORTO PLAZO DEL MES DE  
ABRIL DE 2013 EN LA UNIDAD MINERA ARASI S.A.C. PROYECTO  
JESICA, UBICADO EN EL DISTRITO DE OCUVIRI, PROVINCIA DE  
LAMPA EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

**RENZO ELIAS VALENCIA TAPIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

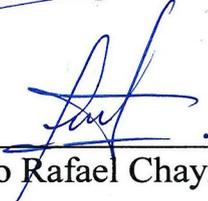
**INGENIERO DE MINAS**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :   
MSc. Ing. Mario Serafin Cuentas Alvarado

PRIMER MIEMBRO :   
MSc. Ing. Americo Arizaca Avalos

SEGUNDO MIEMBRO :   
MSc. Ing. Felipe Mamani Oviedo

DIRECTOR DE TESIS :   
Ing. Arturo Rafael Chayña Rodriguez

**TEMA:** Planeamiento de minado

**ÁREA:** Ingeniería de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN 29 DE MARZO DEL 2019

**DEDICATORIA**

*A mis padres José Elías Valencia Abarca y*

*Cristina Tapia Castillo;*

*A mis hermanos, a mis sobrinos y a mi familia más cercana.*

*A todos Ustedes es una satisfacción y un privilegio dedicarles, con alegría y entusiasmo personal, profesional y también intelectual, los cientos de horas invertidas en este trabajo de investigación, que no es más que la evidencia de la muestra de mi amor y cariño hacia ustedes.*

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a mis padres por darme la vida, por los valores y fuerzas para afrontar el día a día, siempre dispuestos a escucharme y a darme su apoyo incondicional, también por el sacrificio que ellos realizaron para que yo culmine la carrera profesional de Ingeniería de Minas.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, que fueron parte de mi formación académica-profesional, y que estuvieron siempre dispuestos a responder mis preguntas y aclarar mis dudas, impartiendo conocimiento y experiencias que fueron vitales en mi aprendizaje.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi Alma Mater que me tuvo entre sus aulas durante los años de mi formación profesional, otorgándome parte del conocimiento que eh adquirido y que me servirá en mi desenvolvimiento profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN.....	13
ABSTRACT .....	14
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DEL PROBLEMA .....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos .....	17
1.5. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.6. ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....	18
1.6.1. Ubicación .....	18
1.6.2. Accesibilidad.....	19

1.6.3. Clima y vegetación.....	20
--------------------------------	----

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
2.2. BASES TEÓRICAS .....	25
2.2.1. Método de explotación.....	25
2.2.2. Tamaño de la operación .....	26
2.2.3. Límites finales.....	26
2.2.4. Secuencia de explotación.....	34
2.2.5. Ley de corte.....	37
2.2.6. Planeamiento minero.....	38
2.2.7. Planes mineros de producción .....	41
2.2.8. Selección de la flota de equipos.....	42
2.2.9. Reconciliación.....	44
2.2.10. Sistema de información.....	46
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	48
2.3.1. Planificación minera .....	48
2.3.2. Niveles de planificación.....	48
2.3.3. Planeamiento a corto plazo .....	50
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	51
2.4.1. Hipótesis general.....	51
2.4.2. Hipótesis específicas.....	52

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO .....	53
--------------------------------	----

3.2.	REVISIÓN, RECOPIACIÓN Y ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN PRELIMINAR.....	53
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	53
3.3.1.	Población.....	53
3.3.2.	Muestra.....	54
3.4.	VARIABLES .....	54
3.4.1.	Variable dependiente.....	54
3.4.2.	Variables independientes .....	54
3.4.3.	Variable interviniente.....	55
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	55
3.6.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.6.1.	Técnica.....	55
3.6.2.	Herramientas .....	56
3.7.	METODOLOGÍA TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO .....	57
3.7.1.	Recopilación de información del plan de largo plazo.....	57
3.7.2.	Recopilación de información de mediano y corto plazo .....	58
3.7.3.	Definición de cortes de minado .....	58
3.7.4.	Procesamiento de información.....	59
3.7.5.	Comunicación entre las áreas involucradas .....	60
3.8.	MATERIALES .....	61

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	INFORMACIÓN RELEVANTE .....	62
4.1.1.	Datos de entrada del plan de largo plazo .....	62

4.1.2.	Actualización de la base de datos .....	65
4.2.	DISEÑO DE LOS CORTES DE MINADO .....	70
4.2.1.	Datos preliminares .....	70
4.2.2.	Diseño de los cortes de minado .....	73
4.2.3.	Secuenciamiento de minado .....	77
4.2.4.	Selección de equipos.....	79
4.2.5.	Coordinación con las áreas involucradas.....	80
4.3.	VARIACIÓN DE LEYES .....	81
4.3.1.	Leyes de oro de los taladros de producción.....	81
4.3.2.	Leyes de oro depositadas en el pad de lixiviación.....	83
4.3.3.	Comparación de las leyes de oro .....	84
4.4.	DISCUSIÓN .....	89
	CONCLUSIONES .....	94
	RECOMENDACIONES .....	96
	REFERENCIAS .....	97
	ANEXOS.....	100
	Anexo A: Planos	
	Anexo B: Tablas	
	Anexo C: Matriz de consistencia	

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1: Ubicación de la Unidad Minera ARASI.....	18
Figura 1.2: Pueblos cercanos a la Unidad Minera ARASI .....	20
Figura 2.1: Sección de tajo final interpuesta con modelo de bloques.....	27
Figura 2.2: Definición de secciones en base al cuerpo mineralizado .....	28
Figura 2.3: Imagen ilustrativa de secuencia de explotación .....	35
Figura 2.4: Flujograma de Información .....	47
Figura 2.5: Características del planeamiento a corto plazo .....	51
Figura 4.1: Parámetros de diseño del tajo Jesica .....	62
Figura 4.2: Vista en 3D del tajo final de Jesica interpuesto con la topografía ....	63
Figura 4.3: Vista en sección del tajo final de Jesica .....	63
Figura 4.4: Vista en planta de los sólidos del plan anual 2013.....	64
Figura 4.5: Vista en 3D de los sólidos del plan anual 2013.....	65
Figura 4.6: Vista en planta de la topografía actualizada del tajo Jesica .....	66
Figura 4.7: Base de datos de los taladros de producción .....	67
Figura 4.8: Stock de mineral y desmonte del tajo Jesica del 25 de marzo .....	69
Figura 4.9: Rutas de transporte de mineral y desmonte a sus destinos.....	70
Figura 4.10: Actualización del porcentaje de topografía al modelo .....	71
Figura 4.11: Modelo de bloques actualizado para abril del 2013 .....	71
Figura 4.12: Proyectos de perforación para abril del 2013 .....	74
Figura 4.13: Proyectos de perforación del banco 4928 para abril del 2013 .....	76
Figura 4.14: Proyectos de perforación del banco 4920 para abril del 2013 .....	77

Figura 4.15: Programación de la perforación y voladura para abril del 2013 .....	78
Figura 4.16: Taladros de producción del proyecto 10 en el banco 4920 .....	82
Figura 4.17: Extracto de leyes de los blastholes (laboratorio químico).....	83
Figura 4.18: Extracto de leyes de oro puestas en el pad .....	84

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1: Accesibilidad 1 a la Unidad Minera por Arequipa .....	19
Tabla 1.2: Accesibilidad 2 a la Unidad Minera por Juliaca .....	19
Tabla 3.1: Operacionalización de variables .....	55
Tabla 4.1: Proyectos de voladura ejecutados de marzo del 2013 .....	68
Tabla 4.2: Programa de producción Arasi 2013 (Forecast) .....	72
Tabla 4.3: Programa de producción para abril del 2013 .....	72
Tabla 4.4: Detalle de los proyectos de perforación para abril del 2013 .....	75
Tabla 4.5: Equipos requeridos para abril del 2013 .....	79
Tabla 4.6: Asignación de equipos para abril del 2013 .....	80
Tabla 4.7: Reporte mensual de comparación de leyes de abril del 2013 .....	85
Tabla 4.8: Reporte mensual ajustado de variación de leyes para abril del 2013 .	86
Tabla 4.9: Reporte mensual de variación de leyes para marzo del 2013 .....	87
Tabla 4.10: Reporte mensual de variación de leyes para mayo del 2013 .....	88
Tabla 4.11: Reporte mensual de comparación de leyes LP de abril del 2013 .....	89

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CAD	Diseño Asistido por Computadora
ESP	Problema de Selección de Equipos
KPI's	Indicadores de Gestión
MIP	Programa Entero de Mezcla
MLP	Modelo de Largo Plazo
MS	Software Minero MineSight
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
VAN	Valor Actual Neto

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Planeamiento de minado a corto plazo del mes de abril de 2013 que tuvo lugar en la Unidad Minera ARASI S.A.C en el proyecto Jesica, ubicado en el distrito de Ocuwiri, provincia de Lampa en el departamento de Puno”, engloba el proceso en planificación que minimiza la desviación de la secuencia de minado establecido por el largo plazo, y tiene como objetivo general evaluar el planeamiento de minado a corto plazo, determinando qué información relevante proviene del *in situ* (en el sitio) de las operaciones mineras, y cuales son necesarias considerar para procesarlas y luego tener el modelo de leyes de oro actualizado (con leyes de oro más confiables), y posteriormente establecer el diseño de los cortes de minado, que involucre ley de oro (gr/ton), toneladas y/o volúmenes de mineral y desmonte a ser extraídos, una vez determinado los volúmenes de material a explotar se toma decisiones para la selección de equipos necesarios, que serán utilizados para cumplir metas, dentro de ellos la cantidad de mineral puesto en pad, y también determinar el porcentaje de variación de leyes de oro, qué en promedio fue de 17,9 % al finalizar el mes de abril, esta comparación fue entre la ley planificada; 0.52 gr/ton y la ley puesta en Pad; 0.615 gr/ton, considerando que el presente trabajo es de tipo descriptivo no experimental y alcanza el nivel de investigación descriptiva, el plan de minado a corto plazo como tal tuvo que satisfacer los objetivos establecidos en el plan anual de minado (Forecast), por lo tanto, el planeamiento de minado a corto plazo es el conjunto de actividades orientadas a cumplir metas de explotación de mineral que estén dentro del límite final del pit, minimizando desviaciones y así generar sostenibilidad económica durante la vida de explotación del yacimiento mineral.

**Palabras clave:** Planeamiento, blastholes, información necesaria, operación minera.

## ABSTRACT

The current investigation work entitled “Short-term mining planning for the month of April 2013 that took place in the ARASI SAC mining unit in the Jesica project, located in the district of Ocuvirí, province of Lampa in the department of Puno”, It includes the planning process that minimizes the deviation of the mining sequence established by the long term, and its general objective is to evaluate the short-term mining planning, determining what relevant information comes from the in situ (on the site) of the mining operations, and which are necessary to consider to process them and then have the model of gold grades updated (with more reliable gold grades), to later establish the design of the mining cuts, involving gold grades (g/t), tons and / or volumes of ore and waste to be extracted, once the volumes of material to be exploited have been determined, decision-making is made for the selection of necessary equipment, which will be used to meet targets, within them the amount of mineral put in the leach pad, and also determine the variation percentage of gold grades, which on average was 17.9% at the end of April, this comparison was between the grade planned; 0.52 g/t and the grade put in Pad; 0.615 g/t, considering that the present work is descriptive non-experimental type and reaches the level of descriptive research, the short-term mining plan as such had to meet the objectives established in the annual mining plan (Forecast), therefore, the short-term mining planning is the set of activities aimed at meeting mineral exploitation goals that are within the final limit of the pit, minimizing deviations and thus generate economic sustainability during the life of exploitation of the mineral deposit.

**Key Words:** Planning, blastholes, needed information, mining operation.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DEL PROBLEMA

El trabajo de tesis está enfocado en la Unidad minera ARASI S.A.C en el Proyecto Jesica, ubicado en el distrito de Ocuwiri, provincia de Lampa en el departamento de Puno, que es una mina a tajo abierto donde la explotación se dio en bancos de 8 metros de altura y el mineral principal es el oro.

En el proyecto Jesica se realizó el plan de largo plazo antes de iniciar con la explotación del tajo Jesica, el cual definió el límite final (tajo final) para obtener la mayor rentabilidad posible, a partir de este límite final es que el largo plazo secuencia y dimensiona la explotación minera, para ello, Couzens, 1979 (como se citó en W. Hustrilid, M. Kuchta & R. Martin, 2013) “dentro del concepto de planificación hablando en lapsos de tiempo”, existe un proceso en planificación que minimizara la desviación del secuenciamiento de minado establecido por el largo plazo, y esta hará que la explotación minera sea sostenible durante la vida de la mina, haciendo uso del planeamiento de la producción, Mathieson, 1982 (como se citó en W. Hustrilid et al.,2013) enfatiza: “la importancia del desarrollo de una secuencia de minado optimo y un programa de producción a lo largo de la vida de la mina, y ha establecido los alcances básicos del planeamiento de la producción entre los cuales busca; mantener la viabilidad de la operación dentro del plan a través de la selección adecuada del equipo y maquinaria para la operación, examinar adecuadamente el escenario económico involucrando leyes y costos, todo ello para maximizar la rentabilidad del proyecto minero”.

Entonces la evaluación del planeamiento de minado a corto plazo es de vital importancia para alcanzar los objetivos de la empresa minera, primero recopilando, determinando y actualizando información geológica, topográfica y de minado del in situ de las operaciones, el plan a corto plazo entre lo más resaltante debe evaluar y considerar solo lo más adecuado para su elaboración, y como parte de su desarrollo incluye el uso de herramientas interactivas para actualizar el modelo de bloques y en base de este hacer el diseño de los cortes de minado, involucrando datos de leyes de oro, volúmenes y tonelajes de material, entre otros datos, que son necesarios para establecer los ratios de producción mensual de mineral y desmonte que estén dentro del límite final del tajo, y entendiendo que una vez establecidos los ratios de producción y manteniendo una comunicación clara y constante entre las áreas involucradas, es que se hace la selección de los equipos y herramientas necesarios para alcanzar las metas de producción definidas, finalmente al finalizar el periodo mensual se genera el porcentaje de variación de leyes de oro de los blastholes con las leyes de oro depositadas en el pad de lixiviación.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es el proceso en planificación que minimiza la desviación de la secuencia de minado establecido por el largo plazo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Qué información relevante se debe considerar para desarrollar el plan de minado a corto plazo?
- ¿Qué es lo que se hace después de procesar la información relevante en el desarrollo del plan de minado a corto plazo y su influencia en la toma de decisiones?

- ¿Cuál es la variación entre las leyes de oro planificadas y las leyes de oro puestas en el pad de lixiviación?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La tesis que se presenta en este trabajo tiene como objetivo principal mostrar el desarrollo del planeamiento de minado a corto plazo de acuerdo a los intereses de la empresa ARASI S.A.C. para el mes de abril del 2013 en el proyecto Jesica ubicado en el distrito de Ocuveri, provincia de Lampa, departamento de Puno.

Como producto el trabajo de investigación se justifica plenamente, por cuanto al diseño y secuenciamiento de minado en el tajo Jesica y todo lo que involucra realizar el plan de minado mensual.

### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el planeamiento de minado a corto plazo para el mes de abril de 2013 en el proyecto Jesica, Unidad minera ARASI.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Recopilar y determinar la información relevante in situ de las operaciones mineras en el proyecto Jesica, Unidad minera ARASI.
- Diseñar los cortes de minado y determinar su secuenciamiento para mineral y desmonte con el modelo de leyes de oro actualizado (con leyes de oro más confiable), y en base a estos seleccionar los equipos disponibles.
- Determinar la variación de leyes planificadas con las leyes puestas en pad de lixiviación.

## 1.5. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Las coordenadas UTM en el centro del yacimiento son: 8°312,938N y 304,095E. a una cota promedio de 4900 m.s.n.m.

Este proyecto de investigación se llevó a cabo para satisfacer la necesidad de ARASI S.A.C de desarrollar el plan de minado a corto plazo del mes de abril de 2013, como parte de la ingeniería en la explotación del tajo Jesica.

## 1.6. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

### 1.6.1. Ubicación

El proyecto Jessica de la Unidad Minera ARASI se encuentra ubicado en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa, departamento de Puno, aproximadamente a 800 Km al SE de la ciudad de Lima y a una distancia de 90 Km al NW de la ciudad de Juliaca en las partes altas de las microcuencas de los riachuelos Azufrini y Huarucani que son afluentes del río Chacapalca, en la figura 1.1 se muestra la ubicación de ARASI.



Figura 1.1: Ubicación de la Unidad Minera ARASI

Fuente: IGN



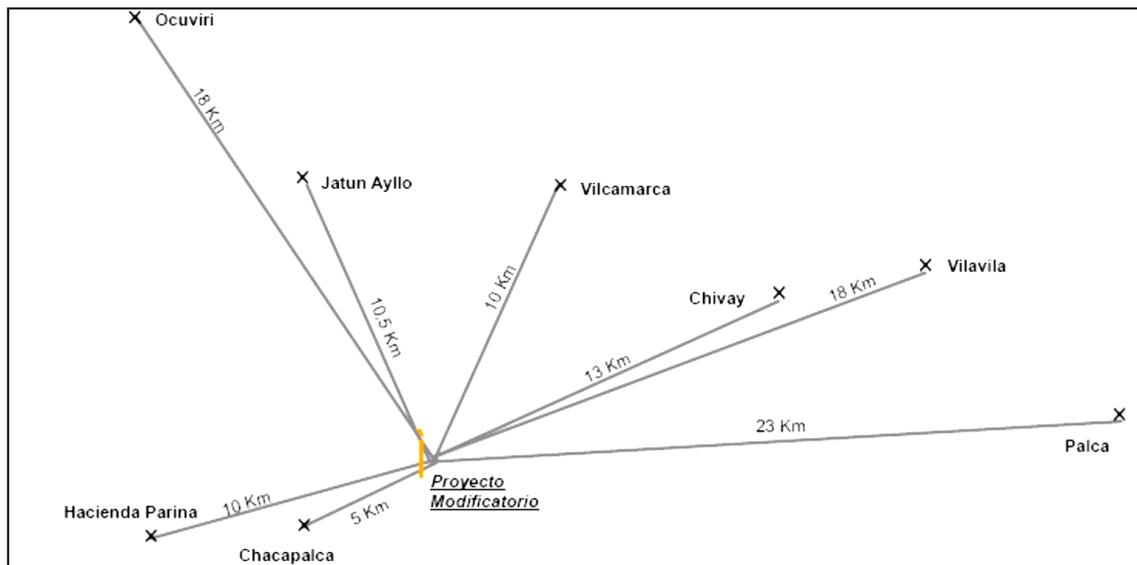


Figura 1.2: Pueblos cercanos a la Unidad Minera ARASI

Fuente: IGN Carta 31U

### 1.6.3. Clima y vegetación

El relieve presenta las características de abruptas pendientes y superficies onduladas, planicies superficiales más o menos horizontales. El clima es frígido con temperaturas que varían entre 6 a 20 °C, y mínimas por debajo de 0°C.

La vegetación predominante consta de pajonal de Puna contrastada con suelos y un estrato de arbustos de distribución parchada y zonas de bofedales.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Vargas Vergara, M. (2011), Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla, Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile.

“Sabemos en la actualidad que la explotación de minas superficiales involucra un gran movimiento de material en volumen y usan datos geo metalúrgicos promedio para luego procesar los datos y realizar un programa de producción que permita darle un valor económico al proyecto (plan de largo plazo). La influencia que toma la planificación a corto y mediano plazo es de mucha importancia para la toma de decisiones que conlleven a hacer modelos de optimización que permitan evaluar diferentes escenarios de extracción, pero considerando las restricciones que involucren directamente a las operaciones mineras”.

Rossi, M. y Baudino, M. (2009). Modelos de corto y mediano plazo. Geomin 2009 Antofagasta Chile.

Resumiendo, los modelos de recursos y reservas de factibilidad en otras palabras el modelo de largo plazo no es el final, en este caso se debe considerar estimaciones intermedias y parciales en el tiempo los cuales serán actualizados por la nueva información de taladros de producción, toda esta actualización de información hace que nuestro modelo de largo plazo sufra modificaciones, pero siga siendo sostenible durante

el tiempo. Los modelos de largo plazo usualmente involucran datos iniciales los cuales nos dan un panorama para poder planificar toda la vida de la mina y distribuirlos en periodos anuales, este MLP (Modelo de Largo Plazo) se utilizan para la predicción de flujo de caja y la factibilidad del proyecto minero en el cual se incluyen secuencias de minado, estimación de leyes y toneladas que serán recuperadas en números elevados de volúmenes, pero no siempre las mismas cantidades si no de manera variable. Entonces es muy necesario ir actualizando el modelo de largo plazo con la información del corto plazo para así ir llenando espacios que antes no se conocían, y volver hacer el cálculo de reservas ya actualizadas y así tener información más confiable para su explotación.

Lipovetzky, N., N. Burt, C., R. Pearce, A., and J. Stuckey, P. (2014). Planning for Mining Operations with Time and Resource Constraints. In Proceedings of ICAPS-14.

Resumiendo, en la planificación a diario el problema que se tiene es planificar los bloques que se desea extraer, el objetivo es generar una secuencia en donde las restricciones como el blending (la mezcla del recurso mineral) sea considerado en cada etapa de minado, estas restricciones no son muy bien orientadas por planeadores automatizados, por otro lado, encontrar el punto de quiebre entre cada secuencia de minado es un gran reto para MIP (Programa Entero de Mezcla). El problema de encontrar una secuencia factible de minado usando una combinación de MIP y planeamiento enfocado en la descomposición. MIP toma cuidado de las restricciones del recurso mineral y el planificador se encarga del resto de problemas de secuenciamiento de minado. La noción de encontrar una secuencia factible por medio de idear una función objetivo-heurística en el MIP, el cual mejorara el resultado de búsqueda para el

planificador. Empíricamente analizamos la escalabilidad de nuestro enfoque en un punto de referencia.

Vazques A., Galdames B. y Le-Feaux R., (1998), Apunte preliminar diseño y operaciones de minas a cielo abierto, Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile.

Resumiendo, para la selección del método de explotación de un yacimiento mineral está basada principalmente en la parte económica tales como los costos, beneficios, flujos de caja, inversiones, etc. Esta decisión involucra factores como ubicación, forma, tamaño y profundidad del yacimiento mineral, la topografía superficial inicial, tipo de mineral, otra que encontramos es la complejidad y calidad del cuerpo mineralizado así mismo su selectividad, también encontramos las características geotécnicas y geomecánicas del macizo rocoso, otro factor y muy importante es la fiabilidad de las reservas calculadas y por último todas las inversiones y costos mencionados. Todos los factores mencionados generaran un descarte de algunos métodos de minado y llegando encontrar el más óptimo económicamente para la empresa interesada, en caso que la explotación sea por cielo abierto desde ese punto entra a tallar la etapa de planificación la cual para su etapa de largo plazo utilizara datos de sondajes reales para después ser procesados y obtener un modelo de bloques (krigage, ivor, etc) el cual tendrá datos como leyes, tipo de roca, datos económicos, recuperación metalúrgica, etc. El cual servirá para la etapa de diseño del pit final el cual tendrá variaciones según la ley de corte critica calculada para diferentes escenarios de explotación, es aquí donde entra el planeamiento a mediano y corto plazo, haciendo el seguimiento y materializando lo establecido por el plan de largo plazo y así encontrar la mejor manera de aprovechar la reserva mineral que se convertirá en ganancia económica para la empresa interesada.

Claudia Fernanda de Nicola Perez. (2015), Dilución operacional en mina el Soldado (tesis de pregrado), Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Resumiendo, determinar la dilución operativa actualmente repercute en el beneficio económico, desencadenando pérdida en el retorno esperado, considerando que existen distintas causantes de que exista dilución, desde las características inherentes de la roca mineral a explotar (geología y geotecnia de la zona), selección de quipos mina, altura de banco de explotación y la inclinación del mineral respecto al plano horizontal, aspectos del desplazamiento producto de la voladura de rocas, interacción con otras estructuras de la mina (fallas, cuñas y cavidades), y terminando en la experiencia y conocimiento de los operadores de equipos. El objetivo general es analizar los diferentes focos de dilución presentes en la mina El Soldado, cuantificando su importe en la dilución global y estudiando posibles soluciones para disminuirla, del mismo modo se pretende entender la forma de operar una explotación a tajo abierto, donde existen muchísimas dificultades operativas (cuñas, poco mineral, cuerpos mineralizados aislados, etc.), además de complicaciones económicas por las pérdidas millonarias que se producirán en la mina el Soldado los próximos años. Los focos de dilución a estudiar son; modelo geológico, definición de polígonos de extracción operativos, voladura, forma de carguío, selectividad de equipos de carguío, caserones rellenos, error de muestreo geológico, accesos y rampas, y practicas operacionales. Considerando que la explotación minera en ese entonces tenía una dilución que bordea el 8% al 10%, siendo un 5% la dilución planificada y de un 3% a 5% la dilución operacional, se concluye que; disminuyendo la dilución a un 5% (valor asociado al modelo geológico), se obtienen ganancias de \$9,25 MUSD.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Método de explotación

El método por elegir para la explotación de mineral deberá presentar las mejores ventajas para la extracción, por lo general los aspectos técnicos que controlan esta decisión han sido ampliamente difundidos, sin embargo, no es el mismo caso para los factores económicos que son los de mayor relevancia en esta etapa de planificación, la decisión de mayor importancia es determinar si la mina deberá ser subterránea o tajo abierto.

Los depósitos de mineral que están siendo extraídos por técnicas de tajo abierto varían considerablemente en tamaño, forma, orientación y profundidad por debajo de la superficie. Las topografías superficiales iniciales pueden variar de Cumbres de la montaña a los pisos del valle. A pesar de esto, hay una serie de diseños basados en geometría y consideraciones de planificación fundamentales para todos ellos. A modo de introducción, consideramos que en la mayoría de casos primero es necesario extraer gran parte del desmonte antes de llegar a mineral (desbroce). (W. Hustrilid et al., 2013, p.290)

El cuerpo mineral se extrae desde arriba hacia abajo en una serie de capas horizontales de uniforme grosor llamados bancos. La extracción comienza con el banco superior y después de una suficiente extracción de la superficie expuesta, la extracción de la siguiente capa puede comenzar. El proceso continúa hasta el fondo se alcanza la cota del banco y se logra llegar al límite final del tajo. Para acceder a los diferentes bancos se debe crear accesos o rampas. El ancho y la pendiente de esta rampa dependen del tipo de equipos a ser seleccionados para la operación minera. Se deben crear y mantener pendientes estables durante el desarrollo y operación del tajo. El ángulo de pendiente es

un parámetro geométrico importante que tiene un impacto económico significativo. La minería a cielo abierto está altamente mecanizada. Cada parte de la maquinaria minera tiene una geometría asociada, tanto relacionada con su propio tamaño físico y con el espacio que requiere para operar eficientemente. Hay un conjunto de actividades complementarias de perforación, carguío y transporte que requiere una cierta cantidad de espacio de trabajo, este espacio requerido se tiene en cuenta al dimensionar los llamados bancos de trabajo. Desde el punto de vista operativo y económico, ciertos volúmenes deben ser eliminados antes que otros. Estos volúmenes tienen un tamaño mínimo y un tamaño óptimo. (W. Hustrilid et al.,2013, p.290)

### **2.2.2. Tamaño de la operación**

El tamaño de la operación minera no queda definido por la magnitud de la misma, pues depende de los procesos posteriores, el análisis del tamaño óptimo para cada proceso, necesariamente debe analizarse desde una perspectiva global teniendo en cuenta las inversiones, costos de operación y características de la curva Tonelaje-Ley. En diversas ocasiones es la disponibilidad de fondos económicos la restricción principal, y en ese caso el problema se reduce a encontrar el tamaño óptimo económico-técnico de cada etapa de producción bajo tal restricción. (D. Vega, 2011, p.16)

### **2.2.3. Límites finales**

Es la frontera final que define hasta donde es conveniente extender una explotación minera en términos económicos, para el caso de una explotación a tajo abierto se le conoce como tajo final (ver Figura 2.1), por lo general este límite final en el tiempo se ve modificado debido a nuevas condiciones operacionales-económicas o técnicas que permiten la generación de nuevas reservas. (L. Chambilla, 2013, p.10)

Para determinar el pit final existe una serie de procedimientos basados en; diseño manual y diseños computacionales optimizantes.

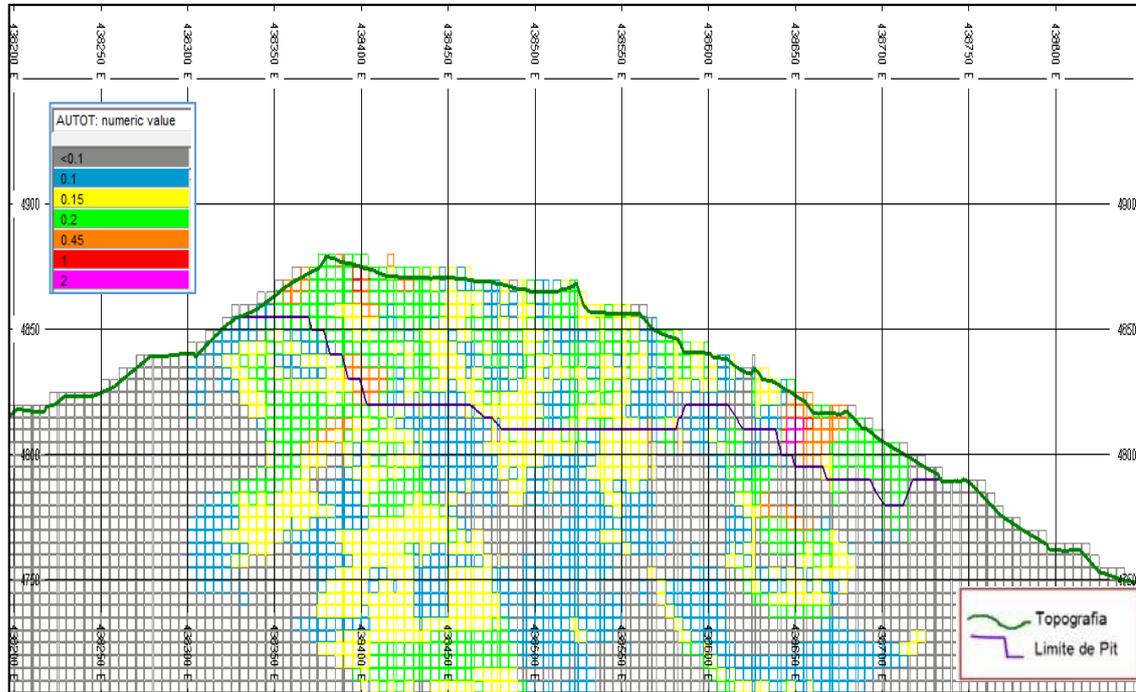


Figura 2.1: Sección de tajo final interpuesta con modelo de bloques

Fuente: L. Chambilla (2013)

### Diseño manual

El método manual de diseño de tajos demanda una considerable cantidad de tiempo y juicio de parte del ingeniero. El método usual de diseño manual comienza con los tres tipos de secciones verticales:

Secciones transversales espaciadas a intervalos regulares, paralelas unas con otras, y normales al eje longitudinal del cuerpo mineralizado (ver Figura 2.2). Estas permitirán definir la mayor parte del tajo y pueden enumerarse a partir de 10 hasta quizás 30, dependiendo del tamaño y forma del depósito y de la información disponible.

Una sección longitudinal a lo largo del eje longitudinal del cuerpo mineralizado (ver Figura 2.2), con el propósito de ayudar a definir los límites de tajo en los extremos del cuerpo mineralizado. Secciones radiales para ayudar a definir los límites del tajo en los extremos del cuerpo mineralizado (ver Figura 2.2).

Cada una de las secciones debe mostrar las leyes de mineral, la topografía de superficie, la geología (si fuera necesaria para establecer los límites del tajo), los controles estructurales (si fueran necesarios para establecer los límites del tajo) y cualquier otra información que permita limitar el pit (por ejemplo, los linderos de la propiedad).

La razón de stripping se utiliza para determinar los límites del tajo en cada una de las secciones. Los límites del tajo se colocan en cada una de las secciones, utilizando independientemente el ángulo de talud adecuado para el tajo. (D. Vega, 2011, p.62)

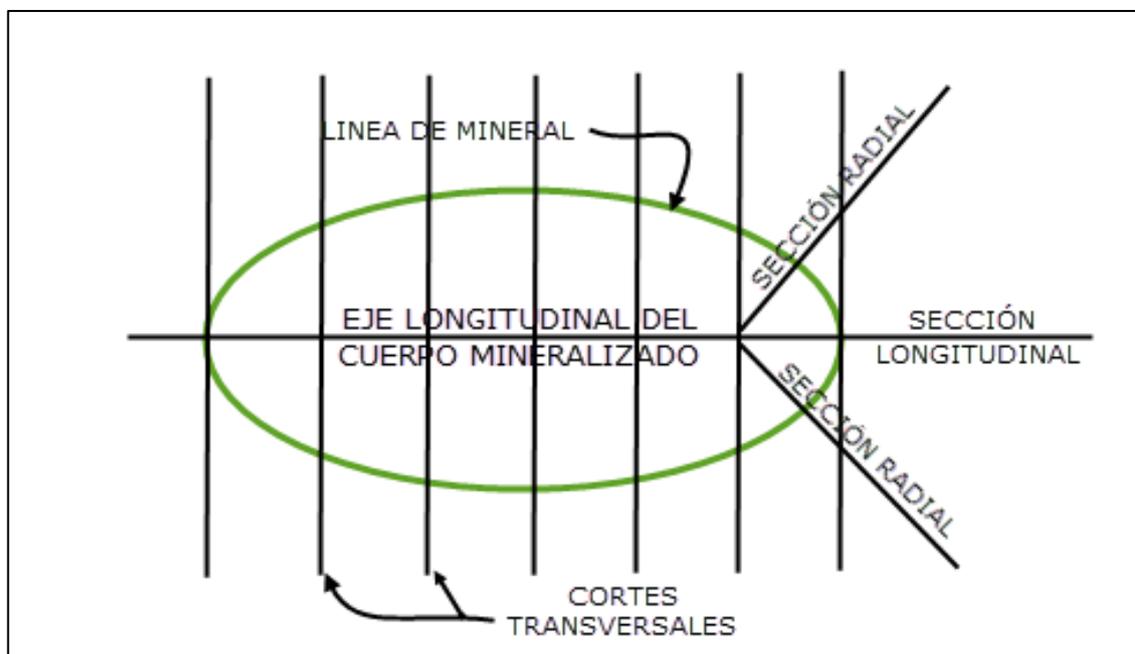


Figura 2.2: Definición de secciones en base al cuerpo mineralizado

Fuente: D. Vega (2011)

Los límites del tajo se ubican, en la sección en un punto donde la ley del mineral pueda solventar la remoción del lastre situado sobre éste. Cuando se haya trazado una línea para el límite de tajo en la sección, se calcula la ley del mineral a lo largo de la línea y se miden las longitudes del mineral y del lastre. Se calcula la razón lastre-mineral, y se le compara con la razón de despeje de equilibrio para la ley de mineral ubicada a lo largo del límite del tajo. Si la razón de despeje o stripping calculada fuera menor que la razón de stripping permisible, se expande el límite del tajo. Si la razón de stripping calculada fuera mayor, se reduce o contrae el límite del tajo. Este proceso continúa en la sección, hasta que se establece el límite de tajo en un punto donde las razones de stripping de equilibrio y calculadas son iguales. Si se modificara la ley del mineral a medida que se moviera la línea de límite de tajo, también cambiaría la razón de stripping de equilibrio a utilizar (...).

Los límites de tajo se establecen en la sección longitudinal de la misma manera que se hace con las mismas curvas de razones de stripping. No obstante, los límites de tajo para la sección radial se manejan con una curva de razón de stripping diferente. La sección radial representa una porción angosta del tajo en la base, y una porción mucho más ancha en el intercepto superficial. En el caso de las secciones radiales, las razones de stripping permisibles deben ser ajustadas hacia abajo, antes que se pueda establecer el límite de tajo.

El siguiente paso en el diseño manual consiste en la transferencia de los límites de tajo de cada una de las secciones a un solo plano de planta del depósito. Se transfieren la elevación y la ubicación del fondo del tajo y los interceptos de la superficie de cada una

de las secciones. De producirse un cambio de talud de tajo en una sección, también se transfiere su posición. (D. Vega, 2011, p.63)

El plano de planta resultante mostrará un patrón bastante irregular de la elevación y geometría del fondo del tajo y de los interceptos de superficie. El fondo debe ser suavizado manualmente, a fin de adaptar la información de las secciones.

Comenzando con el fondo de pit suavizado, el ingeniero desarrollará la geometría para cada banco situado en el punto medio, entre la pata del banco y la cresta. El ingeniero expande manualmente el tajo a partir del fondo, utilizando para ello los siguientes criterios:

Es probable que sea necesario promediar las razones de stripping de equilibrio para las secciones adyacentes.

Se deben respetar los taludes permisibles. Si se diseña el sistema de caminos al mismo tiempo, se utiliza el ángulo de inter-rampa. Si el diseño preliminar no mostrara los caminos, la geometría para los puntos medios de los bancos se basará en el talud global más bajo que permita los caminos. Se deberán evitar los posibles patrones de inestabilidad en el tajo. Estos incluirían todos los pandeos presentes en el tajo. Los patrones geométricos sencillos en cada uno de los bancos hacen que el diseño sea más fácil.

Una vez desarrollado el plano del tajo, se deberán revisar los resultados, a objeto de determinar si se han cumplido las razones de stripping de equilibrio. En el plano del

tajo, se puede dividir el pit en sectores y, luego, proceder a revisar la razón lastre/mineral en cada uno de los sectores (...).

Las reservas totales para el pit y la razón de stripping promedio se determinan, acumulando los valores de cada uno de los bancos. En cada banco, se miden las toneladas de mineral por sobre la ley de corte de equilibrio y, se calcula la ley promedio del mineral. También se miden las toneladas de lastre. El total de toneladas de mineral y el total de toneladas de lastre en cada banco, dan como resultado la razón de stripping promedio para el tajo. (D. Vega, 2011, p.64)

### **Diseños computacionales optimizantes**

Como pudo apreciarse, el diseño manual de un tajo exige del ingeniero de planificación una participación directa con el diseño y aumenta el conocimiento del ingeniero en lo que al depósito se refiere. Sin embargo, cabe señalar que el procedimiento es engorroso y es difícil de utilizar en depósitos grandes o complejos. Debido a lo extenso del procedimiento, el número de alternativas que se pueden examinar es limitado. A medida que se recopila más información y si se modifica cualesquiera de los parámetros de diseño, podría ser necesario repetir el proceso completo. Otra de las desventajas del método de diseño manual está en que el tajo puede estar bien diseñado en cada una de las secciones, pero, cuando las secciones están unidas y el tajo está suavizado, el resultado podría no arrojar el mejor pit global.

El crecimiento del uso de computadores ha permitido a los ingenieros manejar mayores cantidades de información y de examinar una mayor cantidad de alternativas de pit que las disponibles con los métodos manuales. El computador ha demostrado ser una

excelente herramienta para almacenar, recuperar, procesar y desplegar información de proyectos mineros. Se han desarrollado aplicaciones computacionales que permiten liberar al ingeniero de toda la sobrecarga que implica el diseño de tajos.

Los esfuerzos en materia computacional pueden dividirse en dos grupos:

- Métodos asistidos por computadores. Los cálculos son realizados por el computador bajo supervisión directa del ingeniero. El computador no realiza todo el diseño, sino que sólo ejecuta el trabajo de cálculo, siendo el ingeniero el que controla el proceso. A modo de ejemplo, se podría citar la técnica bidimensional de Lerchs-Grossman y el diseño tridimensional que utiliza un método de expansión de pits incremental.
- Métodos automatizados. Estos son capaces de diseñar el pit final para un determinado conjunto de limitantes económicas y físicas sin ninguna intervención por parte del ingeniero. Una de las categorías de métodos automatizados contiene las técnicas matemáticas óptimas que utilizan la programación lineal, la programación dinámica o los flujos de redes. Una segunda categoría posee los métodos heurísticos, tales como el método de conos flotantes que produce un pit aceptable, pero no necesariamente uno óptimo. A medida que bajen los costos por concepto de procesamiento computacional, se dispondrá de mejores métodos automatizados.

Otra característica que diferencia los tipos de métodos computarizados es el uso de un bloque, ya sea, completo o parcial, para explotación. En un método de bloque íntegro, cada uno de los bloques es explotado ya sea como una unidad o bien se le deja

intacto; en el método de bloques parciales, se puede explotar una porción de cada bloque. Cada uno de los tipos tiene ciertas ventajas, una de ellas es la precisión en el cálculo de tonelajes, otro es el manejo y los diferentes atributos que se le pueden asignar a cada bloque como litología, costos, entre otros (...). (D. Vega, 2011, p.65)

Para el diseño de los límites explotables, se deben asignar valores a los parámetros físicos y económicos de cada bloque, así el límite del pit estará representado por el conjunto de bloques que cumpla con el criterio utilizado. En este aspecto, uno de los criterios más usados es el económico, el cual busca maximizar los beneficios de las reservas explotables, de acuerdo a las características técnicas que presente el yacimiento. El material contenido en él o los pits debe cumplir con el siguiente objetivo; no se debe explotar un bloque a menos que éste pueda solventar todos los costos relacionados con su explotación, procesamiento y comercialización, además del costo del despeje del lastre situado sobre el bloque (...). (D. Vega, 2011, p.65)

La mayor restricción para el tamaño del bloque viene determinada por la cantidad de datos existentes para estimar la ley en el bloque. Podemos afirmar, por lo tanto, cuanto menor sea el tamaño del bloque, mayor es el error en la estimación de la ley y consecuentemente, menor será la validez del modelo de beneficios que se aplicará en la optimización.

Como regla general, las dimensiones de los bloques deben limitarse al tamaño de la red de sondajes para no alterar el proceso de estimación de leyes. (D. Vega, 2011, p.66)

#### 2.2.4. Secuencia de explotación

##### Secuenciamiento de explotación a largo plazo

Una vez definido el tajo final es necesario conocer la mejor manera para llegar a este mismo, la definición de esta secuencia implica un fuerte impacto en el valor presente del negocio minero, y su búsqueda es una tarea compleja que requiere un análisis individual de opciones. La idea es ir consumiendo el depósito de manera tal que responda a los objetivos planteados en la misión definida por la empresa, cumpliendo las restricciones propias de toda explotación minera, tales como geológicas (leyes), geomecánicas, operacionales, legales, ambientales, entre otros. (D. Vega, 2011, p.617)

Se denomina secuencia de explotación o estrategia de consumo de reservas, a la forma en que se extraen los materiales desde el tajo, durante el período comprendido entre el inicio de la explotación hasta el final de ella (pit final). La extracción del material se realiza en sucesivos tajos intermedios, los que reciben el nombre de Fases o Expansiones como se muestra en la Figura 2.3.

La secuencia de extracción de las distintas fases tiene una estrecha relación con la distribución de las variables geológicas, geomecánicas, metalúrgicas y económicas del yacimiento. En la actualidad existen mecanismos aproximados que nos ayudan a obtener una secuencia de extracción de los materiales desde el yacimiento (...). (A. Vázquez, B. Galdames y R. Le-Feaux, 1998, p.64)

Todas estas metodologías permiten favorecer el valor presente de la operación, es decir optimizan el VAN (Valor actual neto) al término de la explotación del yacimiento extrayendo los mejores cuerpos minerales del yacimiento en las primeras fases de la

explotación (desde el punto de vista económico), garantizando la salida de las mejores reservas económicas primero dándole una secuencia de extracción con menor riesgo para el inversionista. (A. Vázquez et al., 1998, p.65)

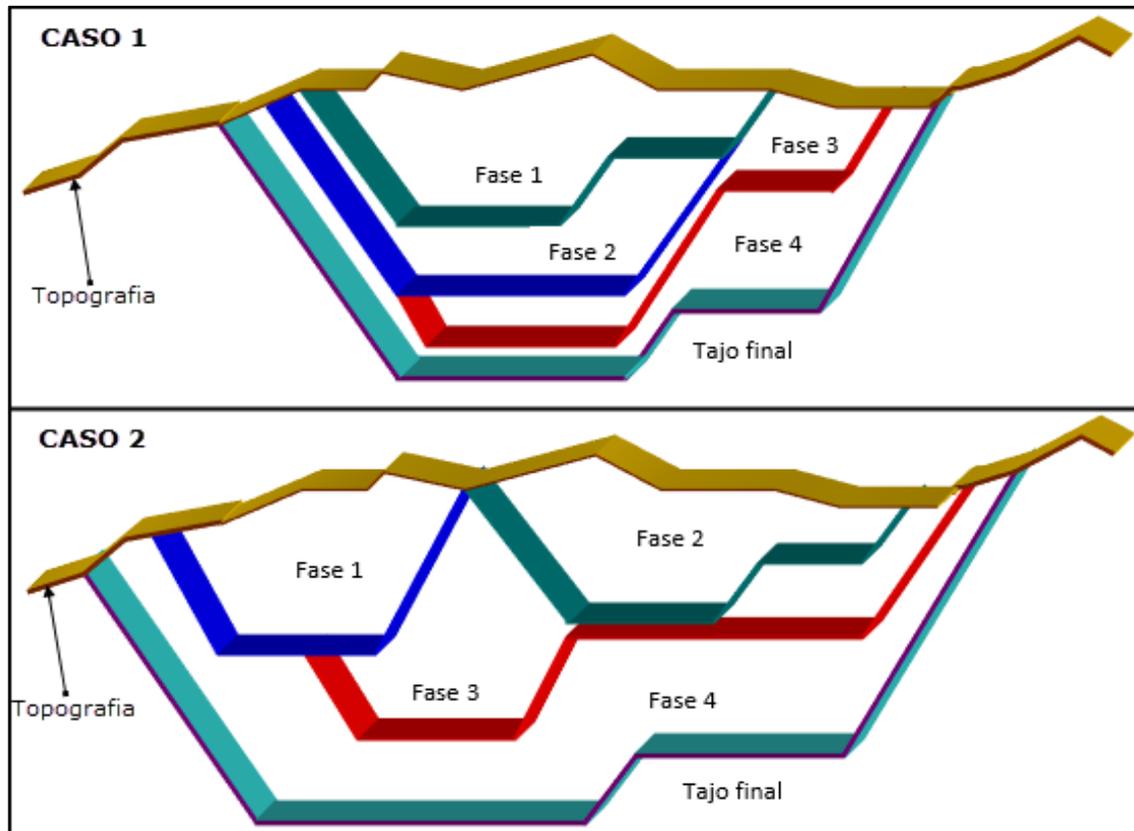


Figura 2.3: Imagen ilustrativa de secuencia de explotación

Fuente: D. Vega (2011)

### Secuenciamiento a corto plazo

La mayor parte del trabajo del planificador se hace en el secuenciamiento o mapas de banco Couzens, 1979 (como se citó en W. Hustrilid et al.,2013). Estos muestran:

- Topografía o contorno de la superficie.
- Ubicación del mineral.
- Límites geológicos.
- Límites de diseño.

Los mapas del tajo compuestos, que muestran la forma de la mina al final de cada período de planificación deben mantenerse. Estos permiten al planificador:

- Evitar conflictos entre las características del plan.
- Proporcionar una imagen de acceso en cada etapa de desarrollo.
- Ilustrar los taludes reales, las operaciones y las relaciones espaciales entre mineral y desmonte.

La transición de las fases de minado (secuenciamiento a largo plazo) al secuenciamiento a corto plazo debe hacerse tan pronto como la fase de diseños estén lo suficientemente completos como para establecer el diseño general. Los planes anuales deben:

- Permitir que los objetivos de producción definidos se establezcan en el espacio, así como en cantidades de material a ser movido.
- Permitir mejores evaluaciones económicas que las proporcionadas por las fases de minado.
- Dar una mejor definición de la relación de las fases entre sí, ya que ellas están superpuestas en toda la operación de la mina. Muestran los taludes operativos reales y rutas de transporte.

En una mina en operación habrá una cantidad de planes diferentes que cubrirán diferentes períodos. El personal de ingeniería generalmente es responsable de:

- Estimación anual de reservas de mineral.

- Planes anuales o plurianuales con respecto al minado del tajo, cambios en los accesos de acarreo, etc.

- Planes trimestrales.
- Planes mensuales. (...). (W. Hustrilid et al.,2013, p.647)

El personal operativo desarrolla:

- Planes semanales.
- Planes diarios.

Dentro del marco de mayor alcance (...). (W. Hustrilid et al.,2013, p.648)

#### **2.2.5. Ley de corte**

Existe una variable de decisión que afecta directamente al tiempo requerido para consumir el depósito mineral; dicha variable es la ley de corte, que en esencia permite discriminar económicamente lo que es mineral de estéril, una ley de corte alta indica que la proporción de mineral del depósito es baja y por lo tanto, la vida de la mina se reduce y viceversa. Entre estos dos extremos, existe una estrategia que conlleva a una maximización del beneficio actualizado, la estrategia optima por lo general, significa leyes de corte decrecientes en el tiempo, este vector en definitiva permite conocer la cantidad (tonelaje) y calidad de mineral (ley) de las reservas extraíbles. (D. Vega, 2011, p.17)

K.F. Lane (1964) propone su teoría “eligiendo la ley de corte óptima” y la cual es usada en la actualidad, dicha ley de corte es igual a:

$$L_c = \frac{C_1 + C_2}{R * (P - C_3)}$$

$C_1$ : costo mina (\$/t)

$C_2$ : costo planta (\$/t)

$C_3$ : costo refinamiento (\$/metal)

P: precio del metal (\$/metal)

R: recuperación metalúrgica

La ley de corte es el criterio empleado en minería para discriminar entre el mineral y estéril. Se busca determinar la ley de corte que maximiza el valor presente de los flujos de caja de la operación de un modelo general: mina, planta y refinería, obteniéndose tres leyes de corte económicas al considerar que cada una de estas etapas limita por sí sola la capacidad de operación, y tres leyes de corte de equilibrio al equilibrar las capacidades de cada par de etapas. Una de estas seis leyes corresponde a la ley de corte óptima. El mejor criterio para definir la ley de corte es el de maximizar el valor presente de los flujos de caja de la operación, lo cual fallaría bajo consideraciones muy especiales. (A. Vázquez et al., 1998, p.26)

#### **2.2.6. Planeamiento minero**

Planeamiento minero es el que permite identificar y pronosticar el que hacer, de modo de alcanzar los objetivos de la empresa, junto con los presupuestos, los planes de venta, los programas de inversión, la estimación de recursos y reservas, entre otros. Para el caso de una empresa minera, el planeamiento es el encargado de definir el plan minero de producción; dicho plan identifica el origen, la cantidad y la calidad de material a beneficiar, como también las estrategias, tiempos y recursos requeridos para la materialización de lo programado (...). (D. Vega, 2011, p.15)

Planeamiento es una actividad que estará presente durante toda la vida de la mina, los planes de minado son hechos para ser aplicados en diferentes lapsos de tiempo, “Hay dos tipos de planeamiento de la producción que corresponden a diferentes lapsos de tiempo” (Couzens, 1979):

- Operacional o planeamiento de corto plazo; es necesario durante la explotación de un yacimiento mineral, significa que estará presente en los diferentes lapsos de tiempo que la mina estará en operaciones.
- Planeamiento de largo plazo; es usualmente hecho para la factibilidad o estudios económicos, estimación de reservas y diseño del tajo los cuales son elementos importantes en el proceso de toma de decisiones. (W. Hustrilid et al.,2013, p.505)

Algunas de las actividades de planeamiento de la producción deben ser discutidas, con atención especialmente a lo que involucra temas como vida de la mina, determinación de ratio de producción, diseño de la explotación y secuenciamiento de minado, así como proveer una guía general relacionada a ambas actividades de planificación largo y corto plazo, los objetivos básicos del planeamiento de la producción ha sido establecido por Mathieson (1982) y que incluye:

- Minar un yacimiento mineral de modo que cada año el costo para obtener un kilogramo de metal sea el mínimo.
- Mantener la viabilidad de la operación dentro del plan a través de la selección adecuada del equipo y maquinaria para la operación, accesos para transporte en cada banco del tajo.

- Incorporar la cantidad suficiente de mineral seguro, contando la posibilidad de una subestimación de toneladas y leyes de mineral en el modelo de reservas, esto particularmente es cierto en los primeros años los cuales son muy críticos para el éxito económico.
- Aplazar los ratios de desmonte requeridos, tanto como sea posible, proporcionar equipos y mano de obra.
- Desarrollar un programa de inicio lógico y fácilmente alcanzable con el debido reconocimiento del personal y su capacitación, actividades pioneras, despliegue de equipos, infraestructura y soporte logístico, minimizando así el riesgo de retrasar el inicio de un flujo de efectivo positivo de la empresa.
- Maximizar el diseño de los ángulos de tajo final, en respuesta a las investigaciones geotécnicas y su adecuación, a través de una planificación cuidadosa que minimice los aspectos adversos de cualquier inestabilidad en el tajo que pudiese ocurrir.
- Examinar adecuadamente el escenario económico, alternativas de costo de producción de mineral y escenarios de leyes de corte.
- El tema de fondo el propósito de la estrategia minera, selección de equipos y el desarrollo del plan de minado, “que si” contingencia de planeamiento. (W. Hustrilid et al.,2013, p.504)

### 2.2.7. Planes mineros de producción

Obtenemos un plan minero de producción a partir de la estimación de reservas, secuenciando la extracción de estas mismas, bajo este concepto se debe cuantificar las necesidades de recursos humanos, físicos y financieros, que permitan materializar las metas de producción en el tiempo. También aquí se desarrollan los trabajos que permiten recomendar la estrategia de alimentación a planta de tratamiento de mineral, si la empresa en cuestión tiene posibilidades de producción entre varios sectores o entre diferentes yacimientos. (L. Chambilla, 2013, p.11)

Todas las variables decisionales anteriormente descritas no son independientes, sino por el contrario tienen una relación funcional entre ellas y para su optimización es necesario recurrir a un análisis. Allí se tiene además las distintas fuentes de información necesaria para establecer el escenario en donde se desarrollan este proceso de planificación. La información geológica, geotécnica y metalúrgica constituyen una entrada esencial para el análisis de cualquier proyecto minero, el cual además se ve influenciado por una serie de variables exógenas, tales como el precio de venta del producto.

El planeamiento operacional es un conjunto de tareas que, define las soluciones de corto plazo al generar las proposiciones que optimizan en forma permanente el concepto del negocio minero diseñado en la fase anterior.

En general la confección de un plan de producción debe realizarse siguiendo la secuencia establecida en el agotamiento de mineral, tratando de obtener las mejores leyes periodo a periodo, y suavizando éstas decreciente mente a medida que la explotación

avance. Debe cumplirse la alimentación a planta y los ritmos programados de movimientos. (D. Vega, 2011, p.17)

### **2.2.8. Selección de la flota de equipos**

Una vez construidas las fotos de la mina según el plan de producción optimizado, se procede a la medición de distancias y distribución económica de materiales. Esto junto a los índices operacionales, los rendimientos de los equipos y sus productividades, y en el caso de los camiones, las distancias medias de transporte, velocidades y rendimientos. (D. Vega, 2011, p.12)

En la selección de equipos mineros, el tipo, tamaño y número de unidades son consideraciones importantes, y estos tres elementos son fuertemente interdependientes. Independientemente del método utilizado, el objetivo del proceso de selección de equipos es satisfacer los ratios de producción requeridos al mismo tiempo que se minimiza los costos de extracción.

Las dimensiones de una máquina y su tasa de producción son factores importantes en el dimensionamiento de equipos. Las dimensiones más grandes y la mayor productividad no necesariamente van de la mano. La velocidad de cada componente de un ciclo de excavación y las dimensiones, como la altura de descarga, influyen en la productividad de la máquina de carga y también deben tomarse en consideración. (E. Bozorgebrahimi, R. A. Hall & G. H. Blackwell, 2003, p.2)

El problema general de selección de equipos es elegir una colección compatible, pero no necesariamente equipos homogéneos para realizar una tarea específica. En

muchas aplicaciones, la tarea es mover un volumen de material de una serie de frentes a un conjunto de destinos. Sin embargo, los diferentes tipos de equipos tienen atributos que pueden interactuar de una manera compleja con respecto a la productividad. En aplicaciones de minería superficial, el ESP (Problema de selección de equipos) aborda la selección de equipos para extraer y transportar material extraído, incluidos desmonte y mineral, a lo largo de la vida útil de la explotación del tajo, enfocados específicamente en el problema de selección de equipo; de carguío y transporte para minas superficiales. (C. Burt & L. Caccetta, 2014, p.1)

John Wiebmer (Wiebmer, 1994) observó: "No hay dos minas que sean iguales. Cada una de ellas requiere un sistema único de personas, máquinas y procesos para satisfacer las necesidades de producción y hacerlo rentable. Los mineros hoy, como nunca antes, tienen una amplia variedad de opciones en herramientas de carguío para satisfacer las necesidades operacionales. Palas de cable, palas hidráulicas, excavadoras y cargadores sobre ruedas ... diferentes equipos para tareas diferentes" La envergadura y profundidad de elección impone una necesidad para la diligencia debida en la determinación de las características completas del servicio requerido y un análisis cuidadoso de las opciones para satisfacer esas necesidades.

Las consideraciones iniciales deben considerar las características, ventajas y desventajas especiales de cada tipo de equipo de carga en comparación con las condiciones y características únicas de la operación minera propuesta. Una de las consideraciones iniciales es una clasificación sugerida para cada tipo de equipo. (R. Hardy, 2007, p.39)

Cañete P. (2008). Los indicadores claves de rendimiento miden el nivel del desempeño de un proceso, enfocándose en el cómo e indicando que tan buenos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado. Son métricas financieras o no financieras utilizadas para cuantificar objetivos y reflejar el rendimiento de una organización.

Disher S. (2011). Los KPI's (Indicadores de gestión) garantizarán la eficiencia en toda la operación obteniendo un impacto directo con la satisfacción y lealtad del cliente. El seguimiento de indicadores clave de rendimiento, es clave para evaluar la rentabilidad y el rendimiento de su negocio. Análisis de tendencias, revisión de datos que permitirá actuar con rapidez y corregir cualquier problema. Esto contribuirá a maximizar los ingresos por servicios e impulsar cambios basados en datos reales. (D. Gil, 2011, p.25)

### **2.2.9. Reconciliación**

#### **Modelo de control de leyes**

El modelo de control de leyes se utiliza normalmente para la planificación diaria de la producción. En muchas operaciones, el modelo de control de ley se puede definir a partir del modelo de corto plazo como polígonos de control de mineral o cortes que delimitan los límites del mineral y desmonte. La dilución interna se estima dentro del modelo de control de ley y las leyes minadas deben reflejar los cortes de mineral diluidos producidos en esta etapa.

El modelo de control de ley suele ser la parte extraíble del modelo de corto plazo que tiene en cuenta la unidad de minado selectivo. En alguna operación de superficie los

polígonos de control de mineral son estudiados en el campo definiendo límites de explotación. (B. Nielson, C. Roos, Scott Rosenthal & R. Rossi, 2018, p.3)

### **Modelo de corto plazo**

La planificación táctica de la mina utiliza el modelo de corto plazo para desarrollar secuencias de minado detalladas para maximizar la producción y extracción del cuerpo mineralizado. El modelo de corto plazo se desarrolla a partir de los taladros conocidos como Infill drilling y los taladros de producción (si están disponibles) y por lo general contienen información nueva del banco, talud o tajeo mapeado y a menudo dan como resultado una mejor estimación del tonelaje y la ley que los valores pronosticados en el modelo de largo plazo.

A pesar de que se utilizan más datos dentro del modelo de corto plazo, todavía se producen errores. Un error común es la ineficiencia en el proceso de minado para separar el mineral y el desmonte según lo planeado por el personal de control de mineral, lo que resulta en una mayor dilución que la anticipada por el modelo de corto plazo, Parker, 2012 (como se citó en B. Nielson, 2018). Tenga en cuenta que no todas las operaciones tienen un modelo de corto plazo y algunas utilizan el modelo de largo plazo para la planificación táctica y planificación de corto plazo. (B. Nielson, C. Roos, Scott Rosenthal & R. Rossi, 2018, p.2)

### **Reconciliación de mina y planta**

La conciliación entre la producción de la mina y la planta debe hacerse de manera regular, pero monitoreada diariamente para garantizar la precisión del muestreo y el

mantenimiento de registros. Las mejores prácticas actuales se consideran como una reconciliación mensual.

Una reconciliación proporciona comprobaciones de discrepancias, que pueden requerir cambios en los procedimientos operativos o el modelo de estimación de recursos y reservas mineras.

La producción de la mina generalmente se reconcilia con la planta, ya que generalmente se acepta que la medición en la planta es más precisa. Las discrepancias significativas y los factores de ajuste resultantes deben explicarse e informarse. (W. Hustrilid et al.,2013, p.708)

#### **2.2.10. Sistema de información**

Conjunto de información necesaria para la toma de decisión, que contiene subsistemas para recolectar, almacenar, procesar y discutir los conjuntos de información necesaria para realizar el plan de minado.

El sistema de información debe proveer información correcta, útil, oportuna y debe llegar selectivamente a los diferentes niveles como son: directivos alto, medio y bajo nivel. Los subsistemas que intervienen en la mina son: (Herrera Herbert & Plá de la Rosa, 2001)

- Oficina mina
- Oficina geología.
- Oficina ingeniería y planeamiento

- Planta concentradora
- Laboratorio.
- Oficina de sistemas

### **Sistema de información para el planeamiento**

El sistema de información proporcionara todos los datos requeridos para el planeamiento y control de las operaciones de producción y de servicios. Los datos a ser usados en el planeamiento deben estar disponibles en la fecha requerida, sean actuales y confiables.

### **Implementación del sistema de información**

Cada subsistema que interviene en la operación minera debe cumplir con preparar los datos requeridos en formatos especiales, el flujo de esta información se muestra en la Figura 2.4 (López Jimeno, 1991)

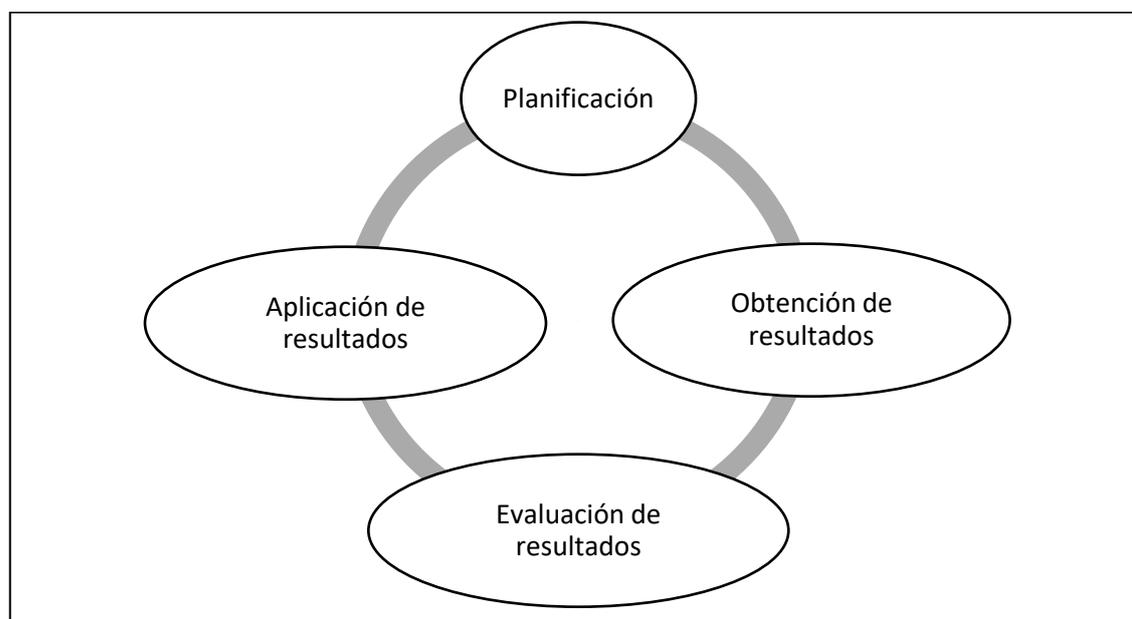


Figura 2.4: Flujograma de Información

Fuente: López Jimeno (1991)

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1. Planificación minera

Las empresas mineras desde hace ya más de un siglo están obligadas a presentar a la administración un proyecto de la explotación a realizar, previo a la obtención de la concesión final de explotación y, posteriormente un plan de labores anuales, que permite ejercer control por parte de los directivos de la compañía y por parte del estado, que es el propietario de las riquezas en el subsuelo. Estos artículos constituyen documentos bancables, necesarios para conseguir préstamos, justificar inversiones, y que en el caso de empresas que cotizan en la bolsa, inciden de manera directa en el valor de las acciones. En consecuencia surge la disciplina de planificación minera, que se define como el proceso de Ingeniería de Minas que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo (Rubio [25]), alineado con los objetivos estratégicos de la corporación, sean estos maximizar el valor presente neto (VAN), el volumen total de reserva, maximizar el tiempo de explotación, minimizar el riesgo de la inversión, etc., e integrando las restricciones impuestas por el recurso mineral, el mercado y el entorno.

### 2.3.2. Niveles de planificación

Es posible separar en niveles el proceso de planificación de acuerdo las características de las decisiones tomadas (Newman et al. [21]):

- **Estratégicas:** Se refieren a la elección de los métodos de explotación, capacidad mina y de procesamiento y, en general las estimaciones de reservas mineras. El principal objetivo de la planificación estratégica es sincronizar el mercado con los recursos disponibles y la misión de la compañía.

- **Tácticas:** Corresponden a la especificación de los procesos a realizar a lo largo de la vida de la mina, como los programas de producción de largo plazo y los modelos de programación para la utilización de equipos y plantas de procesamiento. La planificación táctica o conceptual determina la forma de alcanzar el objetivo establecido previamente por la planificación estratégica. Su resultado es el plan minero, que define el cómo y el cuándo se extraerán los recursos, estableciendo los recursos humanos y materiales a utilizar.

- **Operativas:** Se realizan con frecuencia diaria, por ejemplo, dirección de despacho de un camión. Dentro de la planificación operativa se incluyen los procesos e índices operativos resultantes del plan minero. Es aquí cuando se produce la retroalimentación con la planificación conceptual.

Finalmente, en función del nivel de precisión de los datos y de la escala espacial de los períodos de duración del plan minero, este se descompone en diferentes horizontes de planificación minera, los cuales constituyen una herramienta para tratar la incertidumbre dentro del proceso minero. Estos son:

- **Largo plazo:** La planificación de largo plazo define una envolvente económica en función de las reservas mineras disponibles, sobre la cual se trabajará para establecer un plan minero anual, estableciendo el tamaño de la mina, el método, capacidad de producción, secuencia de explotación, y el perfil de leyes de corte. Se Incorpora variables más bien promedio y generales, debido a que el tamaño del problema a resolver, no permite un mayor nivel de detalle, considerando las heurísticas utilizadas actualmente.

- Mediano plazo: La planificación de mediano plazo, por lo general, abarca un horizonte de tiempo trianual y anual, y produce planes de producción orientados a obtener las metas productivas en el corto plazo definidas en el largo plazo. Permite asegurar el presupuesto de operaciones y retroalimentar la planificación de largo plazo.
- Planificación de corto plazo: El horizonte de tiempo de esta planificación es diario, semanal, mensual y trimestral. Es en esta instancia de planificación donde se debe analizar los recursos utilizados en la operación de la mina. Debe recopilar la información operacional de modo de retroalimentar la planificación de mediano plazo.

### **2.3.3. Planeamiento a corto plazo**

Es así como es común entender el corto plazo, como aquella actividad de planificación cuyo horizonte es un año o menos, por lo que su detalle y concepción está fuertemente condicionado por la realidad contingente de la operación minera o proyecto, y corresponde a un detalle de todas las actividades que se desarrollan en el año. Es frecuente que la revisión de estos planes sea trimestralmente o mensualmente. Evidentemente el marco de referencia de esta planificación lo constituye el mediano plazo.

Al estudiar el planeamiento a corto plazo típico y la responsabilidad de los ingenieros de operación, en un periodo de hasta un año, en los cuales es característico el planeamiento diario, semanal y mensual hasta completar el plan anual. Es en esta instancia de planificación donde se deben analizar los recursos utilizados en la operación de la mina, debe recopilar la información operacional de modo de retroalimentar la planificación de mediano y largo plazo.

“Por planeamiento se entiende la labor de especificar cuáles son las tareas que intervienen en un proyecto, su duración en días, semanas o la unidad de tiempo que convenga y como están interrelacionados entre si todas las tareas y su secuencia” Nolberto Munier (como se citó en A. Quispe, 2013).

“Es analizar los problemas en forma anticipada, planeando posibles soluciones e indicando los pasos necesarios para llegar eficientemente a los objetivos que la solución elegida señala” Velasquez Mastretta (como se citó en A. Quispe, 2013).

Las características del planeamiento a corto plazo se presentan en la figura a continuación:

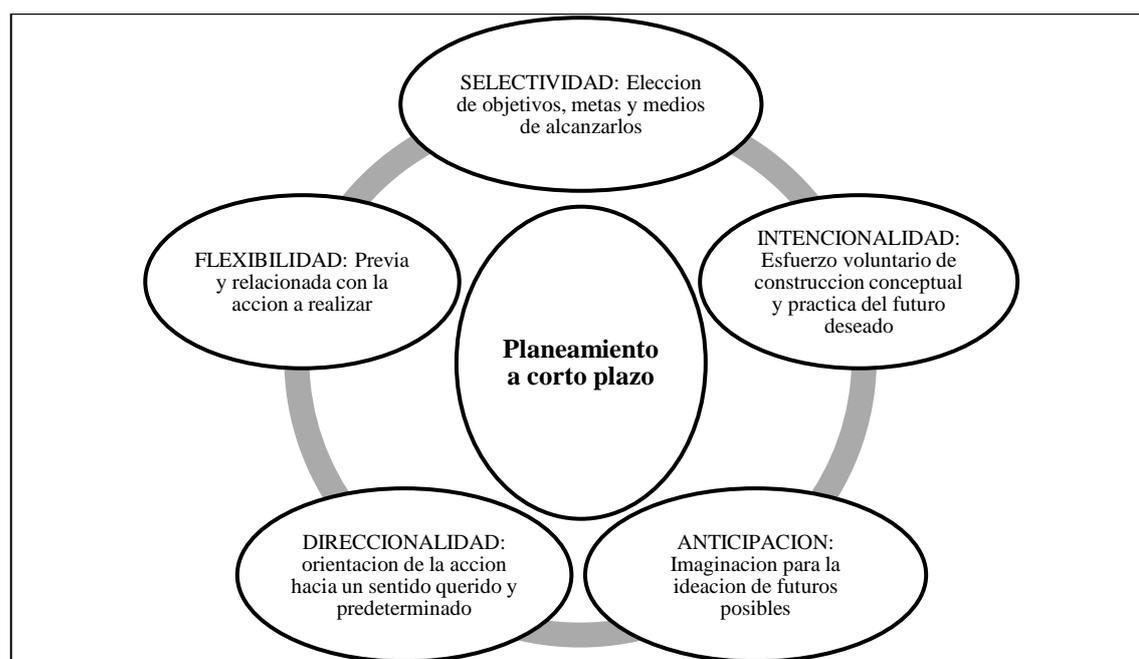


Figura 2.5: Características del planeamiento a corto plazo

## 2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.4.1. Hipótesis general

- El planeamiento a corto plazo es desarrollado para minimizar la desviación de la secuencia de minado.

#### 2.4.2. Hipótesis específicas

- La data recolectada, actualizada y que es extraída del in situ de la operación minera es: perforación y voladura, acarreo y transporte, y topografía, que es la información pertinente que dará lugar al desarrollo del planeamiento de minado a corto plazo.
- Los cortes de minado de mineral y desmonte, su secuenciamiento y la influencia directa que ejerce en la decisión de seleccionar los equipos necesarios.
- La variación de leyes de oro en un escenario optimo está en un rango de  $\pm 5\%$

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

Se realizó investigación de tipo descriptivo no experimental, debido a que no se realizara manipulación deliberada de variables, lo que se ara es evaluar la aplicación de los indicadores básicos que influyen en el plan de minado a corto plazo.

La investigación descriptiva, comprende la descripción de registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual de los datos. Utilizando el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio.

#### 3.2. REVISIÓN, RECOPIACIÓN Y ELABORACIÓN DE INFORMACIÓN PRELIMINAR

Se realizo el planeamiento según las metodologías a aplicar para ejecutar el proyecto de investigación, se recopiló y reviso información bibliográfica relacionada al tema de investigación. Se hizo una revisión bibliográfica para tener una visión del estado de conocimiento en relación al planeamiento de minado a corto plazo.

#### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

##### 3.3.1. Población

La masa del presente trabajo está conformada por el proyecto Jesica, que pertenece a la empresa ARASI S.A.C., de las que este trabajo tomara como referencia.

### 3.3.2. Muestra

La muestra del presente estudio de investigación está basada en el plan de producción diaria, semanal y mensual del tajo Jesica.

## 3.4. VARIABLES

### 3.4.1. Variable dependiente

La variable dependiente es la información que se obtiene tras el desarrollo del planeamiento de minado a corto plazo del tajo Jesica, e incluye los siguientes indicadores:

- Cortes de minado y su secuenciamiento.
- Toneladas de mineral y desmonte.
- Modelo de leyes de oro actualizado.
- Selección de equipos.
- Variación de leyes de oro.

### 3.4.2. Variables independientes

La variable independiente es la información que se obtiene del in situ de la operación minera del proyecto Jesica, e incluye los siguientes indicadores:

- Topografía real
- Perforación y voladura.
- Leyes de oro de blastholes.
- Acarreo, transporte
- KPI's.

### 3.4.3. Variable interviniente

- Política de la empresa ARASI

## 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3.1: Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	INDICES	
<b>Variable independiente:</b>	Topografía real	m.s.n.m	
La variable independiente es la información que se obtiene del in situ de la operación minera del proyecto Jesica	Perforación y voladura	B x E	
	Leyes de oro de blastholes	gr/ton	
	Acarreo y transporte	Km.	
	KPT's	Rendimientos	
	<b>Variable dependiente:</b>	Cortes de minado y su secuenciamiento	Cortes/Mes
Información que se obtiene tras el desarrollo del planeamiento de minado a corto plazo del tajo Jesica	Toneladas de mineral y desmonte	ton	
	Modelo de leyes de oro actualizado	gr/ton	
	Selección de equipos	Rendimientos	
	Variación de leyes de oro	Oz	
gr: Gramos de oro	ton: Tonelada	Oz: Onzas	Km: Kilómetro

## 3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.6.1. Técnica

Como parte del sustento del presente trabajo de investigación, se recopiló información técnica relacionada al título de este trabajo de investigación, que fueron publicados en libros, tesis de grado, revistas, informes especializados, artículos, páginas web donde hay información relacionada al planeamiento de minado a corto plazo en un tajo abierto.

### 3.6.2. Herramientas

#### Herramientas de gabinete

En ARASI se contaba con una planoteca, para llevar el registro físico de planos de la operación minera, y su libre uso para el desarrollo del plan de minado.

En la parte de hardware para realizar el plan mensual es necesario una Computadora que cumpla con los requerimientos para realizar diseños de ingeniería. Los softwares más representativos y utilizados que incluiremos en las herramientas de gabinete son:

- Software minero especializado MS (MineSight), el cual ha sido empleado para poder procesar información extraída del in situ de la operación minera; topografía, taladros de producción, modelo de bloques geológico (leyes de oro), después de actualizar la información citada, se realizaron los diseños de cortes de minado del mes de abril.
- Microsoft Excel fue utilizado para llevar la base de datos de toda la información utilizada en el planeamiento de minado a corto plazo, y también para representar las estadísticas de la operación minera.

#### Herramientas de campo

En ARASI se contaba con la infraestructura necesaria en el in situ de la operación minera, la cual brindaba las herramientas pertinentes (utensilios de escritorio, entre otros) para la recolección de datos necesarios dentro del desarrollo del plan de minado, entre estos datos tenemos:

- Los reportes diarios de los taladros de producción conteniendo información fresca de leyes de oro.
- Los reportes diarios de ore control, los cuales van ajustando las leyes de oro por tipo de roca y alteración.

### **3.7. METODOLOGÍA TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO**

La generación de un programa de producción de corto plazo se realiza actualmente de manera dinámica utilizando distintos softwares de diseño que permiten delimitar y cuantificar los volúmenes seleccionados para la extracción período a período por el planificador. La planificación de corto plazo se efectúa posteriormente y de manera secuencial a la planificación de largo plazo y tiene como información de entrada las fase-banco previamente definidas, la metodología se describe a continuación:

#### **3.7.1. Recopilación de información del plan de largo plazo**

- Sólidos (volúmenes de material) de fase-banco disponibles para el período de acuerdo al plan de largo plazo.
- Diseños de fase-banco involucradas en el período, con el cual se obtiene la ubicación de la rampa de acceso a cada fase y específicamente el punto de ingreso a cada banco.
- Modelo de bloques, que contiene la información básica y necesaria para realizar el plan minero. La visualización del modelo de bloques permite identificar el

comportamiento de las variables geometalúrgicas dentro de un banco, a través de una leyenda de visualización en un software de diseño.

### **3.7.2. Recopilación de información de mediano y corto plazo**

- Modelo de bloques actualizado con la información de los taladros de producción y mapeos geológicos.

- Secuencia de perforación de la fase-banco (diseños de proyectos de perforación).

Si bien no es un input directo para el plan de extracción, sí debe ser considerado en los desarrollos de la mina ya que se debe generar los espacios para los proyectos de perforación y el camino de servicios que necesita este proceso.

- Topografía actualizada, de los bancos de explotación y de toda la operación minera en general.

### **3.7.3. Definición de cortes de minado**

La definición de cortes de minado que corresponden a los volúmenes específicos a ser extraídos desde cada fase-banco periodo a periodo es un procedimiento que se realiza mediante el uso de software minero, en la cual el planificador realiza cortes en la fase-banco y computa las reservas usando el método de Inverso a la distancia ya que para la estimación se tiene como datos frescos los blastholes (taladros de producción) de cada corte de minado que estén dentro los límites y las fases definidas previamente en el proceso de planificación de Largo Plazo, y consta de los siguientes pasos:

- Visualización del modelo de bloques para identificar sectores y trabajos de desarrollo a realizar para acceder a zonas de interés, las cuales fundamentalmente corresponden a las de mayores leyes del material asociado al negocio de cada fase minera.
- Se despliega la triangulación o sólidos fase-banco a incluir en la planificación.
- Finalmente se selecciona el volumen en cada fase-banco a extraer por período. Al construir estos sólidos el planificador minero debe tener en cuenta los equipos de carguío de los que dispone la operación minera y debe asegurar la extracción en cada período del volumen requerido para cumplir a la planta de procesamiento (pad de lixiviación) y el volumen requerido para el botadero de desmonte. Además de lo anterior debe procurar cumplir con el movimiento mina que garantiza el stripping de estéril establecido por el plan de largo plazo para el horizonte temporal de corto plazo que se está planificando y asegurar el cumplimiento de las restricciones como leyes, tonelajes, % de recuperación y otros. Este último ítem genera la necesidad de que el planificador minero de corto plazo realice múltiples diseños que le permitan encontrar los cortes o polígonos de extracción que período a período cumplan con todas las restricciones establecidas.

#### **3.7.4. Procesamiento de información**

El procesamiento de la información para la planificación es continuo ya que constantemente se tiene que actualizar información proveniente del in situ de la operación minera. La información relevante para el planeamiento de minado a corto plazo es:

- En perforación y voladura se necesita tener el burden y espaciamiento, la velocidad de perforación de los equipos de perforación entre otros.

- En geología mina es necesario el mapeo geológico actualizado por proyecto.
- En mina se requiere los ciclos de los equipos de carguío y transporte, también sus KPI's.
- Relieve topográfico actualizado y llevado a formato CAD (Diseño Asistido por Computadora).
- Información de la explotación fase-banco como tonelajes y leyes a extraerse.

Toda esta información en conjunto sirve para poder armar el planeamiento de minado mensual, es aquí donde el Planificador plasma en los reportes la interpretación de la información procesada y escoge el mejor escenario en términos de producción.

### **3.7.5. Comunicación entre las áreas involucradas**

La comunicación entre las áreas involucradas es constante, en una operación minera se realizan reuniones que detallamos a continuación:

- Reunión de planeamiento mensual, esta reunión es entre la supervisión y jefaturas de todas las áreas involucradas en la operación minera, y por lo general esta reunión se hace a fines de cada mes y se ve el planeamiento de minado del mes siguiente.
- Reunión de planeamiento semanal, esta reunión se realiza entre supervisión y jefaturas de todas las áreas involucradas en la operación minera, y por lo general esta

reunión se hace a fines de semana y se ve el planeamiento de minado de la semana siguiente.

- Reunión de coordinación diaria, esta reunión se realiza entre supervisión de todas las áreas involucradas en la operación minera, y por lo general estas reuniones se llevan a cabo antes de iniciar el trabajo diario.

### **3.8. MATERIALES**

Entre los materiales utilizados para el presente trabajo de investigación tenemos:

- Computadora estacionaria.
- Computadora personal (laptop).
- Materiales de escritorio (hojas, lapiceros, etc).

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. INFORMACIÓN RELEVANTE

##### 4.1.1. Datos de entrada del plan de largo plazo

###### Limite final

Dentro de la información de entrada del planeamiento a largo plazo el cual fue realizado antes de iniciar la explotación del tajo, tenemos el límite final del tajo de explotación, en la Figura 4.2 se muestra vistas en 3D de diferentes perspectivas del límite final, en la Figura 4.3 se muestra una sección representativa del límite final del tajo, y en la Figura 4.1 se muestra los parámetros utilizados para el diseño del tajo Jesica (para determinar estos parámetros ARASI S.A.C. uso información pertinente como son estudios geotécnicos, higrológicos, hidrogeológicos, peligro sísmico, entre otros), consideremos también que hay información en este capítulo que fue proporcionada por la empresa ARASI S.A.C.

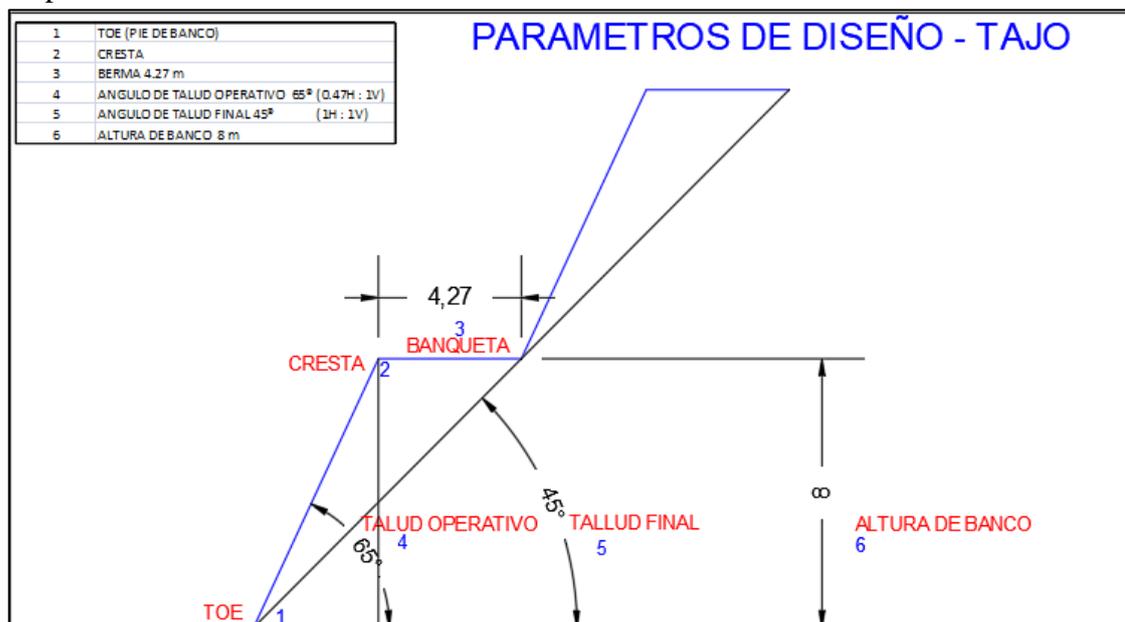


Figura 4.1: Parámetros de diseño del tajo Jesica

Fuente: Área planeamiento mina, Unidad Minera ARASI S.A.C. Proyecto Jesica

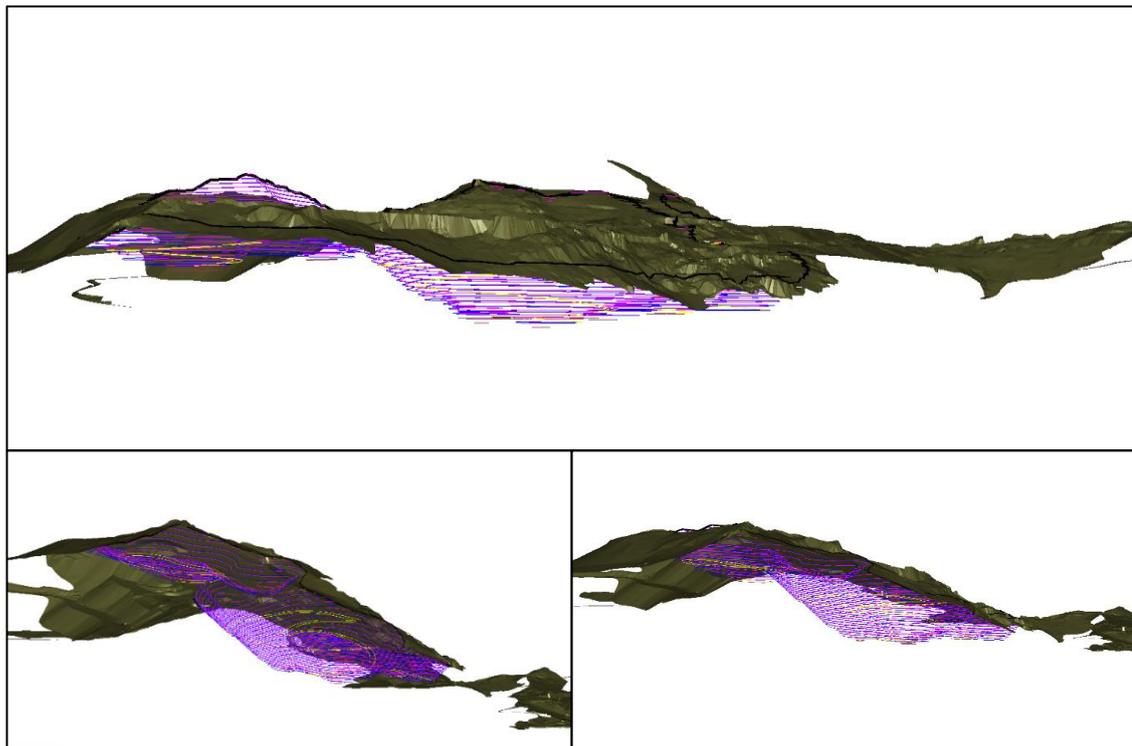


Figura 4.2: Vista en 3D del tajo final de Jesica interpuesto con la topografía

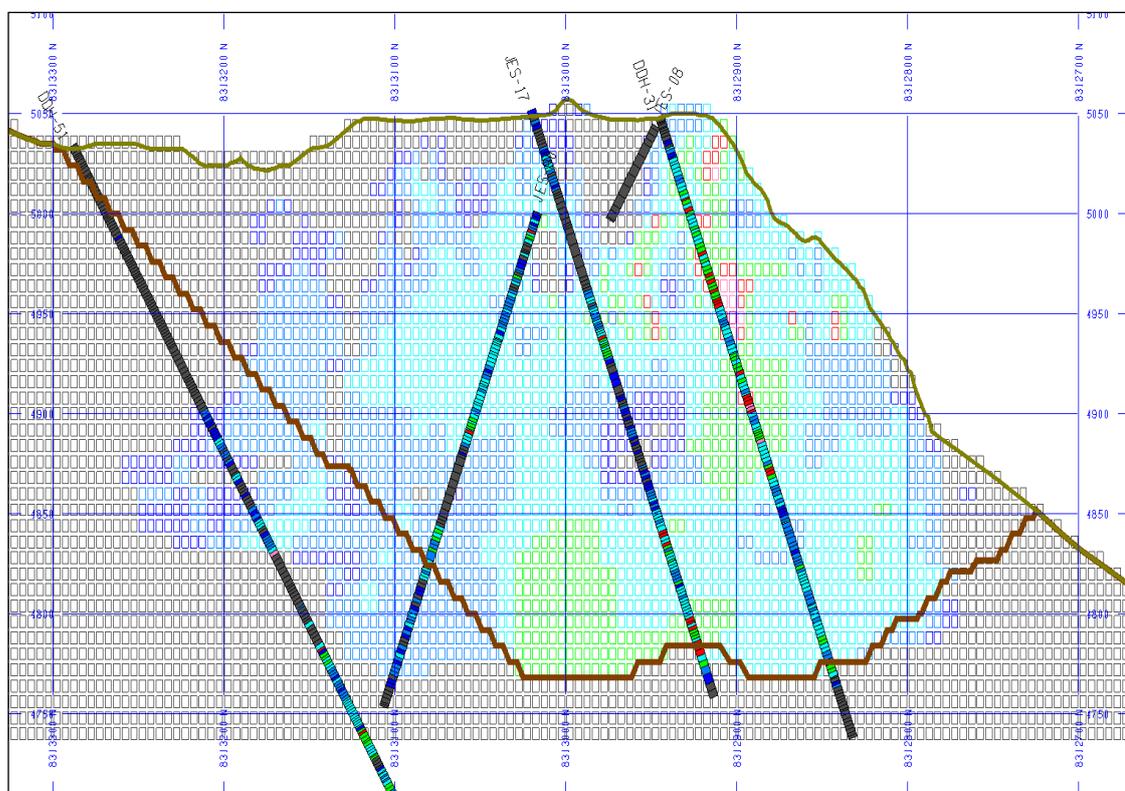


Figura 4.3: Vista en sección del tajo final de Jesica

### Secuencia de explotación

El planeamiento a largo plazo define datos relevantes, dentro de ellos el límite final del tajo, que serán considerados durante el periodo de explotación del yacimiento mineral, ya definido el límite final, lo siguiente fue establecer el Forecast 2013 (ver Tabla 4.2) y se definió los sólidos del plan anual 2013 que son parte del secuenciamiento de minado, dichos sólidos dieron lugar a la confección del Forecast.

En la Figura 4.4 mostramos la vista en planta de los sólidos correspondientes al año 2013 y en la Figura 4.5 se muestra vistas en 3D de los mismos sólidos.

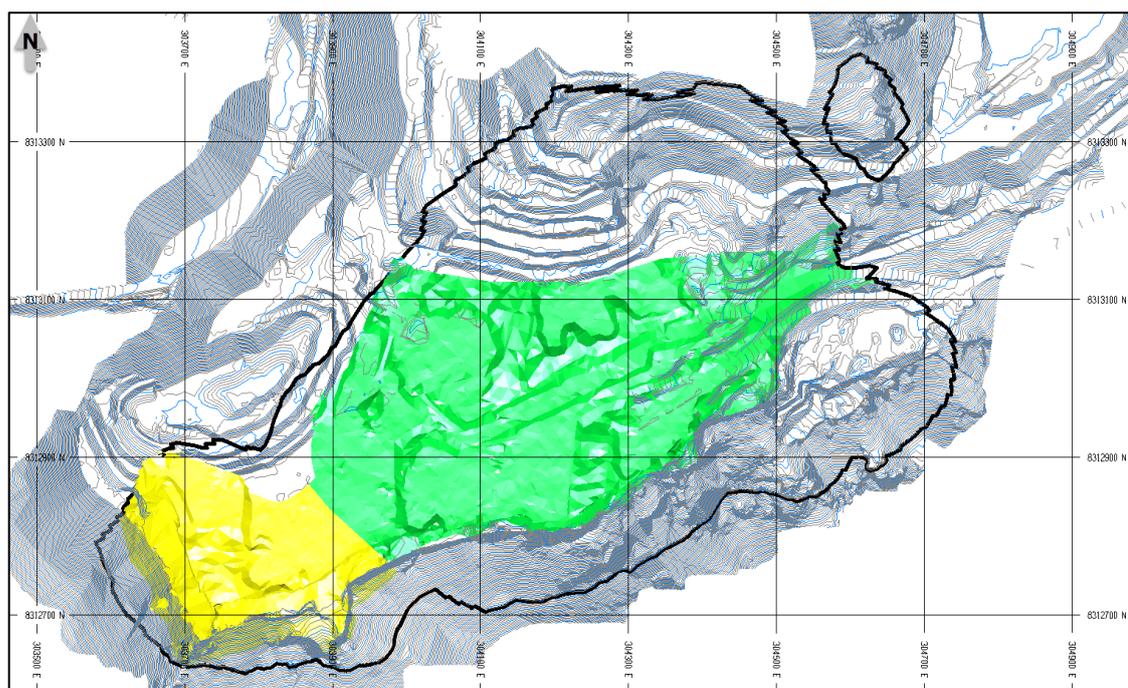


Figura 4.4: Vista en planta de los sólidos del plan anual 2013

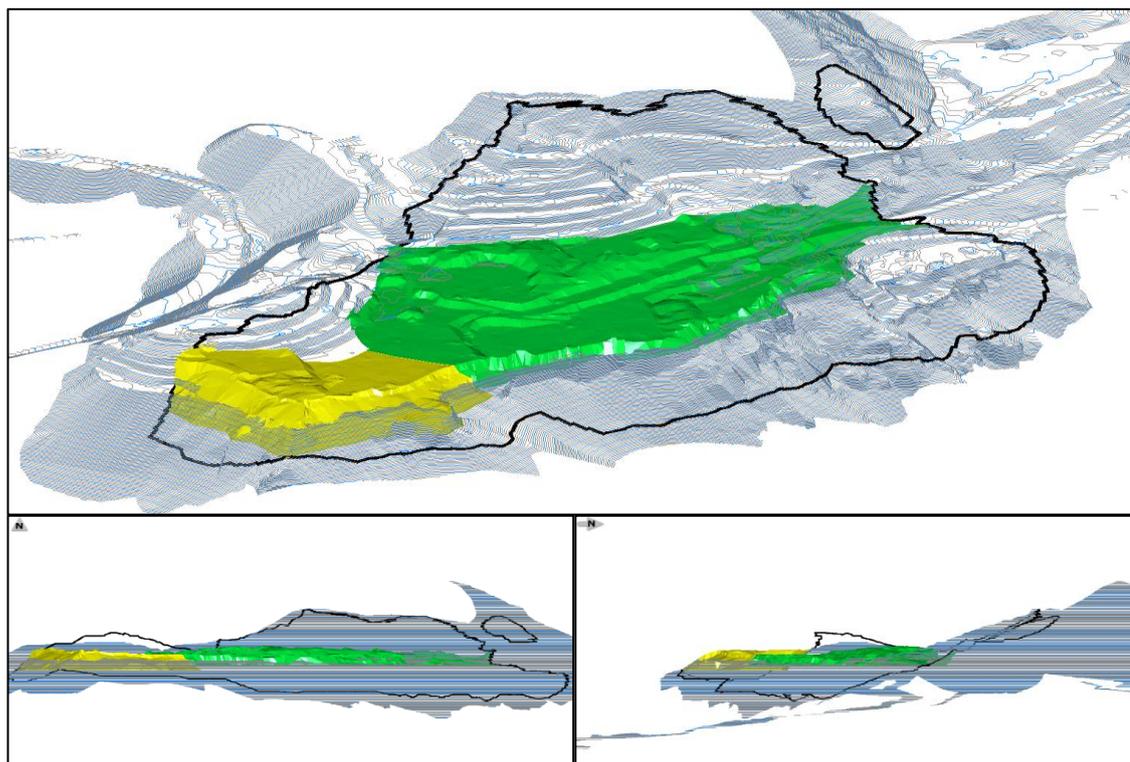


Figura 4.5: Vista en 3D de los sólidos del plan anual 2013

#### 4.1.2. Actualización de la base de datos

La actualización de la base de datos involucra el trabajo en conjunto del equipo de operaciones mina, tales como topografía mina, perforación y voladura, geología mina y planeamiento mina.

##### **Topografía**

Para actualizar la topografía fue necesario realizar el trabajo de campo, recopilando información topográfica del in situ de la operación minera, para luego ser llevados al gabinete de topografía y generar curvas de nivel que representen el relieve topográfico, para que después sean importados al software de diseño MS, en la Figura 4.6 mostramos la topografía que se actualizo para el mes de abril de 2013.

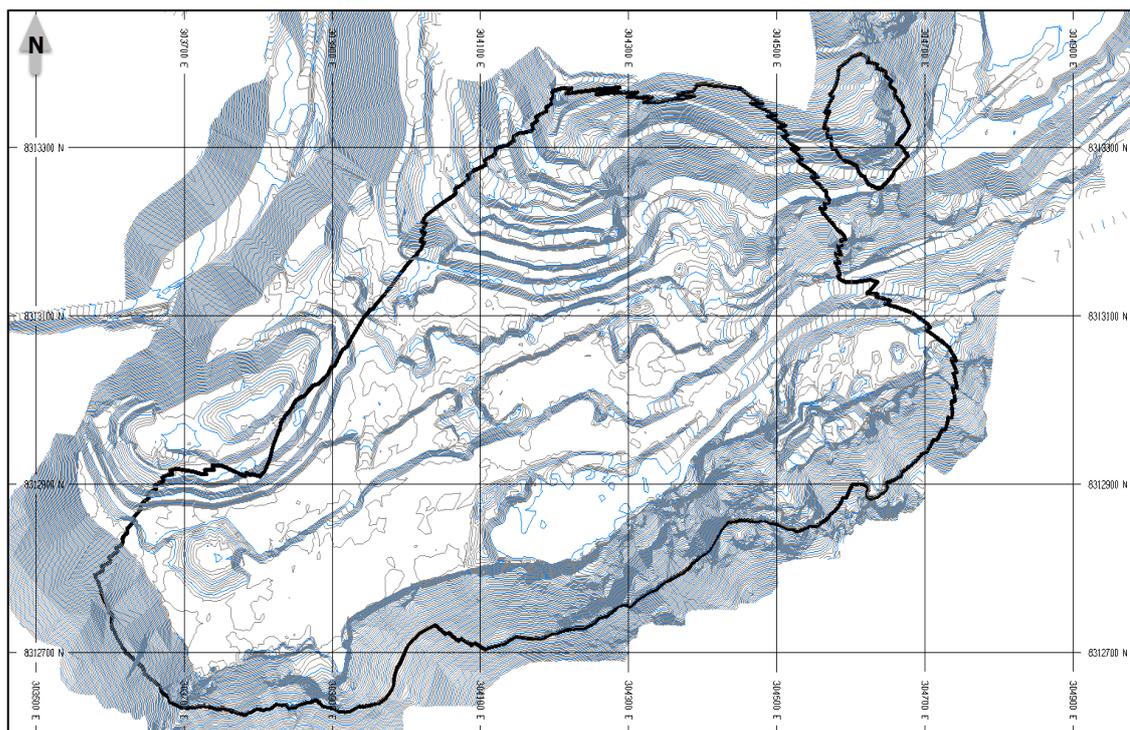


Figura 4.6: Vista en planta de la topografía actualizada del tajo Jesica

## Perforación y voladura

### Taladros de producción

Luego realice la actualización de la información de perforación y geología (base de datos de los taladros de producción) que fueron ingresados al MS, en la Figura 4.7 mostramos la base de datos de los taladros de producción que fueron actualizados para el mes de abril de 2013, en donde:

A: datos de assay de los taladros de producción, B: datos de la litología de los taladros de producción, C: datos collar y survey de los taladros de producción, D: Datos de alteraciones de los taladros de producción

A	A	B	C	D	
	HOLE#	FROM	-TO-	AU	
4475	BH-21-4786		0	7.726	0.448
4476	BH-21-4787		0	7.571	0.78
4477	BH-21-4788		0	7.517	1.764
4478	BH-21-4789		0	7.551	0.848
4479	BH-21-4790		0	7.216	0.8
4480	BH-21-4791		0	7.153	0.468
4481	BH-21-4792		0	7.394	0.522
4482	BH-21-4793		0	7.376	0.414
4483	BH-21-4794		0	7.412	0.366
4484	BH-21-4795		0	7.411	1.016
4485	BH-21-4796		0	7.418	1.088
4486	BH-21-4797		0	7.486	0.3
4487	BH-21-4798		0	7.561	0.33
4488	BH-21-4799		0	7.662	0.466
4489	BH-21-4800		0	7.733	0.612
4490	BH-21-4801		0	7.789	0.45
4491	BH-21-4802		0	7.702	1.01
4492	BH-21-4803		0	7.602	0.928

B	A	B	C	D	E
	HOLE#	FROM	-TO-	CALTE	TALTE
4470	BH-21-4781		0	7.676	21 SG
4471	BH-21-4782		0	7.477	21 SG
4472	BH-21-4783		0	7.404	21 SG
4473	BH-21-4784		0	7.5	28 SC
4474	BH-21-4785		0	7.783	28 SC
4475	BH-21-4786		0	7.726	21 SG
4476	BH-21-4787		0	7.571	21 SG
4477	BH-21-4788		0	7.517	21 SG
4478	BH-21-4789		0	7.551	21 SG
4479	BH-21-4790		0	7.216	21 SG
4480	BH-21-4791		0	7.153	21 SG
4481	BH-21-4792		0	7.394	21 SG
4482	BH-21-4793		0	7.376	21 SG
4483	BH-21-4794		0	7.412	21 SG
4484	BH-21-4795		0	7.411	21 SG
4485	BH-21-4796		0	7.418	21 SG
4486	BH-21-4797		0	7.486	21 SG
4487	BH-21-4798		0	7.561	21 SG
4488	BH-21-4799		0	7.662	21 SG
4489	BH-21-4800		0	7.733	21 SG
4490	BH-21-4801		0	7.789	21 SG
4491	BH-21-4802		0	7.702	21 SG
4492	BH-21-4803		0	7.602	21 SG

C	A	B	C	D	E	F	G
	HOLE#	EAST	NORTH	ELEV	AZ	DIP	DEPTH
4470	BH-21-4781	303826.983	8312835.93	4943.676	0	-90	7.676
4471	BH-21-4782	303822.824	8312833.65	4943.477	0	-90	7.477
4472	BH-21-4783	303818.709	8312831.22	4943.404	0	-90	7.404
4473	BH-21-4784	303814.448	8312828.86	4943.5	0	-90	7.5
4474	BH-21-4785	303810.37	8312826.53	4943.783	0	-90	7.783
4475	BH-21-4786	303806.107	8312824.08	4943.726	0	-90	7.726
4476	BH-21-4787	303801.919	8312821.99	4943.571	0	-90	7.571
4477	BH-21-4788	303797.65	8312819.54	4943.517	0	-90	7.517
4478	BH-21-4789	303793.496	8312817.2	4943.551	0	-90	7.551
4479	BH-21-4790	303789.349	8312814.91	4943.216	0	-90	7.216
4480	BH-21-4791	303785.099	8312812.4	4943.153	0	-90	7.153
4481	BH-21-4792	303781.006	8312810.28	4943.394	0	-90	7.394
4482	BH-21-4793	303776.702	8312807.89	4943.376	0	-90	7.376
4483	BH-21-4794	303772.647	8312805.5	4943.412	0	-90	7.412
4484	BH-21-4795	303768.416	8312803.16	4943.411	0	-90	7.411
4485	BH-21-4796	303764.156	8312800.83	4943.418	0	-90	7.418
4486	BH-21-4797	303759.991	8312798.46	4943.486	0	-90	7.486

D	A	B	C	D	E
	HOLE#	FROM	-TO-	COXSU	TOXSU
4469	BH-21-4780		0	7.991	1 Ox
4470	BH-21-4781		0	7.676	1 Ox
4471	BH-21-4782		0	7.477	1 Ox
4472	BH-21-4783		0	7.404	1 Ox
4473	BH-21-4784		0	7.5	1 Ox
4474	BH-21-4785		0	7.783	1 Ox
4475	BH-21-4786		0	7.726	1 Ox
4476	BH-21-4787		0	7.571	1 Ox
4477	BH-21-4788		0	7.517	1 Ox
4478	BH-21-4789		0	7.551	1 Ox
4479	BH-21-4790		0	7.216	1 Ox
4480	BH-21-4791		0	7.153	1 Ox
4481	BH-21-4792		0	7.394	1 Ox
4482	BH-21-4793		0	7.376	1 Ox
4483	BH-21-4794		0	7.412	1 Ox
4484	BH-21-4795		0	7.411	1 Ox
4485	BH-21-4796		0	7.418	1 Ox
4486	BH-21-4797		0	7.486	1 Ox
4487	BH-21-4798		0	7.561	1 Ox
4488	BH-21-4799		0	7.662	1 Ox

Figura 4.7: Base de datos de los taladros de producción

Voladura

Consecuentemente con la actualización de los taladros de producción, también actualice la información de voladura, que consiste básicamente en llevar una base de datos actualizada de los proyectos volados (ver Tabla 4.1) antes de realizarse el coxsu de minado, esto nos ayuda a tener un control del stock de mineral y desmonte (ver Figura 4.8) que se tiene fracturado y arrumado en los frentes de carguío listos para ser cargados y transportados al destino correspondiente.

Tabla 4.1: Proyectos de voladura ejecutados de marzo del 2013

Banco	Proyecto	Material	Tonelaje	Número de Taladros	Ley Au	Onzas Au
4920	PY 06	Desmonte	3,213	8	0.11	11
		Mineral	105,515	289	0.40	1,341
	PY 07	Mineral	206,750	532	0.34	2,287
	PY 08	Desmonte	1,663	4	0.06	3
		Mineral	83,027	205	0.55	1,468
	PY 09	Desmonte	2,101	6	0.09	6
		Mineral	84,857	196	0.86	2,347
4928	PY 25	Desmonte	17,430	47	0.12	65
		Mineral	65,430	185	0.53	1,125
	PY 26	Desmonte	49,470	132	0.02	32
		Mineral	36,200	99	0.54	633
	PY 27	Desmonte	53,232	131	0.03	51
		Mineral	32,071	83	0.69	713
4936	PY 30	Desmonte	101,700	268	0.02	65
		Mineral	14,658	45	0.39	184
	PY 31	Desmonte	53,383	136	0.02	37
		Mineral	10,256	26	0.42	138
<b>Total, General</b>			920,956	2,392	0.35	10,506

FUENTE: Área planeamiento mina, Unidad Minera ARASI S.A.C. Proyecto Jesica

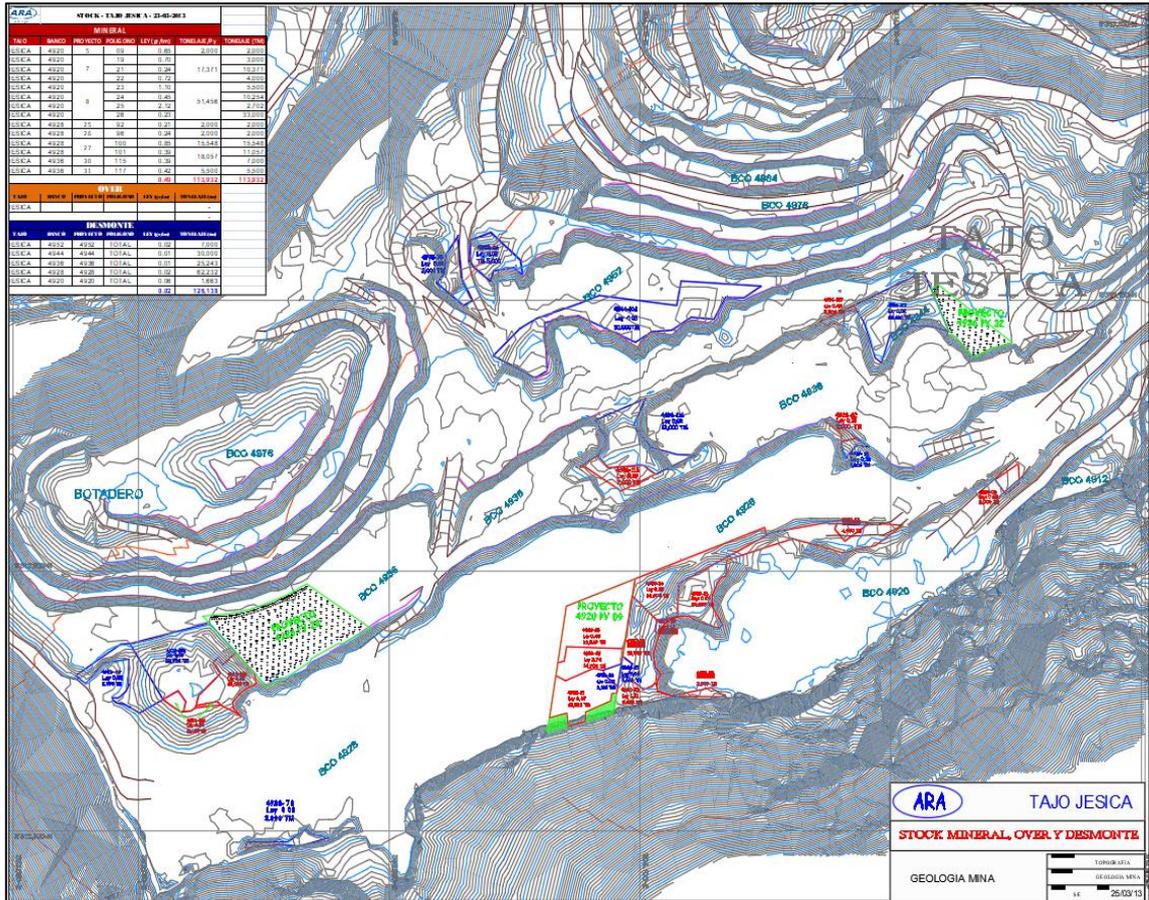


Figura 4.8: Stock de mineral y desmonte del tajo Jesica del 25 de marzo

Es importante considerar que por un tema estratégico ARASI S.A.C. considera como cierre de mes todos los días 25 de cada mes.

### Acarreo y transporte

Con la topografía actualizada es que podemos hacer la definición de nuestras rutas de transporte de material (mineral y desmonte) a sus destinos correspondientes, usando las rampas de acceso existentes para llegar al nivel del banco correspondiente, en la Figura 4.9 se muestra las distintas rutas de transporte a utilizarse para el mes de abril de 2013.

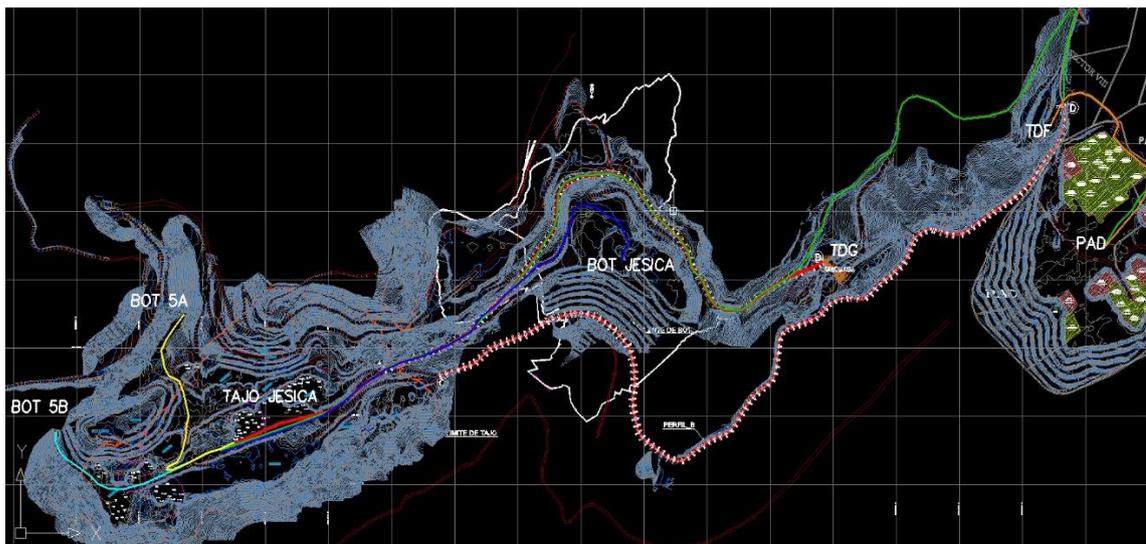


Figura 4.9: Rutas de transporte de mineral y desmonte a sus destinos

Observamos en la Figura 4.9 que la ruta de transporte de mineral fue desde los frentes de carguío hacia la TDG (tolva de gruesos), luego el mineral ya chancado es llevado por medio de faja transportadora hacia la TDF (tolva de finos), para que finalmente el mineral sea transportado y depositado en el PAD de lixiviación. Para el caso del desmonte, las rutas de transporte fueron desde los frentes de carguío hacia el botadero Jesica principalmente, y también hacia el botadero 5A y al botadero 5B, que forman parte de una propuesta estratégica por parte del área de planeamiento mina en términos de reducción de distancias.

## 4.2. DISEÑO DE LOS CORTES DE MINADO

### 4.2.1. Datos preliminares

#### Modelo de leyes

Cuando la topografía y la base de datos fueron actualizados y cargadas al software minero, es que realice la actualización del archivo 13, que consiste en actualizar y agregar el porcentaje de la nueva topografía actualizada al modelo geológico de bloques, en la

Figura 4.10 observamos parte del procedimiento “Add topo % to model” utilizado en el MS

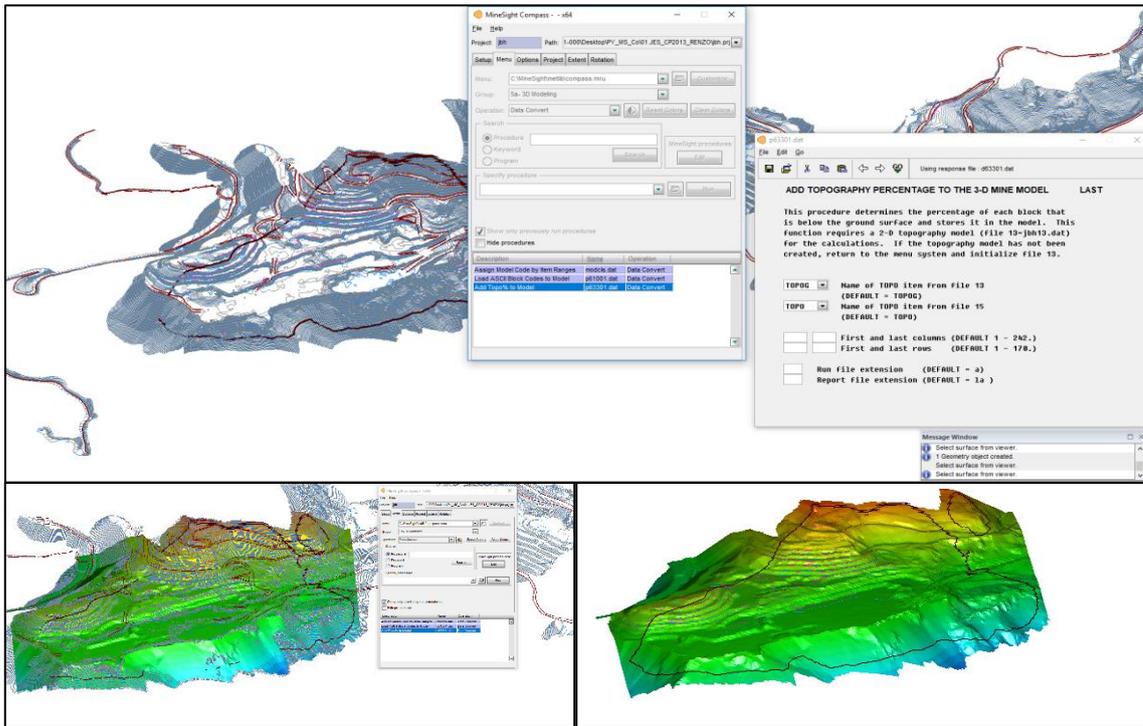


Figura 4.10: Actualización del porcentaje de topografía al modelo

Es entonces que se actualizo el modelo de bloques geológico el cual contiene las leyes de oro como mineral principal del yacimiento, en la Figura 4.11 se muestra el modelo de bloques actualizado para el mes de abril de 2013.

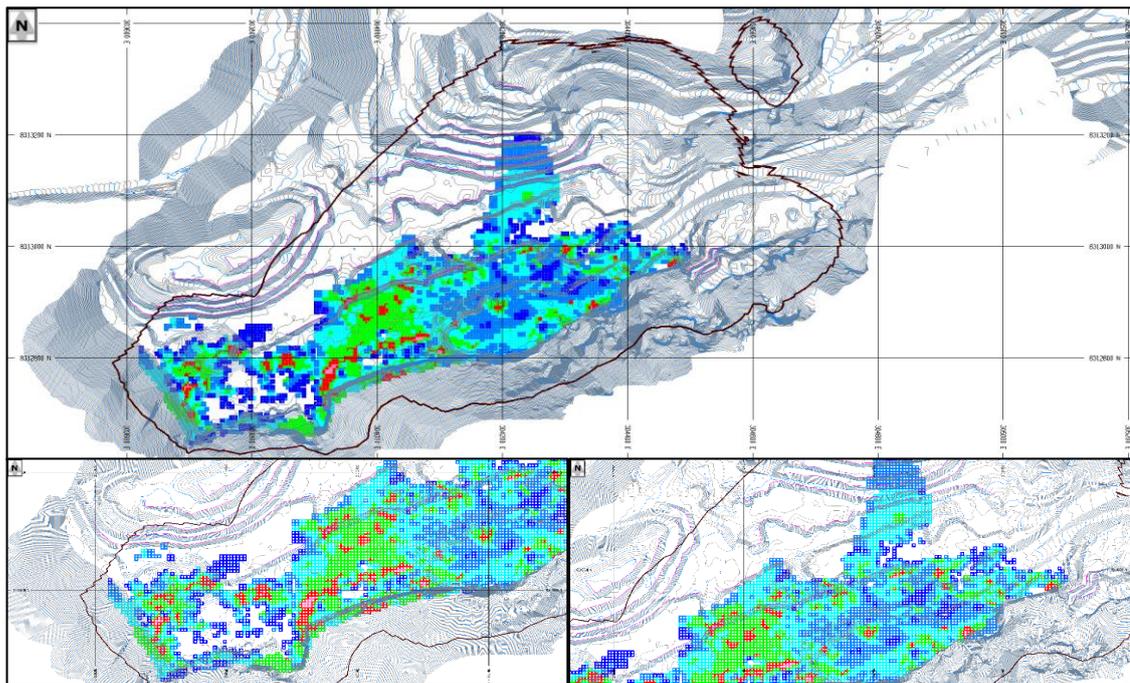


Figura 4.11: Modelo de bloques actualizado para abril del 2013

### Forecast

El programa de producción para el mes de abril estuvo guiado por el Forecast Arasi 2013 (Programa de producción Arasi 2013). En primera instancia ARASI S.A.C. estableció objetivos para cada mes del año incluyendo volúmenes, leyes, % de recuperación y entre otros, ver Tabla 4.2 a continuación:

**Tabla 4.2: Programa de producción Arasi 2013 (Forecast)**

Unidad	Abr-13	May-13	Jun-13	Jul-13	Ago-13	Set-13	Oct-13	Nov-13	Dic-13	Total_13
Días	31	29	31	30	31	31	30	31	35	
<b>2. Arasi</b>										
<b>2.2 Jéscica</b>										
Mineral	ton 744,000	638,000	682,000	660,000	682,000	682,000	660,000	682,000	770,000	6,200,000
Desmonte	ton 620,000	638,000	682,000	660,000	682,000	682,000	660,000	682,000	770,000	6,076,000
SR	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.0
Ley de Au	gr/ton 0.457	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.495
Au Depositado	oz 10,932	10,256	10,963	10,610	10,963	10,963	10,610	10,963	12,378	98,639
Recuperación	% 71	72	75	75	75	75	75	75	75	74
Au Producido	oz 7,761	7,384	8,223	7,957	8,223	8,223	7,957	8,223	9,284	73,234

FUENTE: Área planeamiento mina, Unidad Minera ARASI S.A.C. Proyecto Jesica

Siguiendo los lineamientos del Forecast 2013 es que se obtuvo el programa de producción del mes de abril de 2013, y está dividido en 4 semanas, tal cual se muestra en la Tabla 4.3, y en base al programa semanal se estableció el plan diario (ver anexo B, Tabla B.1 y Tabla B.2).

**Tabla 4.3: Programa de producción para abril del 2013**

Semana	Sem - 01	Sem - 02	Sem - 03	Sem - 04	Total	
Periodo	Del 26 Marzo al 05 Abril	Del 06 al 12 Abril	Del 13 al 19 Abril	Del 20 al 25 Abril	Total Días	
Días	11	7	7	6	31	
<b>MINERAL</b>	ton/semana	<b>264,000</b>	<b>168,000</b>	<b>168,000</b>	<b>144,000</b>	<b>744,000</b>
	ton/día	<b>24,000</b>	<b>24,000</b>	<b>24,000</b>	<b>24,000</b>	<b>24,000</b>
	ley (gr/ton)	<b>0.460</b>	<b>0.460</b>	<b>0.460</b>	<b>0.460</b>	<b>0.460</b>
	Oz dep. Día	355	355	355	355	355
	Oz dep. mes	3,904	2,485	2,485	2,130	11,003
	Oz rec. mes	2,772	1,764	1,764	1,512	7,812
	Oz rec. Día	252	252	252	252	252
	Rec.	<b>71%</b>	<b>71%</b>	<b>71%</b>	<b>71%</b>	<b>71%</b>
	Distancia (Km)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
<b>DESMONTE</b>	ton/semana	<b>231,000</b>	<b>147,000</b>	<b>147,000</b>	<b>126,000</b>	<b>651,000</b>
	ton/día	<b>21,000</b>	<b>21,000</b>	<b>21,000</b>	<b>21,000</b>	<b>21,000</b>
	Stripping	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	Distancia (Km)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

### **Ley de cabeza**

Cabe resaltar que hay una ley operacional o ley de cabeza, su valor por lo general está por encima de la ley de corte, para el caso del proyecto Jesica la ley de corte fue de 0.15 gr/ton y la ley de cabeza planeada para el mes de abril de 2013 fue 0.46 gr/ton (ver Tabla 4.3), esta ley de cabeza es muy importante en términos de alcanzar los objetivos propuestos por el planeamiento de minado.

#### **4.2.2. Diseño de los cortes de minado**

Una vez establecidos los objetivos, lo siguiente fue diseñar los cortes de minado (proyectos de perforación) que estén dentro de los límites finales del tajo (ver anexo A, plano A.1 y plano A.2) como se muestra en la Figura 4.12 usando métodos computacionales, y para tal propósito se usó MS, estos cortes de minado deben de proporcionar el stock suficiente para alimentar a planta en términos de tonelaje y ley de oro (ver Tabla 4.4).

Cada corte de minado será dividido en polígonos de mineral y desmonte según el promedio de leyes de los taladros de producción que estén dentro del área del polígono definido. Hay que considerar que la geometría del diseño de los cortes de minado no debería perjudicar la ejecución del mismo, es decir, los vértices de los cortes de minado deben de ser diseñados con bastante criterio operacional.

A continuación, muestro los proyectos de perforación para el mes de abril de 2013;

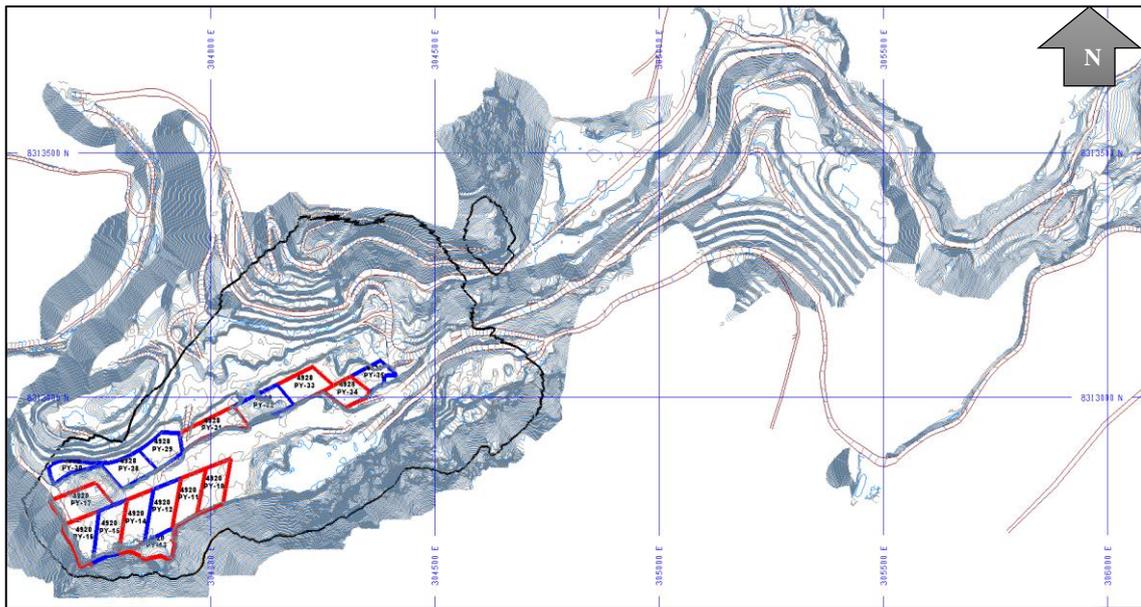


Figura 4.12: Proyectos de perforación para abril del 2013

**Tabla 4.4: Detalle de los proyectos de perforación para abril del 2013**

N°	Banco	Proy	Zona	Area (m2)	Burden (m)	Espac. (m)	N° Taladros	VP (m/h)	Metros Perforados	Mral. (tm)	Dte. (tm)	Ley Au (g/tm)	Onzas	Tot. Mat. (m3)	Tot. Mat. (tm)	N° Equipos	Dias de Perf.
01	4928	PY-28	JESICA	4,573	4.3	5.0	213	35	1,702	22,949	64,393	0.336	247.9	38,509	87,342	1.0	3.0
02	4920	PY-10	JESICA	4,202	4.0	4.8	219	35	1,751	76,446	7,781	0.893	2,194.8	35,388	84,227	1.0	3.1
03	4928	PY-30	JESICA	2,482	4.3	5.0	115	35	923	-	45,898	-	-	20,900	45,898	1.7	1.0
04	4928	PY-34	JESICA	3,315	4.0	4.8	173	40	1,381	43,956	24,867	0.714	1,009.0	27,919	68,823	1.7	1.3
05	4920	PY-11	JESICA	4,425	4.0	4.8	230	35	1,844	86,944	2,309	0.917	2,563.3	37,259	89,253	1.7	1.9
06	4928	PY-35	JESICA	2,865	4.3	5.0	133	35	1,066	10,051	44,053	0.294	95.0	24,122	54,104	1.7	1.1
07	4928	PY-29	JESICA	4,208	4.3	5.0	196	35	1,566	10,710	68,796	0.228	78.5	35,439	79,506	1.7	1.6
08	4928	PY-31	JESICA	4,993	4.0	4.8	260	35	2,081	70,725	29,287	0.618	1,405.2	42,050	100,012	1.7	2.2
09	4920	PY-12	JESICA	5,477	4.3	5.0	255	35	2,038	37,018	69,819	0.443	527.2	46,122	106,837	1.7	2.1
10	4920	PY-13	JESICA	1,847	4.0	4.8	96	35	770	31,897	4,040	0.397	407.1	15,557	35,937	1.7	0.8
11	4928	PY-32	JESICA	5,346	4.3	5.0	249	40	1,989	36,795	63,470	0.267	315.9	45,021	100,265	1.7	1.8
12	4920	PY-14	JESICA	5,463	4.0	4.8	285	35	2,276	56,380	49,891	0.317	574.6	46,005	106,271	1.7	2.4
13	4920	PY-15	JESICA	5,326	4.3	5.0	248	35	1,982	45,515	58,083	0.432	632.2	44,855	103,598	1.7	2.1
14	4928	PY-33	JESICA	4,573	4.0	4.8	238	40	1,905	60,741	33,205	0.468	913.9	38,510	93,946	1.7	1.7
15	4920	PY-16	JESICA	4,588	4.0	4.8	239	35	1,911	76,027	12,857	0.728	1,779.5	38,632	88,884	1.7	2.0
16	4920	PY-17	JESICA	5,956	4.0	4.8	310	35	2,482	81,265	32,545	0.477	1,246.3	50,156	113,810	1.7	2.6

El uso de herramientas interactivas hizo posible el diseño de los cortes de minado, como se muestra en las Figuras 4.13 y 4.14, para cumplir con el objetivo los cortes se realizaron en base a la actualización topográfica extraída del in situ de la operación minera, una vez importados los datos al MS, se pasa a realizar los diseños correspondientes, los cuales deben de satisfacer a planta en términos de tonelaje y ley de oro. Para el cálculo de volúmenes MS utiliza el método tradicional de multiplicar el largo, ancho y altura del corte de minado. Para los tonelajes es importante introducir las densidades adecuadas por tipo de material litológico involucrados en el yacimiento mineral y más incisivamente en el proyecto de voladura. Para el cálculo de leyes, lo primero es introducir los datos y/o resultados del análisis químico-metalúrgico del mineral a recuperar (análisis de los taladros de producción), ya en el MS se realizó la estimación de leyes por proyecto y así clasificar los proyectos en; proyectos de mineral y desmonte. La discriminación de proyectos de desmonte viene dada por las leyes que están por debajo de la ley de corte establecida para el tajío Jesica, y otro factor que se consideró es que para el tratamiento de mineral en planta (lixiviación) de Jesica solo ingresa material oxidado. En las figuras abajo se muestran los proyectos de perforación por nivel de banco:

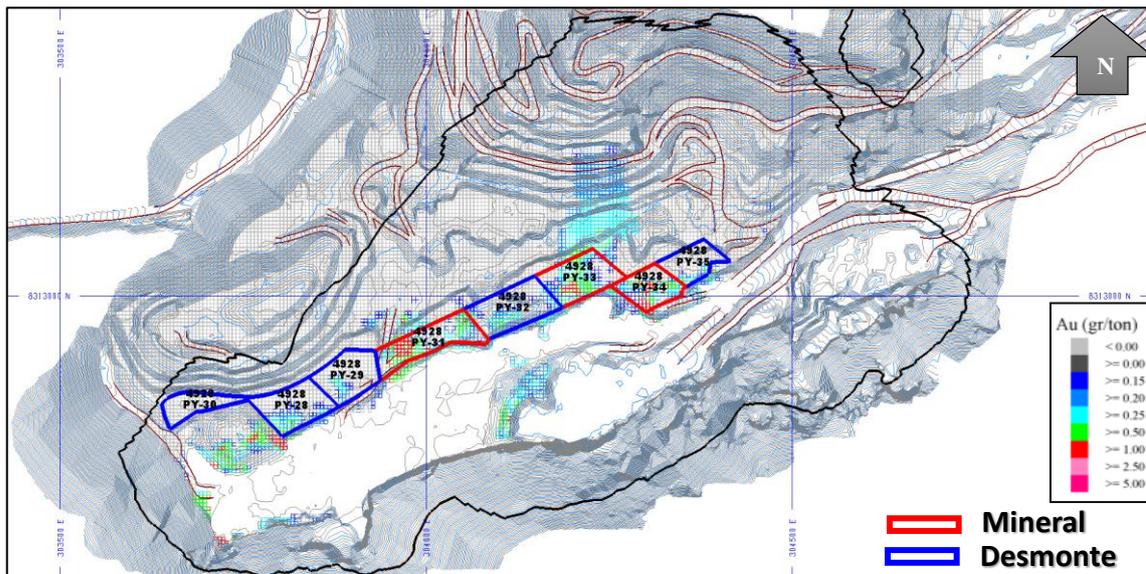


Figura 4.13: Proyectos de perforación del banco 4928 para abril del 2013

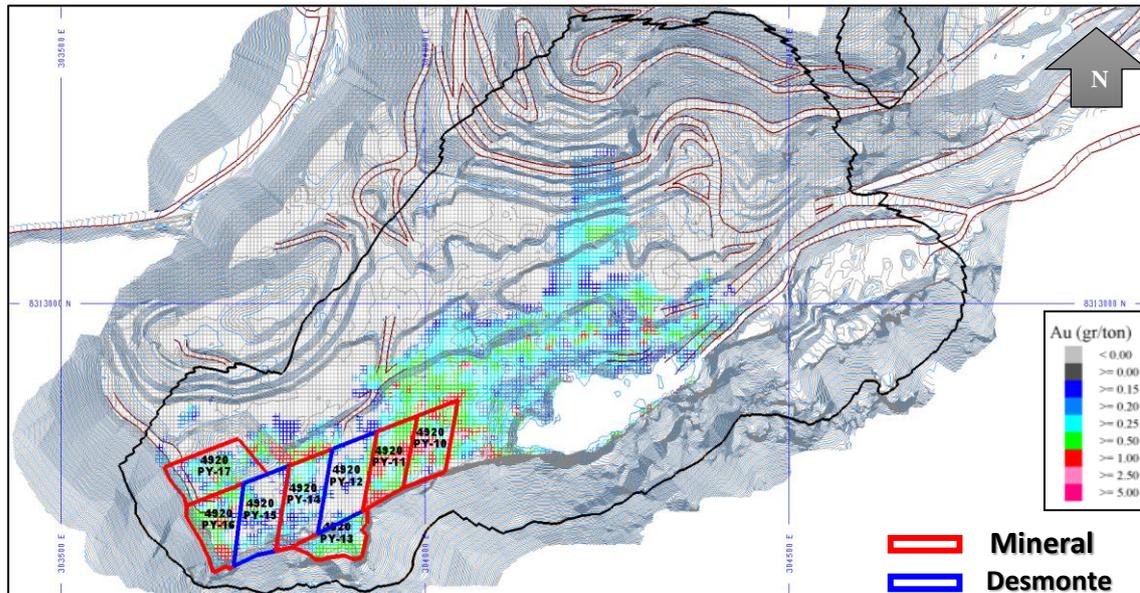


Figura 4.14: Proyectos de perforación del banco 4920 para abril del 2013

### 4.2.3. Secuenciamiento de minado

Para el secuenciamiento de minado es necesario determinar parámetros de perforación y voladura gracias a que se recopiló la información pertinente del in situ de las operaciones, y también del procesamiento que se dio por parte del ingeniero del área de perforación y voladura responsable, es aquí donde entro a tallar la coordinación con las áreas involucradas directamente a la operación minera para facilitar el cálculo de parámetros y optimizar tiempos, y así obtener datos relevantes para cada proyecto de perforación, por ejemplo; volúmenes, leyes, número de equipos de perforación necesarios para llevar a cabo los proyectos de perforación, entre otros.

N°	Banco	Proy	26-Marzo	27-Marzo	28-Marzo	29-Marzo	30-Marzo	31-Marzo	01-Abril	02-Abril	03-Abril	04-Abril	05-Abril	06-Abril	07-Abril	08-Abril	09-Abril
01	4928	PY-28	VOL 4920-09 VOL 4936-32			VOLADURA											
02	4920	PY-10						VOLADURA									
03	4928	PY-30						VOLADURA									
04	4928	PY-34									VOLADURA						
05	4920	PY-11									VOLADURA						
06	4928	PY-35												VOLADURA			
07	4928	PY-29														VOLADURA	
08	4928	PY-31															VOLADURA

N°	Banco	Proy	08-Abril	09-Abril	10-Abril	11-Abril	12-Abril	13-Abril	14-Abril	15-Abril	16-Abril	17-Abril	18-Abril	19-Abril	20-Abril	21-Abril	22-Abril	23-Abril	24-Abril	25-Abril	26-Abril	
09	4920	PY-12				VOLADURA																
10	4920	PY-13								VOLADURA												
11	4928	PY-32								VOLADURA												
12	4920	PY-14										VOLADURA										
13	4920	PY-15													VOLADURA							
14	4928	PY-33															VOLADURA					
15	4920	PY-16																		VOLADURA		
16	4920	PY-17																				VOLADURA

Figura 4.15: Programación de la perforación y voladura para abril del 2013

Una vez diseñados y establecidos los cortes de minado por bancos, se pasó a hacer el programa de perforación y voladura como se muestra en la Figura 4.15. Se proporciona las coordenadas de los vértices de los cortes de minado al área de topografía para que puedan marcar los vértices del corte en campo, y así delimitar el área de perforación y tomar medidas de control y seguridad, es en base a la delimitación del corte de perforación que se empieza a marcar los taladros a ser perforados, considerando el burden y espaciamiento establecidos.

Para el tajo Jesica se consideró 4.3 m x 5.0 m y 4.0 m x 4.8 m como burden y espaciamiento correspondiente al tipo de litología presentes en la zona de minado, y en base al rendimiento de la perforadora DM 45 se estimaron el número de días que serán necesarios para perforar la cantidad de taladros calculados por proyecto, una vez perforados todos los taladros de un corte de minado pasan a ser cargados con explosivo (ANFO) y se programa la fecha de voladura.

#### 4.2.4. Selección de equipos

La selección de equipos para el plan de minado del mes de abril de 2013 para el tajo Jesica en primera instancia estuvo sujeto al dimensionamiento de la flota de equipos realizado en el plan de largo plazo.

Para la selección de equipos del mes de abril de 2013 se tomó como referencia los indicadores de gestión en términos de capacidad, rendimientos y productividad de un mes previo, es decir del mes de marzo del mismo año (ver Tabla 4.5).

En la Tabla 4.6 apreciamos la asignación de equipos para el cumplimiento del plan de minado del mes de abril de 2013.

**Tabla 4.5: Equipos requeridos para abril del 2013**

EQUIPOS REQUERIDOS EN BASE AL PLAN DE MINADO						
Equipos	Unidad	Cantidad	Plan (Ton)	Horas	Rendimiento	
Perforadora DM45	und	2	1,358,713	986	34	(m/hr)
CF992 - C	und	1	620,000	563.64	1100	(ton/hr)
Exc. 345 - C	und	2	744,000	1,144.62	650	(ton/hr)
Tractor CAT D8T	und	2	620,000	516.67	1200	(ton/hr)
Motoniveladora	und	1		496		
Retroexcavadora	und	1		496		
Rock drill	und	1		200		
Volquetes	und	30		16740		

**Tabla 4.6: Asignación de equipos para abril del 2013**

ASIGNACION DE EQUIPOS			Sem-01	Sem-02	Sem-03	Sem-04	Total
CARGUIO	CF 992	Desmonte	1	1	1	1	1
	EXC 345	Mineral	2	2	2	2	2
	CF 966 (50% over,50% serv. aux)		1	1	1	1	1
ACARREO	(22.3 m3)	Mineral	24	24	24	24	24
	(22.3 m3)	Desmonte	6	6	6	6	6
	Nº de volquetes operativos:		30	30	30	30	30
PERFORACION	DM-45		2	2	2	2	2

#### 4.2.5. Coordinación con las áreas involucradas

En la coordinación con las áreas involucradas debemos resaltar que en ARASI se tenían reuniones matinales con las áreas de operación mina, perforación y voladura, geología mina y planeamiento mina antes de empezar la guardia día y la guardia noche, en donde se tocaban temas netamente operacionales y de producción del tajo.

Luego a las 10 am se tenía una reunión denominada “Line Up” en donde participaban todas las áreas involucradas en el Proyecto Jesica, entre ellas; operación mina, geología mina, perforación y voladura, planeamiento mina, construcción Pad, medio ambiente, mantenimiento mina, planta y seguridad, en donde se tocaban temas operacionales que abarcaba todo el proyecto.

También se realizaban reuniones semanales y mensuales de Planeamiento dirigidas por el Área de Planeamiento mina en el cual participaban todas las áreas del proyecto Jesica, entre ellas; superintendencia, administración, ingeniería, oficina técnica, mina, medio ambiente, planta, laboratorio químico y seguridad, en donde se presentaba los planes de minado semanales y mensuales, y se discutía en torno a estos.

### **4.3. VARIACIÓN DE LEYES**

#### **4.3.1. Leyes de oro de los taladros de producción**

##### **Ubicación y levantamiento de los taladros de producción**

En la operación del tajo Jesica la ubicación de los taladros de producción estuvieron dentro del corte de minado de mineral o de desmonte diseñado previamente, considerando un burden y espaciamiento de 4.3 m x 5.0 m y 4.0 m x 4.8 m correspondientes al tipo de litología presentes en la zona de minado.

En coordinación con el área de topografía se marcaron los puntos de perforación en campo para después levantar los collars (coordenadas UTM) de los mismos, en la Figura 4.16 se muestra los taladros de producción marcados y levantados del proyecto 10 del banco 4920 como ejemplo.

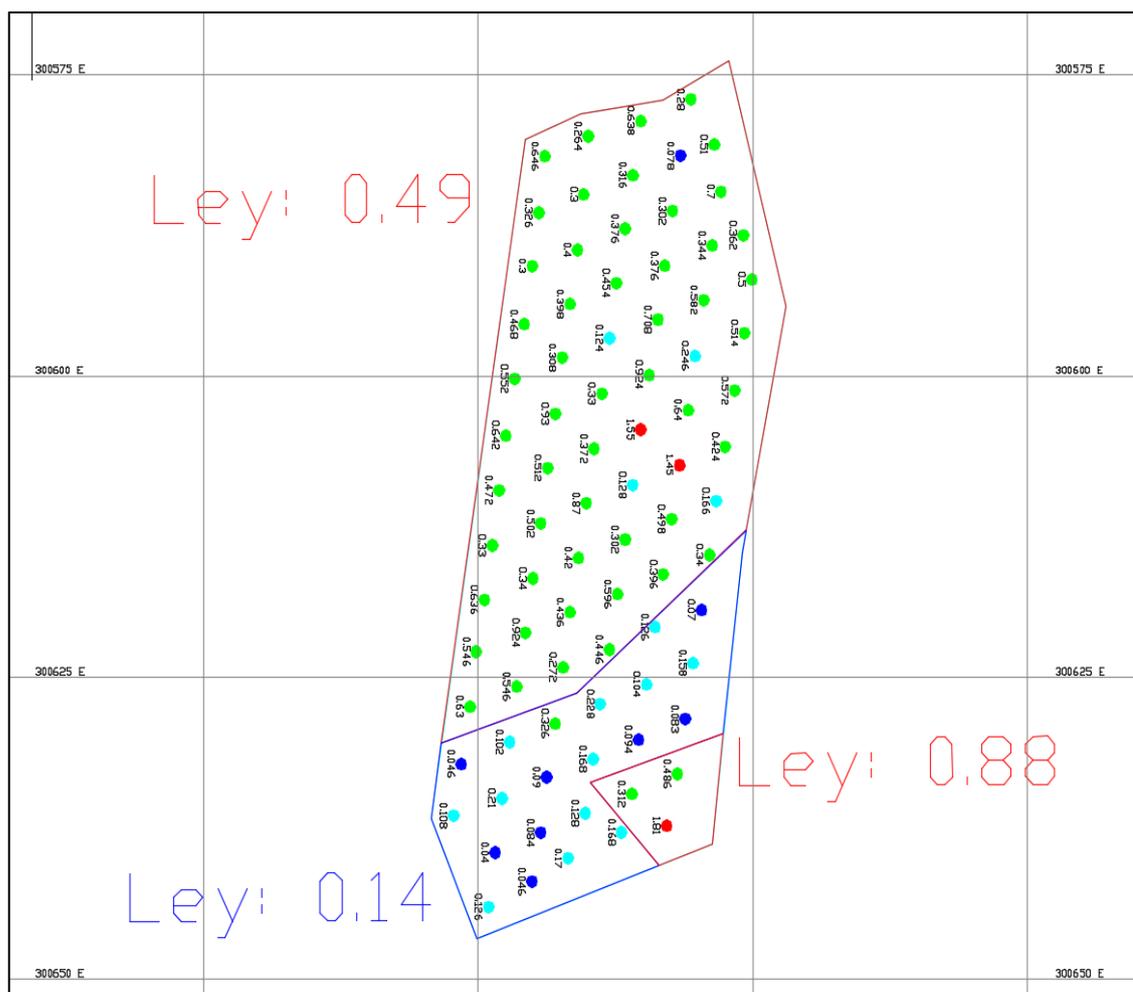


Figura 4.16: Taladros de producción del proyecto 10 en el banco 4920

Una vez que estos taladros fueron ubicados y levantados, lo siguiente fue perforarlos y tomar muestras representativas de cada taladro para que sean analizados en el laboratorio químico de ARASI, y así obtener las leyes de cada taladro de producción.

En la Figura 4.17 muestro la base de datos con parte de los resultados de leyes de los blastholes (taladros de producción) proveniente del laboratorio químico.

	A	B	F	I
1	BENCH-POL	pool	LEY BH (gr/T)	banco
694	4920 P28	4920028	0.480	4920
695	4920 P29	4920029	2.740	4920
696	4928 P101	49280101	0.390	4928
697	4920 P31	4920031	0.450	4920
698	4920 P32	4920032	0.750	4920
699	4928 P104	49280104	0.250	4928
700	4928 P105	49280105	1.870	4928
701	4920 P34	4920034	0.250	4920
702	4920 P33	4920033	2.000	4920
703	4928 P106	49280106	0.600	4928
704	4920 P37	4920037	1.530	4920
705	4920 P35	4920035	0.880	4920
706	4928 P110	49280110	0.320	4928
707	4920 P41	4920041	0.390	4920
708	4928 P111	49280111	1.000	4928
709	4920 P42	4920042	0.840	4920
710	4920 P36	4920036	0.310	4920
711	4928 P112	49280112	0.550	4928
712	4920 P51	4920051	0.240	4920
713	4920 P49	4920049	0.280	4920
714	4928 P113	49280113	0.250	4928
715	4920 P43	4920043	2.000	4920
716	4920 P48	4920048	0.230	4920
717	4928 P107	49280107	1.200	4928
718	4920 P52	4920052	0.890	4920
719	4920 P44	4920044	1.000	4920
720	4928 P118	49280118	0.300	4928
721	4920 P55	4920055	0.240	4920
722	4920 P63	4920063	0.440	4920
723	4928 P120	49280120	0.350	4928
724	4920 P64	4920064	0.820	4920
725	4928 P119	49280119	1.130	4928
726	4920 P46	4920046	0.200	4920
727	4920 P59	4920059	0.360	4920
728	4928 P120	49280120	0.350	4928
729	4928 P123	49280123	0.380	4928
730	4928 P124	49280124	1.150	4928
731	4920 P62	4920062	0.250	4920

Figura 4.17: Extracto de leyes de los blastholes (laboratorio químico)

### 4.3.2. Leyes de oro depositadas en el pad de lixiviación

Una vez que los proyectos de mineral son perforados y volados, el material es acarreado a la tolva de gruesos para ser chancado, el mineral ya chancado es transportado a la tolva de finos, en donde los volquetes son cargados con el mineral fino para ser transportado al pad de lixiviación, este mineral fino se descarga en el pad de lixiviación, es ahí de donde se extraen muestras del mineral fino para ser llevados al laboratorio químico y determinar que leyes de oro le corresponden al mineral depositado en el pad de lixiviación.

En la Figura 4.18 muestro la base de datos con parte de las leyes de oro correspondientes al mineral depositado en el pad de lixiviación.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Fecha	Material	Turno	Rango de Cod	Banco	Poligono	Codigo de muestra	Ley Pad	ID_LP
1154	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25921	4920	4920 P46	B4920 P46 L09 C89 M-25921	0.486	41386_D_4920 P46
1155	22/04/2013	Mineral	DIA	9 M-2592	4928	4928 P120	B4928 P120 L09 C89 M-25922	0.346	41386_D_4928 P120
1156	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25923	4920	4920 P44	B4920 P44 L09 C89 M-25923	1.660	41386_D_4920 P44
1157	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25924	4920	4920 P52	B4920 P52 L09 C89 M-25924	0.440	41386_D_4920 P52
1158	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25925	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L09 C89 M-25925	0.474	41386_D_CHAN TDF
1159	22/04/2013	Mineral	DIA	9 M-2592	4928	4928 P120	B4928 P120 L09 C89 M-25926	0.508	41386_D_4928 P120
1160	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25927	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L09 C89 M-25927	0.490	41386_D_CHAN TDF
1161	22/04/2013	Mineral	DIA	9 M-2592	4928	4928 P120	B4928 P120 L09 C89 M-25928	0.348	41386_D_4928 P120
1162	22/04/2013	Mineral	DIA	9 M-2592	4928	4928 P120	B4928 P120 L09 C89 M-25929	0.330	41386_D_4928 P120
1163	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25930	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L09 C89 M-25930	0.530	41386_D_CHAN TDF
1164	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25931	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L09 C89 M-25931	0.540	41386_D_CHAN TDF
1165	22/04/2013	Mineral	DIA	9 M-2593	4928	4928 P120	B4928 P120 L09 C89 M-25932	0.320	41386_D_4928 P120
1166	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25933	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L09 C89 M-25933	0.374	41386_D_CHAN TDF
1167	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25934	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L09 C89 M-25934	0.778	41386_D_CHAN TDF
1168	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25935	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C42 M-25935	0.400	41386_D_CHAN TDF
1169	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25936	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C42 M-25936	0.314	41386_D_CHAN TDF
1170	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25937	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C42 M-25937	0.378	41386_D_CHAN TDF
1171	22/04/2013	Mineral	DIA	M-25938	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C42 M-25938	0.670	41386_D_CHAN TDF
1172	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25939	4920	4920 P46	B4920 P46 L08 C42 M-25939	0.082	41386_N_4920 P46
1173	22/04/2013	Mineral	NOCHE	2 M-2594	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C42 M-25940	0.224	41386_N_4928 P120
1174	22/04/2013	Mineral	NOCHE	2 M-2594	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C42 M-25941	0.230	41386_N_4928 P120
1175	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25942	4920	4920 P59	B4920 P59 L08 C42 M-25942	0.406	41386_N_4920 P59
1176	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25943	4920	4920 P59	B4920 P59 L08 C42 M-25943	0.226	41386_N_4920 P59
1177	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25944	4920	4920 P59	B4920 P59 L08 C42 M-25944	0.588	41386_N_4920 P59
1178	22/04/2013	Mineral	NOCHE	3 M-2594	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25945	0.194	41386_N_4928 P120
1179	22/04/2013	Mineral	NOCHE	3 M-2594	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25946	0.140	41386_N_4928 P120
1180	22/04/2013	Mineral	NOCHE	3 M-2594	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25947	0.336	41386_N_4928 P120
1181	22/04/2013	Mineral	NOCHE	3 M-2594	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25948	0.480	41386_N_4928 P120
1182	22/04/2013	Mineral	NOCHE	3 M-2594	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25949	0.264	41386_N_4928 P120
1183	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25950	4920	4920 P59	B4920 P59 L08 C43 M-25950	0.208	41386_N_4920 P59
1184	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25951	4920	4920 P44	B4920 P44 L08 C43 M-25951	0.552	41386_N_4920 P44
1185	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25952	4920	4920 P44	B4920 P44 L08 C43 M-25952	0.678	41386_N_4920 P44
1186	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25953	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25953	0.286	41386_N_CHAN TDF
1187	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25954	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25954	0.266	41386_N_CHAN TDF
1188	22/04/2013	Mineral	NOCHE	M-25955	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25955	0.180	41386_N_CHAN TDF
1189	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25956	4920	4920 P46	B4920 P46 L08 C43 M-25956	0.120	41387_D_4920 P46
1190	23/04/2013	Mineral	DIA	3 M-2595	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25957	0.226	41387_D_4928 P120
1191	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25958	4920	4920 P62	B4920 P62 L08 C43 M-25958	0.208	41387_D_4920 P62
1192	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25959	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25959	0.880	41387_D_CHAN TDF
1193	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25960	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25960	1.020	41387_D_CHAN TDF
1194	23/04/2013	Mineral	DIA	3 M-2596	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25961	0.220	41387_D_4928 P120
1195	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25962	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25962	0.872	41387_D_CHAN TDF
1196	23/04/2013	Mineral	DIA	3 M-2596	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25963	0.300	41387_D_4928 P120
1197	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25964	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25964	0.860	41387_D_CHAN TDF
1198	23/04/2013	Mineral	DIA	3 M-2596	4928	4928 P123	B4928 P123 L08 C43 M-25965	0.320	41387_D_4928 P123
1199	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25966	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25966	0.716	41387_D_CHAN TDF
1200	23/04/2013	Mineral	DIA	3 M-2596	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25967	0.328	41387_D_4928 P120
1201	23/04/2013	Mineral	DIA	3 M-2596	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25968	0.284	41387_D_4928 P120
1202	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25969	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25969	0.914	41387_D_CHAN TDF
1203	23/04/2013	Mineral	DIA	3 M-2597	4928	4928 P120	B4928 P120 L08 C43 M-25970	0.240	41387_D_4928 P120
1204	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25971	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25971	0.648	41387_D_CHAN TDF
1205	23/04/2013	Mineral	DIA	M-25972	CHAN	CHAN TDF	BCHAN TDF L08 C43 M-25972	0.570	41387_D_CHAN TDF

Figura 4.18: Extracto de leyes de oro puestas en el pad

Fuente: Área laboratorio químico, Unidad Minera ARASI S.A.C. Proyecto Jesica

### 4.3.3. Comparación de las leyes de oro

La comparación de las leyes de oro está representada por el porcentaje de variación entre las leyes de oro planificada corto plazo (blastholes) y las leyes de oro

depositadas en el pad de lixiviación. En la Tabla 4.7 que mostramos a continuación, observamos la comparación de leyes del mes de abril de 2013.

**Tabla 4.7: Reporte mensual de comparación de leyes de abril del 2013**

FECHA	t	Ley BH	Ley Pad	Ley PROM	OZ BH	OZ Pad	OZ PROM	Variación
26/03/2013	29,225.26	0.473	0.493	0.483	444.44	463.54	453.99	4.3%
27/03/2013	31,084.66	0.420	0.364	0.392	420.10	363.28	391.69	-13.5%
28/03/2013	30,931.12	0.542	0.421	0.481	538.69	418.52	478.61	-22.3%
29/03/2013	24,760.32	0.499	0.452	0.476	397.23	359.87	378.55	-9.4%
30/03/2013	24,841.38	0.490	0.810	0.650	391.46	647.19	519.33	65.3%
31/03/2013	26,211.85	0.472	1.890	1.181	397.76	1,592.62	995.19	300.4%
1/04/2013	25,118.32	0.492	1.117	0.805	397.69	901.82	649.76	126.8%
2/04/2013	29,091.67	0.634	0.688	0.661	593.01	643.87	618.44	8.6%
3/04/2013	28,211.50	0.672	0.789	0.731	609.89	715.93	662.91	17.4%
4/04/2013	28,009.76	0.482	0.688	0.585	434.32	619.67	527.00	42.7%
5/04/2013	25,671.97	0.655	0.893	0.774	540.31	737.18	638.74	36.4%
6/04/2013	25,641.84	0.548	0.511	0.530	452.12	421.17	436.64	-6.8%
7/04/2013	23,326.48	0.486	0.436	0.461	364.73	326.63	345.68	-10.4%
8/04/2013	22,913.61	0.423	0.376	0.400	311.66	277.29	294.47	-11.0%
9/04/2013	24,750.99	0.427	0.401	0.414	339.49	318.84	329.16	-6.1%
10/04/2013	24,935.49	0.505	0.631	0.568	405.05	506.23	455.64	25.0%
11/04/2013	23,771.14	0.592	0.613	0.602	452.24	468.19	460.22	3.5%
12/04/2013	21,236.46	0.450	0.354	0.402	307.03	241.95	274.49	-21.2%
13/04/2013	21,623.87	0.528	0.493	0.510	366.95	342.40	354.67	-6.7%
14/04/2013	21,927.34	0.600	0.730	0.665	422.88	514.92	468.90	21.8%
15/04/2013	20,581.16	0.615	0.389	0.502	407.08	257.30	332.19	-36.8%
16/04/2013	20,945.28	0.655	0.734	0.695	441.21	494.19	467.70	12.0%
17/04/2013	20,114.25	0.566	0.558	0.562	366.25	361.12	363.69	-1.4%
18/04/2013	13,512.60	0.528	0.534	0.531	229.59	232.17	230.88	1.1%
19/04/2013	14,812.66	0.651	0.632	0.642	310.23	300.96	305.59	-3.0%
20/04/2013	22,338.22	0.503	0.516	0.510	361.59	370.41	366.00	2.4%
21/04/2013	21,517.60	0.387	0.376	0.381	267.78	260.06	263.92	-2.9%
22/04/2013	19,896.22	0.436	0.424	0.430	279.15	271.09	275.12	-2.9%
23/04/2013	19,761.51	0.542	0.535	0.539	344.49	339.94	342.21	-1.3%
24/04/2013	20,979.65	0.423	0.475	0.449	285.49	320.66	303.08	12.3%
25/04/2013	20,854.14	0.495	0.462	0.479	332.21	309.90	321.06	-6.7%
<b>Total general</b>	<b>728,598.32</b>	<b>0.521</b>	<b>0.615</b>	<b>0.568</b>	<b>12,212.12</b>	<b>14,398.90</b>	<b>13,305.51</b>	<b>17.9%</b>

De la Tabla 4.7 observamos que en los días 31 de marzo y 1 de abril hay una variación significativa en la lectura de las leyes de pad de lixiviación, haciendo esto que el global del porcentaje de variación sea de 17.9%, debido a que el yacimiento en explotación es un yacimiento epitelmal de alta sulfuración y se caracteriza por tener un comportamiento irregular y hasta a veces erróneo en el momento de representar las leyes

de oro y en este caso el comportamiento anormal se da en el muestreo del mineral depositado en el pad de lixiviación, si hacemos un ajuste y consideramos triplicar la ley del día 30 de marzo (ver Tabla 4.8), entonces el porcentaje de variación de leyes quedaría como se muestra en la tabla a continuación.

**Tabla 4.8: Reporte mensual ajustado de variación de leyes para abril del 2013**

FECHA	t	Ley BH	Ley Pad	Ley PROM	OZ BH	OZ Pad	OZ PROM	Variación
26/03/2013	29,225.26	0.473	0.493	0.483	444.44	463.54	453.99	4.3%
27/03/2013	31,084.66	0.420	0.364	0.392	420.10	363.28	391.69	-13.5%
28/03/2013	30,931.12	0.542	0.421	0.481	538.69	418.52	478.61	-22.3%
29/03/2013	24,760.32	0.499	0.452	0.476	397.23	359.87	378.55	-9.4%
30/03/2013	24,841.38	0.490	0.810	0.650	391.46	647.19	519.33	65.3%
31/03/2013	26,211.85	0.472	0.810	0.681	397.76	1,592.62	995.19	56.4%
1/04/2013	25,118.32	0.492	0.810	0.705	397.69	901.82	649.76	48.8%
2/04/2013	29,091.67	0.634	0.688	0.661	593.01	643.87	618.44	8.6%
3/04/2013	28,211.50	0.672	0.789	0.731	609.89	715.93	662.91	17.4%
4/04/2013	28,009.76	0.482	0.688	0.585	434.32	619.67	527.00	42.7%
5/04/2013	25,671.97	0.655	0.893	0.774	540.31	737.18	638.74	36.4%
6/04/2013	25,641.84	0.548	0.511	0.530	452.12	421.17	436.64	-6.8%
7/04/2013	23,326.48	0.486	0.436	0.461	364.73	326.63	345.68	-10.4%
8/04/2013	22,913.61	0.423	0.376	0.400	311.66	277.29	294.47	-11.0%
9/04/2013	24,750.99	0.427	0.401	0.414	339.49	318.84	329.16	-6.1%
10/04/2013	24,935.49	0.505	0.631	0.568	405.05	506.23	455.64	25.0%
11/04/2013	23,771.14	0.592	0.613	0.602	452.24	468.19	460.22	3.5%
12/04/2013	21,236.46	0.450	0.354	0.402	307.03	241.95	274.49	-21.2%
13/04/2013	21,623.87	0.528	0.493	0.510	366.95	342.40	354.67	-6.7%
14/04/2013	21,927.34	0.600	0.730	0.665	422.88	514.92	468.90	21.8%
15/04/2013	20,581.16	0.615	0.389	0.502	407.08	257.30	332.19	-36.8%
16/04/2013	20,945.28	0.655	0.734	0.695	441.21	494.19	467.70	12.0%
17/04/2013	20,114.25	0.566	0.558	0.562	366.25	361.12	363.69	-1.4%
18/04/2013	13,512.60	0.528	0.534	0.531	229.59	232.17	230.88	1.1%
19/04/2013	14,812.66	0.651	0.632	0.642	310.23	300.96	305.59	-3.0%
20/04/2013	22,338.22	0.503	0.516	0.510	361.59	370.41	366.00	2.4%
21/04/2013	21,517.60	0.387	0.376	0.381	267.78	260.06	263.92	-2.9%
22/04/2013	19,896.22	0.436	0.424	0.430	279.15	271.09	275.12	-2.9%
23/04/2013	19,761.51	0.542	0.535	0.539	344.49	339.94	342.21	-1.3%
24/04/2013	20,979.65	0.423	0.475	0.449	285.49	320.66	303.08	12.3%
25/04/2013	20,854.14	0.495	0.462	0.479	332.21	309.90	321.06	-6.7%
<b>Total general</b>	<b>728,598.32</b>	<b>0.521</b>	<b>0.615</b>	<b>0.568</b>	<b>12,212.12</b>	<b>14,398.90</b>	<b>13,305.51</b>	<b>7.4%</b>

Cada fin de mes se realizaba la comparación entre las leyes de oro planificadas corto plazo (blastholes) y las leyes de oro depositadas en el pad de lixiviación, en la Tabla 4.9 observamos el porcentaje de variación mensual de las leyes de oro del mes de marzo y en la Tabla 4.10 la del mes de mayo del mismo año, de donde podemos observar que el porcentaje de variación de esos dos meses oscila alrededor de 1%.

**Tabla 4.9: Reporte mensual de variación de leyes para marzo del 2013**

FECHA	t	Ley BH	Ley Pad	Ley PROM	OZ BH	OZ Pad	OZ PROM	Variación
26/02/2013	24,857.96	0.543	0.733	0.638	433.76	585.42	509.59	35.0%
27/02/2013	25,366.32	0.521	0.603	0.562	424.81	491.61	458.21	15.7%
28/02/2013	25,177.96	0.489	0.765	0.627	395.62	619.03	507.32	56.5%
1/03/2013	24,493.29	0.438	0.533	0.485	344.78	419.68	382.23	21.7%
2/03/2013	24,608.57	0.489	0.580	0.535	387.10	458.73	422.91	18.5%
3/03/2013	24,629.48	0.573	0.494	0.533	453.93	390.80	422.36	-13.9%
4/03/2013	25,071.04	0.355	0.337	0.346	286.02	272.01	279.01	-4.9%
5/03/2013	24,798.32	0.492	0.505	0.498	392.43	402.41	397.42	2.5%
6/03/2013	24,699.16	0.461	0.480	0.471	365.94	381.36	373.65	4.2%
7/03/2013	23,756.91	0.467	0.451	0.459	356.58	344.70	350.64	-3.3%
8/03/2013	23,513.72	0.467	0.444	0.455	352.82	335.60	344.21	-4.9%
9/03/2013	23,213.84	0.473	0.507	0.490	353.21	378.30	365.76	7.1%
10/03/2013	23,960.93	0.471	0.312	0.392	363.13	240.20	301.66	-33.9%
11/03/2013	21,740.72	0.434	0.357	0.395	303.29	249.59	276.44	-17.7%
12/03/2013	23,659.66	0.402	0.283	0.342	305.42	215.19	260.31	-29.5%
13/03/2013	23,535.23	0.398	0.324	0.361	301.39	244.84	273.12	-18.8%
14/03/2013	23,840.22	0.414	0.296	0.355	317.02	227.09	272.06	-28.4%
15/03/2013	24,105.43	0.474	0.649	0.561	367.45	502.87	435.16	36.9%
16/03/2013	26,979.12	0.443	0.423	0.433	383.99	366.60	375.30	-4.5%
17/03/2013	24,451.77	0.369	0.348	0.359	290.30	273.53	281.92	-5.8%
18/03/2013	24,824.81	0.356	0.398	0.377	283.90	317.89	300.89	12.0%
19/03/2013	24,305.72	0.385	0.338	0.361	300.58	264.29	282.43	-12.1%
20/03/2013	26,370.62	0.490	0.362	0.426	415.08	307.16	361.12	-26.0%
21/03/2013	21,566.87	0.550	0.399	0.475	381.38	276.82	329.10	-27.4%
22/03/2013	21,327.38	0.455	0.544	0.499	311.81	373.07	342.44	19.6%
25/03/2013	7,100.88	0.448	0.581	0.515	102.18	132.74	117.46	29.9%
<b>Total general</b>	<b>611,955.93</b>	<b>0.456</b>	<b>0.461</b>	<b>0.459</b>	<b>8,973.90</b>	<b>9,071.54</b>	<b>9,022.72</b>	<b>1.1%</b>

Tabla 4.10: Reporte mensual de variación de leyes para mayo del 2013

FECHA	t	Ley BH	Ley Pad	Ley PROM	OZ BH	OZ Pad	OZ PROM	Variación
26/04/2013	22,896.20	0.507	0.453	0.480	372.93	333.51	353.22	-10.6%
27/04/2013	24,237.89	0.328	0.290	0.309	255.74	226.12	240.93	-11.6%
28/04/2013	22,614.58	0.442	0.474	0.458	321.26	344.91	333.08	7.4%
29/04/2013	24,398.86	0.438	0.450	0.444	343.59	352.94	348.26	2.7%
30/04/2013	23,991.15	0.492	0.607	0.549	379.37	468.04	423.70	23.4%
2/05/2013	23,462.47	0.520	0.622	0.571	392.23	469.46	430.85	19.7%
3/05/2013	26,412.58	0.470	0.409	0.439	398.77	347.59	373.18	-12.8%
4/05/2013	24,954.02	0.463	0.564	0.513	371.21	452.41	411.81	21.9%
5/05/2013	26,390.80	0.411	0.408	0.410	349.10	345.82	347.46	-0.9%
6/05/2013	25,492.84	0.497	0.471	0.484	407.30	385.90	396.60	-5.3%
7/05/2013	23,621.65	0.470	0.426	0.448	357.09	323.85	340.47	-9.3%
8/05/2013	23,864.30	0.481	0.381	0.431	368.76	292.19	330.47	-20.8%
9/05/2013	23,351.29	0.382	0.339	0.360	286.48	254.51	270.49	-11.2%
10/05/2013	21,421.19	0.438	0.418	0.428	301.37	287.79	294.58	-4.5%
11/05/2013	17,918.30	0.376	0.265	0.320	216.33	152.70	184.52	-29.4%
12/05/2013	19,389.62	0.333	0.318	0.326	207.90	198.02	202.96	-4.7%
13/05/2013	17,008.96	0.363	0.340	0.352	198.56	185.95	192.26	-6.4%
14/05/2013	22,493.32	0.594	0.642	0.618	429.28	464.12	446.70	8.1%
15/05/2013	23,000.58	0.459	0.421	0.440	339.34	311.11	325.23	-8.3%
16/05/2013	27,825.31	0.510	0.598	0.554	455.87	535.34	495.61	17.4%
17/05/2013	29,648.00	0.551	0.624	0.588	525.63	595.05	560.34	13.2%
18/05/2013	29,782.43	0.529	0.494	0.511	506.49	472.57	489.53	-6.7%
19/05/2013	28,749.00	0.526	0.521	0.523	485.84	481.41	483.62	-0.9%
20/05/2013	26,273.97	0.522	0.473	0.498	441.07	399.57	420.32	-9.4%
21/05/2013	26,994.51	0.561	0.669	0.615	487.08	580.35	533.71	19.1%
22/05/2013	25,307.82	0.553	0.587	0.570	449.95	477.41	463.68	6.1%
23/05/2013	23,755.68	0.644	0.637	0.640	491.52	486.74	489.13	-1.0%
24/05/2013	25,045.65	0.660	0.687	0.673	531.62	552.84	542.23	4.0%
25/05/2013	25,814.98	0.667	0.657	0.662	553.99	545.26	549.63	-1.6%
<b>Total general</b>	<b>706,117.95</b>	<b>0.494</b>	<b>0.499</b>	<b>0.497</b>	<b>11,225.64</b>	<b>11,323.49</b>	<b>11,274.57</b>	<b>0.9%</b>

Existe también otro porcentaje de variación de leyes, esta vez es entre las leyes planificadas largo plazo (Ley LP) y las leyes depositadas en el pad de lixiviación que es 33.6%, ver la Tabla 4.11 a continuación.

Tabla 4.11: Reporte mensual de comparación de leyes LP de abril del 2013

FECHA	t	Ley BH	Ley Pad	Ley PROM	OZ BH	OZ Pad	OZ PROM	LEY LP	% VARIACION
26/03/2013	29,225.26	0.473	0.493	0.483	444.44	463.54	453.99	0.460	7.2%
27/03/2013	31,084.66	0.420	0.364	0.392	420.10	363.28	391.69	0.460	-21.0%
28/03/2013	30,931.12	0.542	0.421	0.481	538.69	418.52	478.61	0.460	-8.5%
29/03/2013	24,760.32	0.499	0.452	0.476	397.23	359.87	378.55	0.460	-1.7%
30/03/2013	24,841.38	0.490	0.810	0.650	391.46	647.19	519.33	0.460	76.2%
31/03/2013	26,211.85	0.472	1.890	1.181	397.76	1,592.62	995.19	0.460	310.8%
1/04/2013	25,118.32	0.492	1.117	0.805	397.69	901.82	649.76	0.460	142.8%
2/04/2013	29,091.67	0.634	0.688	0.661	593.01	643.87	618.44	0.460	49.7%
3/04/2013	28,211.50	0.672	0.789	0.731	609.89	715.93	662.91	0.460	71.6%
4/04/2013	28,009.76	0.482	0.688	0.585	434.32	619.67	527.00	0.460	49.6%
5/04/2013	25,671.97	0.655	0.893	0.774	540.31	737.18	638.74	0.460	94.2%
6/04/2013	25,641.84	0.548	0.511	0.530	452.12	421.17	436.64	0.460	11.1%
7/04/2013	23,326.48	0.486	0.436	0.461	364.73	326.63	345.68	0.460	-5.3%
8/04/2013	22,913.61	0.423	0.376	0.400	311.66	277.29	294.47	0.460	-18.2%
9/04/2013	24,750.99	0.427	0.401	0.414	339.49	318.84	329.16	0.460	-12.9%
10/04/2013	24,935.49	0.505	0.631	0.568	405.05	506.23	455.64	0.460	37.3%
11/04/2013	23,771.14	0.592	0.613	0.602	452.24	468.19	460.22	0.460	33.2%
12/04/2013	21,236.46	0.450	0.354	0.402	307.03	241.95	274.49	0.460	-23.0%
13/04/2013	21,623.87	0.528	0.493	0.510	366.95	342.40	354.67	0.460	7.1%
14/04/2013	21,927.34	0.600	0.730	0.665	422.88	514.92	468.90	0.460	58.8%
15/04/2013	20,581.16	0.615	0.389	0.502	407.08	257.30	332.19	0.460	-15.5%
16/04/2013	20,945.28	0.655	0.734	0.695	441.21	494.19	467.70	0.460	59.5%
17/04/2013	20,114.25	0.566	0.558	0.562	366.25	361.12	363.69	0.460	21.4%
18/04/2013	13,512.60	0.528	0.534	0.531	229.59	232.17	230.88	0.460	16.2%
19/04/2013	14,812.66	0.651	0.632	0.642	310.23	300.96	305.59	0.460	37.4%
20/04/2013	22,338.22	0.503	0.516	0.510	361.59	370.41	366.00	0.460	12.1%
21/04/2013	21,517.60	0.387	0.376	0.381	267.78	260.06	263.92	0.460	-18.3%
22/04/2013	19,896.22	0.436	0.424	0.430	279.15	271.09	275.12	0.460	-7.9%
23/04/2013	19,761.51	0.542	0.535	0.539	344.49	339.94	342.21	0.460	16.3%
24/04/2013	20,979.65	0.423	0.475	0.449	285.49	320.66	303.08	0.460	3.3%
25/04/2013	20,854.14	0.495	0.462	0.479	332.21	309.90	321.06	0.460	0.5%
<b>Total general</b>	<b>728,598.32</b>	<b>0.521</b>	<b>0.615</b>	<b>0.568</b>	<b>12,212.12</b>	<b>14,398.90</b>	<b>13,305.51</b>	<b>0.460</b>	<b>33.6%</b>

#### 4.4. DISCUSIÓN

Según los antecedentes de la investigación, citado (Vargas Vergara, 2011), en su tesis titulada “Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla”, concluye que la influencia de la planificación a corto y mediano plazo es de vital importancia para la toma de decisiones que conlleven a hacer modelos de optimización que permitan evaluar diferentes escenarios de extracción, pero considerando las restricciones que involucren directamente a las operaciones mineras.

En el presente trabajo de investigación se muestra que; como parte del proceso de planificación a corto plazo, es decidir qué cortes de minado (proyectos de perforación y voladura) serán seleccionados para el mes de abril de 2013 y el orden en el cual se ejecutaran dichos cortes, estos cortes de minado deben de satisfacer en volumen y ley de oro (restricciones) a planta.

Según los antecedentes de la investigación, citado (Rossi M. y Baudino M. 2009), en su artículo titulado “Modelos de corto y mediano plazo” concluye que el propósito de los Modelos de Mediano y Corto Plazo es de actualizar la información del Modelo de Largo Plazo para incluir la nueva información que la operación va obteniendo. Desde luego, si el Modelo de Corto Plazo es en realidad un modelo de selección mineral/estéril, entonces el objetivo es diferente.

En este trabajo de investigación enfatizo como uno de los objetivos, la actualización de la información del in situ de las operaciones mineras, que incluyen información de los taladros de producción, en donde la información a actualizar son en base a las nuevas leyes de oro que se van encontrando, y estas se introducen al software MS para que nuestro modelo de bloques (leyes de oro) sea actualizado con la nueva información obtenida (taladros de producción), y así obtener información más confiable.

Delgado Vega, J., (2011), en su libro titulado “Apuntes del curso de planificación de minas” en sus páginas 62, 63 y 64 hace referencia al método manual para el diseño final de un tajo, resumiendo que para el método manual hay una demanda considerable de cantidad de tiempo y juicio por parte del ingeniero de planeamiento para hacer los diseños y generar planos físicos limitando las alternativas de selección, y que básicamente

se inicia confeccionando tres tipos de secciones, las cuales son; secciones transversales espaciadas en intervalos regulares y que son paralelas unas con otras, sección longitudinal a lo largo de su eje longitudinal del cuerpo mineralizado esto para definir los límites del tajo, y por ultimo las secciones radiales para definir los límites del tajo a los extremos. En sus páginas 65 y 66 hace referencia al método computacional optimizante para el diseño final de un tajo, resumiendo que el incremento en el uso de computadoras ha permitido a los ingenieros manejar mayores cantidades de información y mayor cantidad de alternativas con respecto a los métodos manuales, la computadora es una excelente herramienta para almacenar, recuperar, procesar y desplegar información de los proyectos mineros, ya que se desarrollaron aplicaciones que permiten que el ingeniero obtenga los diseños del tajo en un menor tiempo posible, existen dos métodos que son; método asistido por computadora en donde se realizan los diseños usando computadora pero en todo momento los diseños son supervisados por el ingeniero a cargo, y el otro es el método automatizado en donde la intervención del ingeniero a cargo es mínima y todo es realizado por la computadora, es en este método donde se genera el modelo de bloques y en base a este se consigue el diseño del límite final del tajo.

En el presente trabajo de investigación el diseño del límite final del tajo viene dado por el largo plazo, y esta información fue proporcionada por ARASI S.A.C. dicho límite final fue realizado usando métodos computacionales y que además estos métodos fueron usados también en el planeamiento a corto plazo para el procesamiento de información proveniente del in situ de la operación minera, diseño de los cortes de minado, cálculo de volumen, cálculo de la ley de oro promedio por proyecto y diseño de otras estructuras fueron monitoreados constantemente por mi persona y el área de planeamiento mina con sus ingenieros a cargo. Gracias al soporte del método

computacional yo como ingeniero de planeamiento pude tomar decisiones oportunas y obtener resultados favorables en un menor tiempo y con un porcentaje de confiabilidad más elevado que lo propuesto por el método manual.

Claudia Fernanda de Nicola Perez. (2015), en su tesis titulada: “Dilución operacional en mina el Soldado”, hace referencia a la dilución planificada y la dilución operacional en la mina El Soldado en Chile, en donde la explotación minera para tal mina era de 8% al 10%, siendo un 5% correspondiente a la dilución planificada y de un 3% a 5% correspondiente a la dilución operacional, en lo que respecta a la dilución planificada es aquella que proviene de la geología presente en el yacimiento (modelo de bloques) y que se genera por la planificación minera, intervienen aquí la planificación de largo plazo (forma de mineralización y manejo poco optimo del modelo de bloques) también la planificación a corto plazo (dificultad en separar estéril de mineral para confeccionar polígonos operativos), así en lo que dilución planificada respecta, se tendrá; dilución inherente del modelo geológico y dilución por definición de polígonos de extracción,.

En el presente trabajo de investigación se tiene como uno de sus propósitos determinar la variación de leyes planificadas con las leyes puestas en el pad de lixiviación, y según el reporte mensual para el mes de abril es de 17.9% en promedio entre la ley planificada corto plazo (blastholes) y la ley puesta en el pad de lixiviación, esto debido a que las fechas 31 de marzo y 1 de abril se registró una lectura anormal de las leyes del pad, haciendo que el promedio global sea desproporcional, también se tiene una comparación entre la ley planificada largo plazo (diamantinos) y la ley puesta en el pad de lixiviación que es de 33.6% en promedio, la cual claramente tiene la desventaja de ser comparada con leyes de los taladros diamantinos que presentan mayor espaciamiento de

taladro a taladro ( $>50$  m) y usa métodos geostatístico para la estimación. Podemos discernir que la dilución planificada va relacionada con la comparación de leyes.

## CONCLUSIONES

- Para el planeamiento a corto plazo es de vital importancia primero revisar y analizar la información de la base de datos a actualizar, ya que, si utilizamos información errónea, esta podría repercutir de manera negativa en la confección del plan de minado a corto plazo, al tener una base de datos constantemente actualizada con información fresca del in situ de las operaciones mineras hace de que el modelo de bloques de largo plazo sea modificado en cuanto a leyes de oro respecta y este nuevo modelo de bloques se convierte en el modelo de corto plazo, este tiene una influencia directa en las onzas de oro depositadas en el pad de lixiviación, lo que nos lleva a tener en cuenta que la generación de un plan de minado a corto plazo es el primer paso antes de la ejecución del mismo.
- El tener el modelo de bloques actualizado (corto plazo) nos da espacio para diseñar los cortes de minado correspondientes al mes de abril de 2013, los cuales fueron diseñados con los criterios pertinentes para alcanzar las metas de producción propuestas para el mes, también es importante tomar las consideraciones de tiempo y espacio para determinar la secuencia de minado de los cortes diseñados basándose en el stock de mineral, para después en base a capacidad, rendimientos y productividad (KPI's) seleccionar los equipos necesarios dentro de los disponibles, para cumplir con la producción mensual.
- El porcentaje de variación de leyes de oro planificadas corto plazo (blastholes) con las leyes de oro depositadas en el pad de lixiviación al finalizar el mes de abril de 2013 es de 17,9 % , esto debido principalmente al tipo de yacimiento (epitermal de alta sulfuración), y una de sus características es su comportamiento errático de las leyes de oro contenidas, y también se debe a una lectura irregular de las leyes depositadas en el

pad dos días del mes de abril, haciendo que el porcentaje de variación sea elevado en comparación con el porcentaje de variación de otros meses que oscila alrededor de 1%, y el porcentaje de variación entre las leyes planificadas largo plazo y las leyes depositadas en el pad de lixiviación es de 33,6%, entonces claramente el porcentaje de variación que representa el corto plazo es entre las leyes de oro planificadas corto plazo (blastholes) y las leyes depositadas en el pad de lixiviación que es de 17.9% que sin las lecturas irregulares de los días mencionados anteriormente el porcentaje de variación sería 7.4% (ver Tabla 4.8).

## RECOMENDACIONES

- La implementación de un modelo geo-metalúrgico para el planeamiento a corto plazo es un tema que varias empresas han venido implementando, y para el caso de ARASI no tendría que ser la excepción, ya que al usar un modelo geo-metalúrgico para el planeamiento de minado hace que desde el momento de la perforación de los taladros de producción ya se conozca con mayor claridad el porcentaje de recuperación del material a ser enviado a planta, y con esto tener un mejor panorama en la conciliación de leyes.
- Las empresas mineras que esta inmersas en pequeña y mediana minería que no cuenten con plan de minado, deberían implementar el área de planeamiento mina y realizar el plan de minado a largo plazo y consecuentemente el planeamiento a corto plazo para llevar una operación más ordenada y establecer objetivos claros y alcanzables, y así hacer que la explotación minera sea sostenible durante la vida de la mina.
- Los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, están en la posibilidad de tomar esta información para entender y nutrir sus conocimientos en el tema de planeamiento a corto plazo, y en base a ello proponer ideas de mejora para el mismo, y también para que los estudiantes del rubro minero puedan estar en la capacidad de realizar investigación en planeamiento, en el cual considere la intervención de agentes netamente operacionales que obliguen a realizar pequeños cambios con respecto al largo plazo, esto para optimizar procesos o para evitar que la sostenibilidad de la explotación minera sea afectada y consecuentemente generar pérdida.

## REFERENCIAS

- Bautista Condori J. (2017). Diseño y planeamiento de minado subterráneo para incrementar la producción diaria de la Unidad operativa Pallancata – Proyecto Pablo – Compañía minera Ares S.A.C. Puno (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería de Minas, Puno, Perú.
- Bryan R. Nielson, Chris Roos, Scott Rosenthal & Richard J. Rossi. (2018). Implementing an Ore Reconciliation System Supported by Statistical Process Control (Graduate theses). Department of Mining Engineering Montana Tech, Montana, United State of America.
- Burt Christina, Caccetta Lou, (2014). Equipment selection for Surface mining: a review, journal Interfaces. INFORMS, Volume 44 (2), 143-162.
- Bustillo Revuelta, M. y Lopez Jimeno, C. (1997). Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras. Madrid, España: Entorno Grafico S.I.
- Chambilla Pacoticona L. (2013). Planeamiento de minado a corto plazo con la aplicación del software Vulcan 3d maptek en la unidad minera Anabi S.A.C. Puno (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería de Minas, Puno, Perú.
- Delgado Vega, J., (2011), Apuntes del curso de planificación de minas. Recuperado de: <https://intranetua.uantof.cl/biblioteca/pg/index.php>

- E. Bozorgebrahimi, R. A. Hall and G. H. Blackwell (2014). Sizing equipment for open pit mining-a review of critical parameters. *Mining Technology*, Volume 112(3), 171-179.
- Gil Agudelo D. (2011). Indicadores claves de rendimiento (KPI) Cummins de los Andes S.A. (Tesis de pregrado). Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia, Colombia.
- Gonzales Paihua, T. (2010). Diseño de Minas a Tajo Abierto (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Hack, D. R. (2013), Utilization of scripting languages for customization of mine planning packages by specialized users. *APCOM 2003*, South African Institute of Mining and Metallurgy (2003), 115-121. Recuperado de: <http://www.saimm.co.za/Conferences/Apcom2003>
- Hardy Raymond J. (2007). Selection criteria for Loading and Hauling Equipment – Open Pit Mining Applications (doctoral thesis). Western Australian School of Mines – Curtin University of Technology, Bentley WA 6102- Australia.
- Hustrulid, W., Kuchta, M., and Martin, R. (2013). *Open pit mine Planning & Design*, 3rd edition-fundamentals. London, UK: CRC Press.
- L. Blom, M., N. Burt, C., Lipovetzky, N., R. Pearce, A. and J. Stuckey, P. (2015). *Scheduling Tools for Open-Pit Mining*. Association for the Advancement of Artificial Intelligence. Recuperado de: [www.aaai.org](http://www.aaai.org)

- Newman Alexandra M., Rubio Enrique, Caro Rodrigo, Weintraub Andrés, Eureka Kelly, (2010). A review of operations research in Mine Planning, INFORMS, Volume 40(3), 222-245.
- N. Calder. P. (1998). Tópicos de Ingeniería en Minas a Rajo Abierto (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Quispe Aguilar A. (2013). Plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera Ananea S.A. Lima (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, Lima, Perú.
- Thorley. U., (2012), Open pit mine planning: analysis and system modeling of conventional and oil sands applications (Tesis de pregrado). Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
- Vasquez M. Alejandro, Galdames Ch. Benjamin, Rene Le-Feaux (1998), Apunte preliminar diseño y operaciones de minas a cielo abierto. Recuperado de [http://biblio.uchile.cl/client/es\\_ES/sisib](http://biblio.uchile.cl/client/es_ES/sisib)

## **ANEXOS**