



Universidad Católica del Norte
ver más allá



Escuela de Negocios Mineros
Dirección de Postgrado

“ESTRATEGIA PARA LA ESTIMACIÓN DE VARIABLES QUE DEFINEN LA PRODUCCION BAJO UN CONCEPTO GEOMETALÚRGICO”

*Proyecto de tesis para optar al grado académico
de Magíster en Gestión Minera*

Profesor Guía: Oscar Benavente.

Carolina Valdivia

Miguel Politis

Sergio Pichott

Antofagasta, 20 de diciembre 2013

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I: INVESTIGACIÓN PROPUESTA	8
1.1. Formulación General	8
1.2. Problema de Investigación	9
1.3. Hipótesis	9
1.4. Objetivos	10
1.4.1. Objetivo General	10
1.4.2. Objetivos Específicos	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y RESULTADOS	15
3.1. General	15
3.2. Modelo Bond Work Index (BWI)	17
3.2.1. Introducción	17

3.2.2. Toma de Muestras	17
3.2.3. Test de Dureza	18
3.2.4. QA-QC	18
3.2.5. Análisis Estadístico de Dureza (BWI)	20
3.2.6. Definición Unidades Geometalúrgicas de Dureza (BWI)	21
3.2.7. Variografía por Unidades Geometalúrgicas de Dureza	23
3.2.8. Estimación de Variables de Dureza	23
3.3. Modelo Mineralógico	24
3.3.1. Toma de Muestras	24
3.3.2. Preparación y QAQC	25
3.3.3. Base de Datos Mineralogía	25
3.3.4. Definición Unidades Mineralógicas	26
3.3.5. Estimación	27
3.4. Modelo Recuperación Rougher	31
3.4.1. Toma de muestras, preparación y QAQC	31
3.4.2. Base de Datos Recuperación Rougher	32
3.4.3. Análisis estadístico de datos	32
3.4.4. Estimación	34
3.4.5. Parámetros de estimación	36
3.5. Ley de concentrado de cobre y Modelo mineralógico.....	37

3.5.1. Correlación de mineralogía vs ley de concentrado de cobre.....	37
3.5.2. Implementación de caracterización mineralógica en definición de zonas minerales vía OGC.....	39
CAPÍTULO IV: RECONCILIACIONES Y VALIDACIÓN DE MODELOS GEOMETALURGICOS	40
4.1.1. Modelo Mineralógico	40
4.2. Modelo de Dureza	43
4.2.1. Modelo de Dureza y Estimación de TPH	43
4.3. Modelo de Recuperación Rougher	45
4.3.1. Modelo de Recuperación Rougher	45
CAPÍTULO V: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.....	46
5.1. Evaluación Tratamiento Horario (TpH)	46
5.1.2. Incertidumbre de planes comprometidos	46
5.1.3. Optimización de Mantenciones	47
5.2. Evaluación Recuperación Rougher y efecto de modelo de distribución mineralógico	49

CAPITULO VI: CONCLUSIONES	52
CAPITULO VII: PROYECCIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis es proponer una estrategia para la estimación, proyección y control de las principales variables que afectan la producción de cobre fino, como una herramienta para el cumplimiento de los planes de producción anual. Para esto es necesario generar modelos espaciales de dureza, distribución mineralógica de las principales especies sulfuradas de cobre y de recuperación de Cu fino en el proceso de flotación.

Las herramientas teóricas utilizadas se basan en técnicas de muestreo, test metalúrgicos, modelamiento geometalúrgico, bajo el concepto *mine to plant* desarrollado en División Mantos Blancos. En paralelo, se optimiza el método de estimación de zonas minerales, controlando de esta manera la variabilidad de alimentación a planta.

Las conclusiones obtenidas indican que el estimar de esta manera las principales variables definidas el proceso mina - planta de planificación y posterior etapa de reconciliación es más efectiva.

INTRODUCCIÓN

Una de las metas claves para el éxito de las operaciones mineras consiste en dar cumplimiento a los planes de producción de largo, mediano y corto plazo en forma segura y sustentable. Para ello, se requiere un adecuado control sobre los indicadores operacionales claves en la cadena de valor del negocio minero. El objetivo central de cualquier negocio es maximizar la razón de retorno de la inversión, o en simples términos, maximizar la rentabilidad, pero tradicionalmente en la industria minera el proceso total es dividido en dos áreas como son mina y planta, y son gestionados con centro de costos separados dada su interdependencia.

Cada proceso tiene un presupuesto y producción asignada y un énfasis como es usual en maximizar la producción (tonelaje horario) y minimizar los costos de cada área por separado, en lugar de buscar la rentabilidad del conjunto como unidad entera de negocio. La eficiencia de cada proceso es considerada satisfactoria con tal de que cada uno de ellos estén dentro de lo presupuestado y se lleguen a los objetivos de producción, así la gestión apunta a optimizar cada proceso independientemente, en lugar del proceso en su conjunto.

Este tipo de evaluación vía implementación de modelos geometalúrgicos y controles sobre las variables transversales que afectan a cada etapa en la cadena de valor, tiene la ventaja de ahorrar tiempo, estimar o pronosticar las variables de mejor manera y así optimizar los procesos extractivos del cobre, generando una disminución de costos y mayor opción para variar parámetros de diseño.

Generar modelos espaciales para las variables importantes a largo del proceso mina-planta es una problemática, ya que el realizar las campañas de sondeos implica un alto costo y lograr modelos con alta predictibilidad asociados a bajos errores en su estimación es complejo. Solucionar esta problemática implicaría generar los modelos espaciales indicados y realizar las reconciliaciones mensuales que permitan validar las proyecciones de cada uno de ellos, luego, con la estimación de sus errores individuales es posible decidir si éstas herramientas usadas estratégicamente entregarán los resultados estimados, las preguntas que se generan, es si lo modelado satisfacen los requerimientos de control de cada variable. Para resolver dichos cuestionamientos, se realiza un análisis interno de qué variable modelar y cómo compararlo con los resultados planta, por lo que una planificación de construcción sistemática de cada modelo, y luego la validación de éstos, en un periodo de enero 2013 a la fecha, permitirá estimar con una mayor certeza y confiabilidad.

El presente trabajo entregara la metodología para la confección de los modelos indicados, estos serán reconciliados con los planes mineros y resultados planta por un periodo mínimo a 10 meses y validados según el error obtenido en su predicción, finalmente se realizara un análisis técnico económico, conclusiones y proyecciones que se pueden visualizar para el 1Q del año 2014.

CAPÍTULO I

INVESTIGACIÓN PROPUESTA

1.1. FORMULACIÓN GENERAL

El proyecto busca establecer una estrategia que permita de manera sostenida en el tiempo asegurar los planes mineros que definen la producción de cobre, al contar con la estimación de las variables en un marco geometalúrgico y usando como herramienta ejecutora el proyecto *Mine to Plant* de minera Mantos Blancos. La oportunidad de generar esta estrategia surge al iniciar el primer modelo geometalúrgico, dureza y ver su comportamiento predictivo a lo largo del periodo de diciembre 2012 y enero 2013, de esta manera las operaciones planta y el área de geología definen su carácter transversal y es propuesto el proyecto desde la mina a la planta, identificando las principales variables transversales al proceso.

En la actualidad, muchas empresas mineras trabajan o usan como herramienta predictiva algoritmos o estimaciones cualitativas, al evolucionar hacia modelamientos espaciales de las variables claves del proceso y reconciliarlas mensualmente se mantendrá el control y mejorar el poder predictivo, aumentando la posibilidad de generar planes más robustos y sustentables en el tiempo, esto acompañado con un control operacional desde el inicio de la cadena de valor, por esta razón la estrategia es custodiada mediante la ejecución del proyecto *Mine to Plant* en todas sus etapas. El cumplimiento anualmente de la actualización de los modelos y el control en la medición de los principales Kpi definidos permitirán mantener la estrategia ideada en este trabajo.

1.2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Se desconoce la variabilidad espacial de la distribución de mineralogía de mena y ganga, su relación con respecto a la dureza de la roca a ser tratada en el proceso de chancado y finalmente la relación con respecto a la recuperación metalúrgica de cobre en el concentrado. Es indispensable conocer estas relaciones y sus variabilidades, Esto es posible determinar al realizar las validaciones de estos modelos con respecto a los resultados planta y plan minero.

1.3. HIPÓTESIS

En el presente proyecto se plantea una hipótesis experimental vinculando características Geometalúrgicas y de procesos extractivos medibles en el campo operacional. Las principales hipótesis vinculadas son:

Hipótesis 1: ¿Es más exacto estimar la producción de cobre usando los modelos espaciales de dureza, recuperación y las cantidades de mena a ser tratada en el proceso planta que mediante algoritmos lineales?

Hipótesis 2: ¿El uso de modelos espaciales de las variables definidas permitirá obtener reconciliaciones con un menor error estimado?

Hipótesis 3: ¿El uso de modelos espaciales mejora el pronóstico de producción de cobre fino vs el uso de algoritmos y datos de comportamiento históricos?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Proponer una estrategia para el control de variables claves (Mineralogía de alimentación, tonelaje horario procesado en la molienda y % recuperación Rougher de Cu) que juntas afecta a la producción de cobre fino para ayudar al cumplimiento sustentable de los planes de producción mensuales y anuales.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Generar un modelo de distribución mineralógica de las principales especies sulfuradas de cobre que permitan maximizar la recuperación de Cu fino en el proceso de flotación.
 - b. Caracterizar la mineralogía de alimentación a planta optimizando así el método de definición de zonas minerales programadas a planta (OGC).
 - c. Implementar un área de caracterización mineralógica (microscopía óptica) para dar sustentabilidad a la caracterización de especies de mena y ganga.
 - d. Generar un modelo de dureza basado en los test de BWI (Bond Work Index)
-

optimizando la estimación de alimentación y la planificación de la molienda.

- e. Generar un modelo de Recuperación Rougher y visualizar su distribución espacial.
- f. Visualizar si existe relación entre mineralogía de alimentación y ley de concentrado de cobre. Etapa I 2013.
- g. Generar modelos predictivos de estas variables con un error anual menor al 5%.
- h. Implementar metodología M2P (Mine to Plant) que conecte las variables principales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La definición de geometalurgia y el concepto de *Mine to Plant* tuvo sus inicios hace un par de décadas, con lo que áreas mineras Australianas acuñaron como Mine to Mill (Kanchibotla, 2000 Vol. 2), es decir, de la mina a la molienda esto implicó concebir las operaciones de perforación y tronadura como parte integral de una cadena de operaciones en la que las primeras tienen una gran incidencia en los costos totales de extracción y tratamiento.

Esto significó dejar de tratar el proceso de perforación y tronadura como una fase desligada del resto de operaciones Mina-Planta, comprendiendo que una mayor fragmentación conlleva un beneficio global del proceso, compensando el aumento de costos en explosivos (Euroservice, 2007).

El concepto *Mine to Plant* (M2P) en contra de la tradicional separación de los costos de mina frente a los de planta, integra ambos para obtener un máximo beneficio, consumo de energía, aumento de capacidad en el tratamiento horario y por ende aumento de la producción de cobre fino.

Los puntos básicos en los que se fundamenta el concepto M2P son:

1. La energía más barata para fragmentar la inmensa mayoría de las rocas y minerales es mediante explosivos.

2. Un volumen de roca bien fragmentada conlleva mejores operaciones de carga y transporte, menores costos de operación, mejor aprovechamiento del transporte (camiones mejor llenados), etc.
3. Un material más fragmentado conlleva menores costos de chancado y molienda aumentando del tonelaje horario (t/h).
4. Un volumen mineral caracterizado mineralógicamente mena y ganga, con un control sobre su dilución operacional generará un menor desvío como concepto de ley de alimentación a la planta y un control operacional sobre la recuperación metalúrgica.
5. Generar continuidad de operación a las plantas extractivas generan beneficios operacionales en el mediano y largo plazo.

El objetivo central de cualquier negocio es maximizar la razón de retorno de la inversión, o en simples términos maximizar la rentabilidad, pero tradicionalmente en la industria minera el proceso total es clasificado dentro de dos grupos como mina y planta por separado. Estos son gestionados con centros de costos separados dado su interdependencia. Cada proceso tiene un presupuesto y producción asignada y un énfasis como es usual en maximizar la producción (tonelaje horario) y minimizar los costos en lugar de buscar la rentabilidad del conjunto como unidad entera de negocio. La eficiencia de cada proceso es considerada satisfactoria con tal de que cada uno de ellos estén dentro de lo presupuestado y se lleguen a los objetivos de producción, así la gestión apunta a optimizar cada proceso independientemente en lugar del proceso en su conjunto.

Este tipo de evaluación vía implementación de controles sobre las variables transversales que afectan a cada etapa en la cadena de valor tiene la ventaja de ahorrar tiempo, es menos costoso que implementar pruebas en laboratorio y tiene mayor versatilidad para variar parámetros de diseño.

El procedimiento a generar y aplicar permitirá generar valor agregado considerando que los factores que controlan la productividad de los procesos que vienen aguas abajo son, principalmente, la ley de alimentación, la dureza del material-fragmentación y mineralogía de mena y ganga en la alimentación.

Conforme a lo anterior, en diferentes proyectos alrededor del mundo minero tienen como punto de partida el diseño de la tronadura y considera el explosivo como una fuente de energía “barata” en comparación con los KW/hrs que necesita una planta de molienda (Valery, June 2002).

Actualmente, la visión de un control transversal de las variables que se interconectan están enmarcadas bajo desarrollos conjuntos tomados por diferentes modelos geometalúrgicos y propuestas de trabajos conjuntos, entre planificación y operación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

3.1. GENERAL

Los modelos se confeccionaron con datos obtenidos de ensayos y análisis de muestras de sondajes diamantinos (DDH), correspondiente a las campañas de sondajes de la Superintendencia de Geología y Proyecto desarrollo Mantos Blancos, realizadas en los años 2011 y 2012, correspondiente a 25 sondajes que se encuentran distribuidos de acuerdo a las zonas del plan minero, es decir en las futuras áreas de extracción presentadas en LOM 2012. (Fig. 1 y 2).

Se confeccionaron 3 modelos a partir de los datos recopilados; BWI, Mineralogía basada en descripción de microscopio de barrido (QEMSCAN) y Recuperación Rougher.

Los modelos mencionados se generaron con el apoyo y validación del área de Estimación de Recursos y Reservas de la Superintendencia de Geología, éstos constituyen una primera versión del modelamiento geometalúrgico de Mantos Blancos.

Para el almacenamiento de la información de sondajes se utiliza la base de datos geológica, BDGEO, ésta es actualizada con la información de los resultados de los test metalúrgicos y mineralógicos.

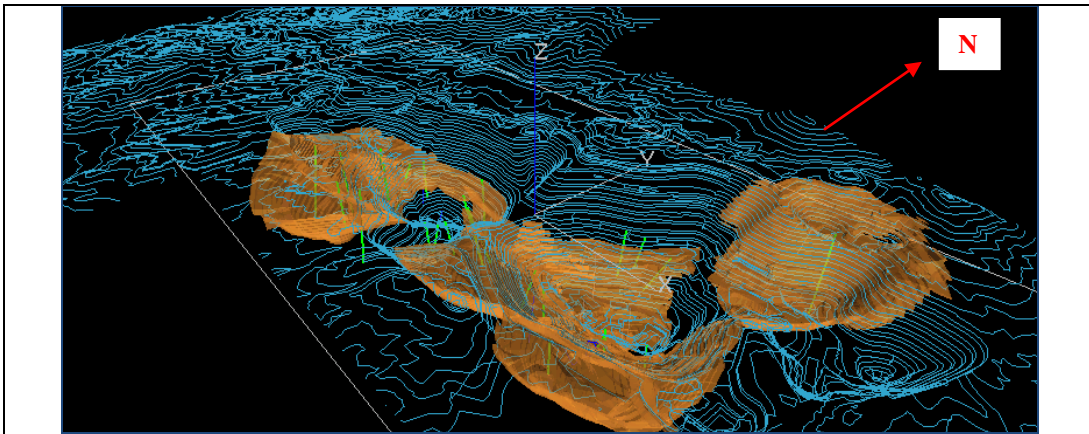


Figura 1. Vista NW, muestra la distribución de los sondajes DDH (verde) y las futuras áreas del plan minero (LOM 2012). Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.

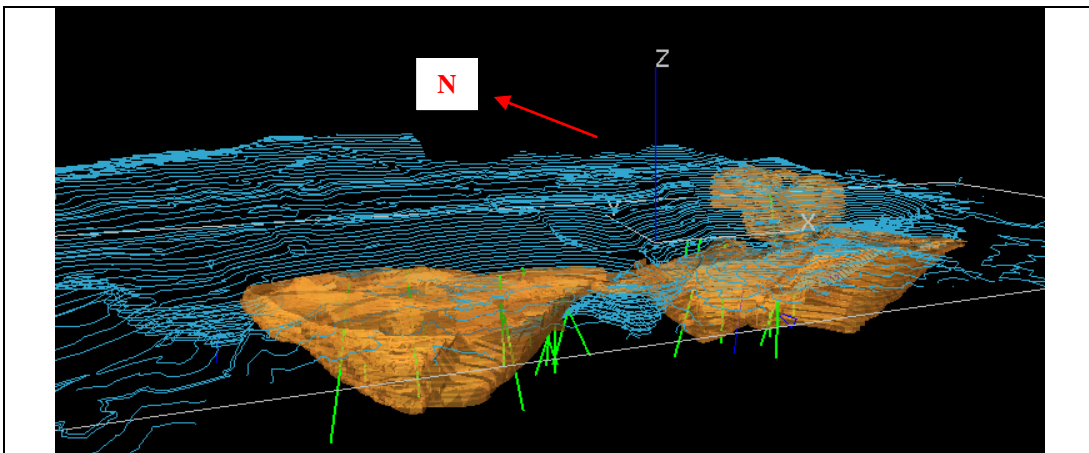


Figura 2. Vista NW, muestra la distribución de los sondajes DDH (verde) y las futuras áreas del plan minero (LOM 2012). Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.

3.2. MODELO BOND WORK INDEX (BWI)

3.2.1. Introducción

El modelo de dureza es confeccionado sobre la base de la información de test metalúrgicos de dureza (BWI) y el conocimiento geológico del yacimiento.

El modelo de tratamiento horario, que predice el comportamiento del proceso de molienda en los molinos de bolas n°1, 2, 3, 4, 5 y 7 en Mantos Blancos, es el modelo TPH, éste tiene dos fuentes de información de entrada: una metalúrgica correspondiente a las variables operacionales de la planta de molienda Mantos Blancos, y otra geometalúrgica correspondiente a los valores de test de dureza (BWI) realizados.

3.2.2. Toma de Muestras

La toma de muestra desde los sondajes se realiza en el Laboratorio Vigalab, Copiapó, según lo descrito en el protocolo de muestreo geometalúrgico, el cual es consistente con la metodología utilizada hasta la fecha actual (Anexo N°1).

La muestra se obtiene tomando medio testigo (intercalando trozos) a lo largo de un tramo del sondaje de 12 m, con el fin de obtener una muestra de aproximadamente 36 kg y así cumplir con el peso mínimo requerido para cada una de las pruebas metalúrgicas a realizar. Para el caso del Bond Work Index el peso requerido es de 10 kg y asegurar, además, la disponibilidad de repeticiones y control de calidad.

En las campañas se obtuvo un total de 180 muestras Geometalúrgicas correspondientes al compósito de 12 metros distribuidos en el rajo Sta. Bárbara (Tabla 1).

N° Sondajes	25
Metros	6693
Muestras	180

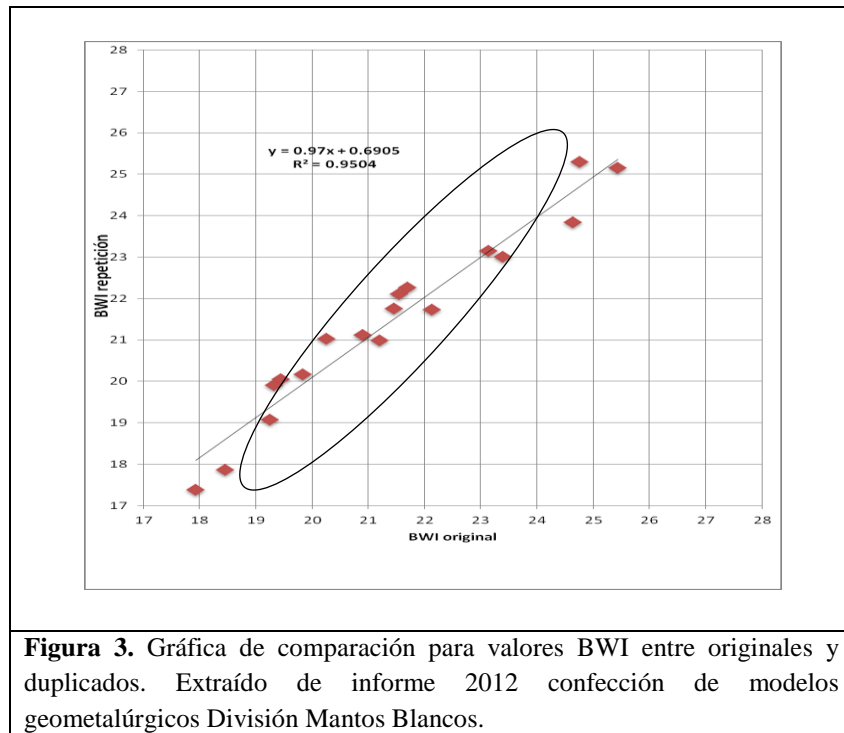
Tabla 1. Información de sondajes diamantina contenida en la base de datos asociados a geometalurgia. *Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.*

3.2.3. Test de Dureza

El BWI (Bond Work Index) es una prueba que consiste en ensayos de ciclos de molienda de bolas efectuados en seco y utilizando un tamiz de separación o malla de corte preseleccionada, para simular un circuito cerrado de molienda/clasificación, operado con un porcentaje de carga circulante preestablecido. Este método empírico permite obtener una primera aproximación (error $\pm 20\%$) del consumo real de energía requerido para moler un mineral determinado en un molino de tamaño industrial. Los resultados de dicho ensayo están expresados en kWh/t.

3.2.4. QA-QC.

Para BWI se realiza una repetición de los test del 10%. Este control está orientado a la verificación de la repetitividad del test a través de un análisis de dispersión de los datos y así estimar el error asociado al experimento (Figura 3).



El criterio de aceptabilidad de las muestras duplicadas exige una regresión sin sesgo y que la diferencia acumulada relativa de los análisis sea menor a 10% en el 90% de los datos.

La comparación indica que la repetitividad del test es buena y aceptable para su utilización en el modelamiento tridimensional de la variable (Tabla 2).

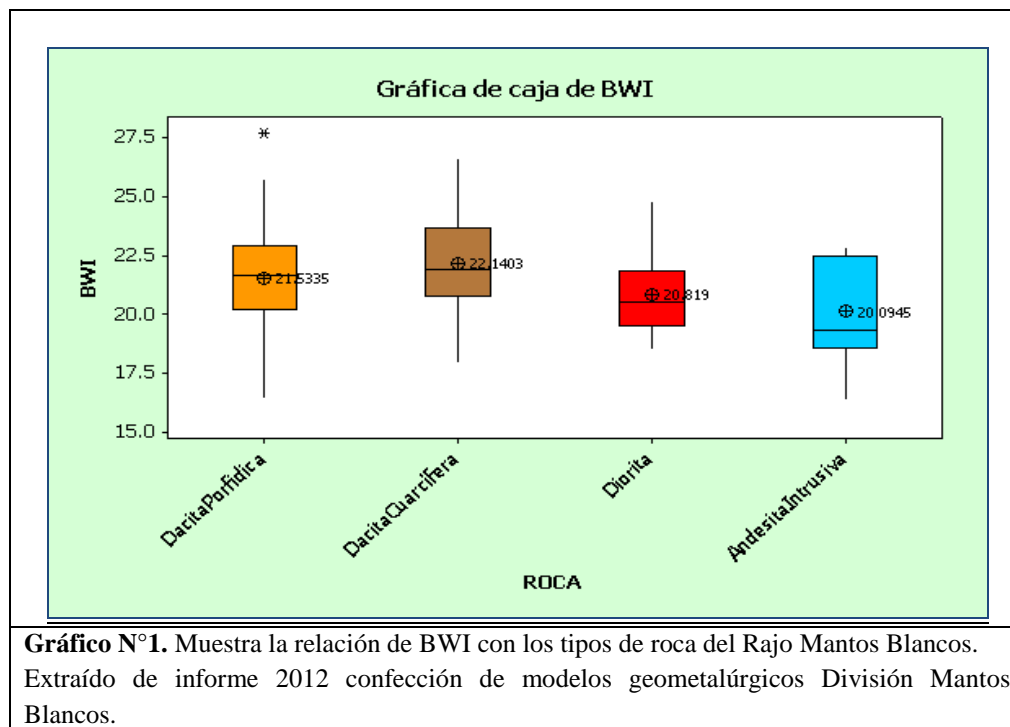
Muestra	BWI original kWh/t	BWI repetición kWh/t
1687364	17.93	17.38
1687386	19.34	19.90
1687390	25.44	25.15
1687396	21.21	20.98
1687899	23.40	23.00
1687901	19.84	20.16
1687809	24.77	25.30
1687815	19.26	19.07
1687818	24.65	23.83
1687823	21.55	22.11
1687836	20.91	21.11
1687839	22.14	21.72
1687858	19.45	20.04
1687872	21.46	21.75
1687895	20.26	21.02
1710513 - 1	21.70	22.26
1710525	18.46	17.86
1710527	23.14	23.14

Tabla 2. Comparación de resultados QA/QC. Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.

3.2.5 Análisis Estadístico de Dureza (BWI)

Se revisaron los resultados con el software MiniTab, donde se observó la distribución de BWI, que van de 21 a 20.55 kWh/t como promedio, donde existen valores extremos de 27 kWh/t.

La distribución de los datos se desarrolla directamente con el tipo de roca que existe en el rajo, de ahí se realizó el ejercicio de distribución, llegando a los siguientes promedios como muestra la gráfica N°1.

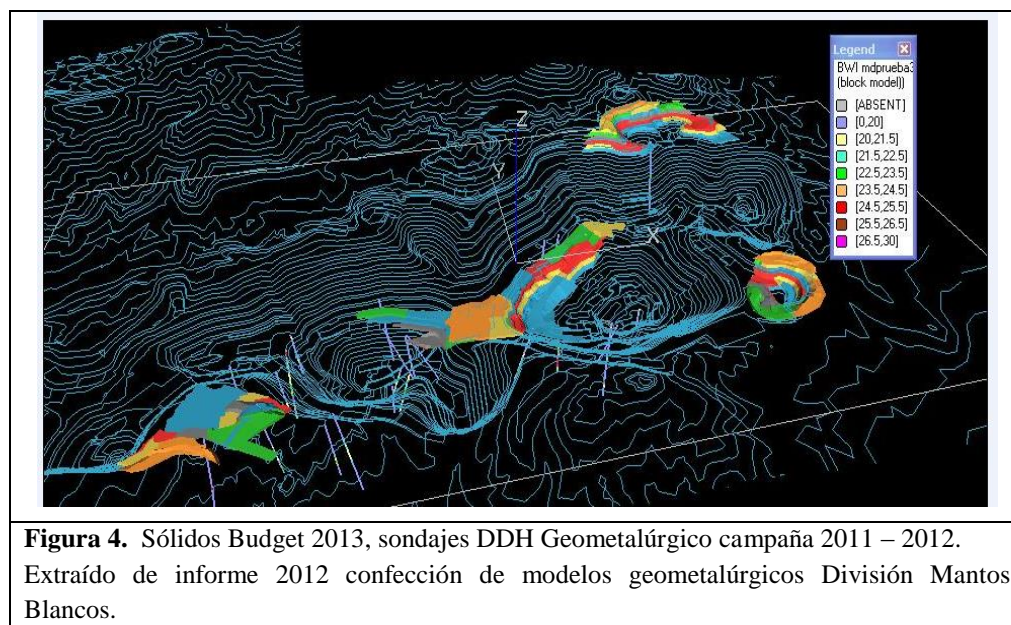


3.2.6. Definición Unidades Geometalúrgicas de Dureza (BW)

Se definen unidades y valores promedios de BW, relacionadas a los tipos de roca más representativos que serán extraídos en los próximos años, algunos tipos litológicos, como los diques son incorporados a una mayor unidad litológica por ser especialmente más pequeños y no representan el volumen operacional total a extraer (Tabla 3). Se definen tipos de roca de acuerdo al análisis estadístico realizado, los cuales tienen valores promedio de BW, esto se visualiza al colocar el pit de diseño, los diferentes polígonos con las unidades coloreadas (Figura 4).

Código Litológico	Tipo Roca	BWI kWh/t
20	DP (Dacita Porfídica)	21.53
30	DQP (Dacita Cuarcifera)	22.14
40	RD (Diorita)	20.82
50	AI (Andesita Intrusiva)	20.09

Tabla N°3. Valores promedio de BWI asignados a tipos litológicos más representativos.
Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.



3.2.7. Variografía por Unidades Geometalúrgicas de Dureza

El modelo litológico (mdmblit.dm) es el modelo base para realizar la estimación, se utilizó variografía del modelo litológico (probabilístico), ya que existe relación de litología con BWI.

Es importante indicar que aquellos volúmenes que no alcanzan a ser estimados por el radio de búsqueda son asignados por la relación ROCA /BWI.

3.2.8. Estimación de Variables de Dureza

Se define el modelo realizado con estimador de Kriging, como el modelo oficial que se presentará a la División Mantos Blancos, por ser la herramienta geo estadística que es mayormente sugerida por asesores externos y por entregar la mejor representatividad de variabilidad espacial, con esto son definidos los parámetros de estimación:

Parámetros de estimación:

Radio de búsqueda de 180 *160 * 95 metros

Con mínimo de 4 muestras y máximo de 16 muestras.

Este criterio es validado por el área de la VP técnica de geología.

3.3. MODELO MINERALÓGICO

Mantos Blancos cuenta con un modelo mineralógico desde el año 2008, modelo denominado “modelo cualitativo de mineralogía”, ya que se confeccionó con la información de mapeos de sondajes de aire reverso y DDH, existentes en la base de datos (BDGEO).

Con el objetivo de actualizar y tener datos cuantitativos se realizaron análisis mineralógicos QEMSCAN a muestras de sondajes DDH, realizado en campañas del año 2011 y 2012.

3.3.1. Toma de Muestras

La toma de muestra desde los sondajes se realiza en el Laboratorio Vigalab, Copiapó, según lo descrito en el protocolo de muestreo geometalúrgico el cual es consistente con la metodología utilizada hasta la fecha actual.

La muestra de mineralogía se obtiene desde la preparación mecánica de muestras para análisis químico, tramos a 6 metros, la que corresponde a un rechazo de granulometría a #10Ty, éstas fueron enviadas desde el Laboratorio de Vigalab (Copiapó) a Laboratorio SGS (Santiago), asignándoles un número correlativo único. Del muestreo realizado, se obtuvo un total de 452 muestras analizadas por QEMSCAN, correspondiente 12 metros distribuidos en el rajo Santa Bárbara (Figuras 1 y 2).

3.3.2. Preparación y QAQC.

En laboratorio de SGS, se realiza la preparación y confección de briquetas de acuerdo al estándar de granulometría definida por Mantos Blancos (26%+65# Ty), para su posterior análisis mineralógico.

Se determinará la mineralogía modal de mena, se realiza para cada muestra una reconciliación de los resultados con análisis químicos para control de calidad y cada 10 muestras se repite el análisis como un duplicado de la muestra.

3.3.3. Base de Datos Mineralogía

Esta base de datos se filtró de acuerdo a la definición del volumen a estimar (por la Razón de Solubilidad, Tabla 5), quedando un total de 387 muestras para estimar la mineralogía del cuerpo de sulfuro con sus códigos definidos (Tabla 4). Los datos de minerales sulfurados se encuentran normalizados al 100% de acuerdo al p/p% que entrega la información de QEMSCAN. Cada muestra representa tramos de 6 metros, esta base de datos fue compositada a 6 metros. Las variables a utilizar fueron sulfuros de cobre y pirita.

Variable	Código
Calcopirita	CP_Q
Bornita	BO_Q
Covelina	CV_Q
Calcosina	CC_Q
Pirita	PY_Q

Tabla 4. Códigos de minerales utilizados en base de datos (Qemscan) para confección modelo mineralógico. Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.

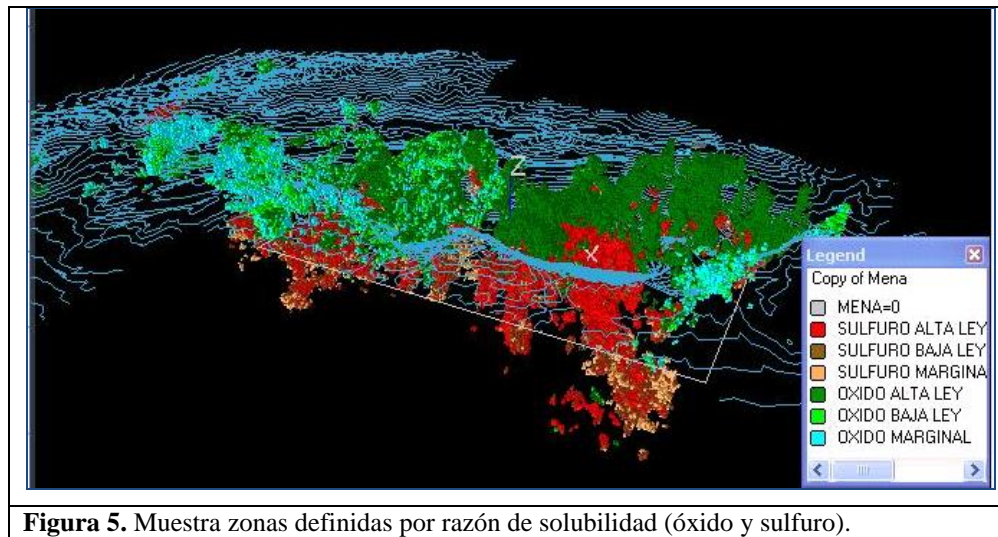
3.3.4. Definición Unidades Mineralógicas

En primera instancia se determina generar el límite del volumen a estimar por zonas mineralógicas, representadas por la Razón de Solubilidad (RS) (Figuras 5 y 6), que actualmente se ocupa en modelos de largo plazo vigente:

RS (CuS/CuT)	Mine zone
$0.7 < RS \leq 1$	Óxidos
$0.3 < RS \leq 0.7$	Mixtos
$0 < RS \leq 0.3$	Sulfuros

Tabla 5. Razón de Solubilidad Vigente. Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.

El volumen a estimar es el correspondiente a la RS entre 0.3 y 0.7.



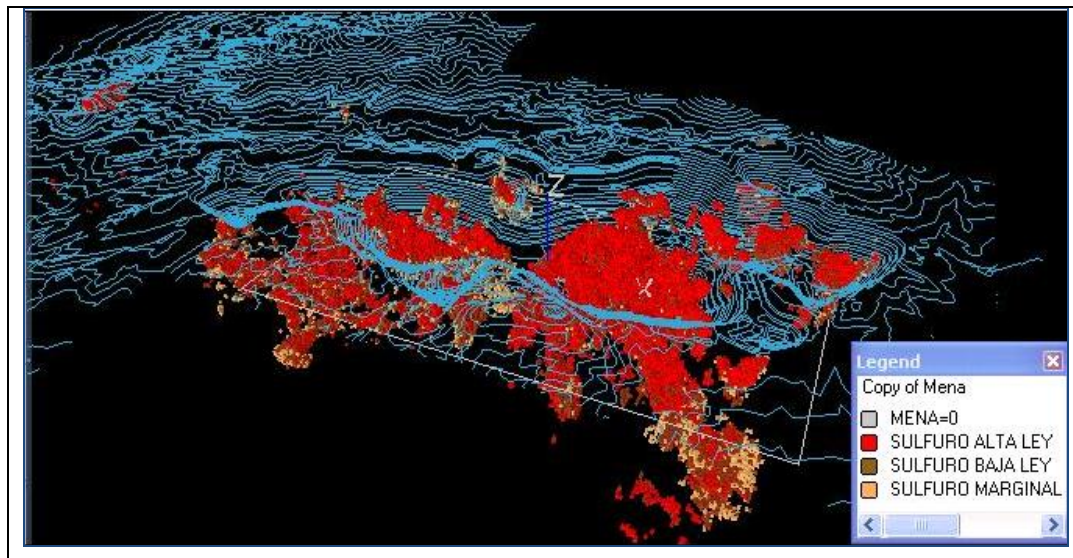


Figura 6. Muestra zona de sulfuro definida por razón de solubilidad. Extraído de informe 2012 confección de modelos geometalúrgicos División Mantos Blancos.

3.3.5. Estimación

La metodología de estimación utilizada es Kriging Ordinario, la continuidad espacial esta aclarada mediante variogramas de minerales calculados en las zonas que se emplean en la estimación del modelo de ley; Zona 1a, 1b, 23 y 45 definidas por control estructural mayor.

Se generan bases de datos para cada zona de estimación, se definen variografías para cada variable mineralógica (Cc, Cv, Bo, Py y Cpy), en el software Snowden, éstas se presentan en los gráficos (2, 3, 4, 5 y 6).

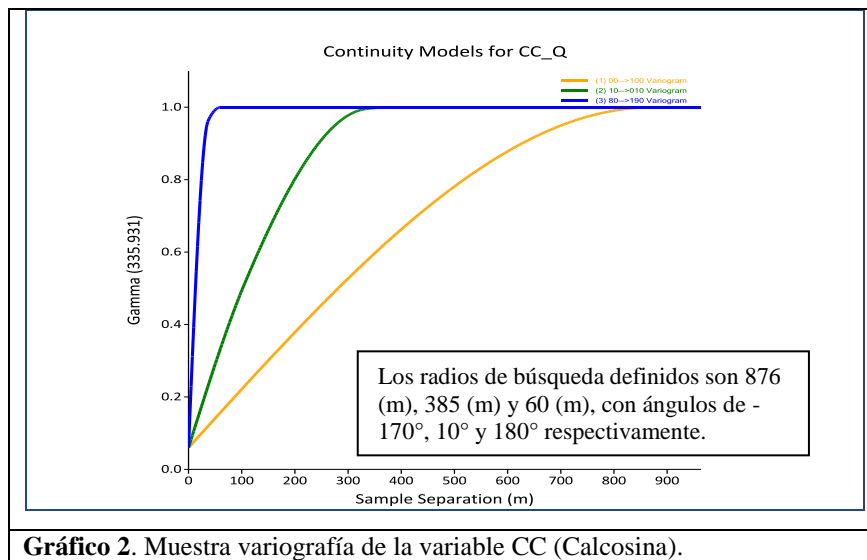


Gráfico 2. Muestra variografía de la variable CC (Calcosina).

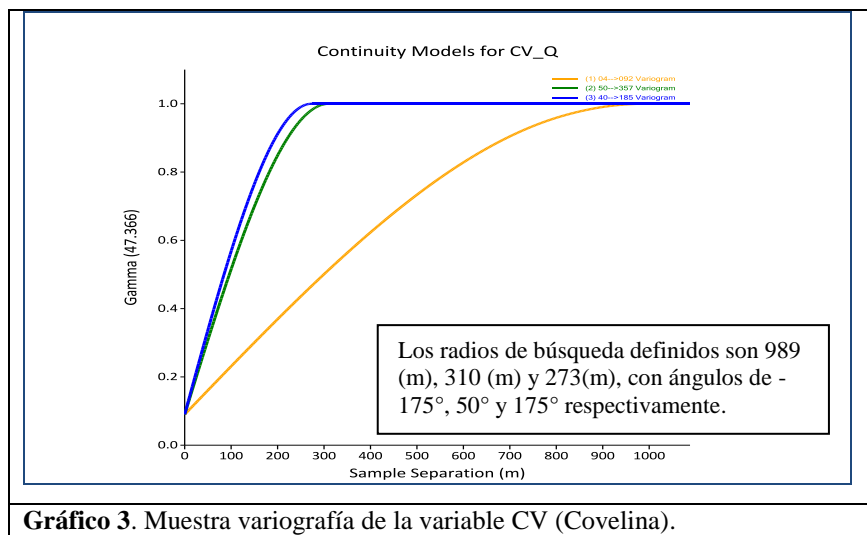


Gráfico 3. Muestra variografía de la variable CV (Covelina).

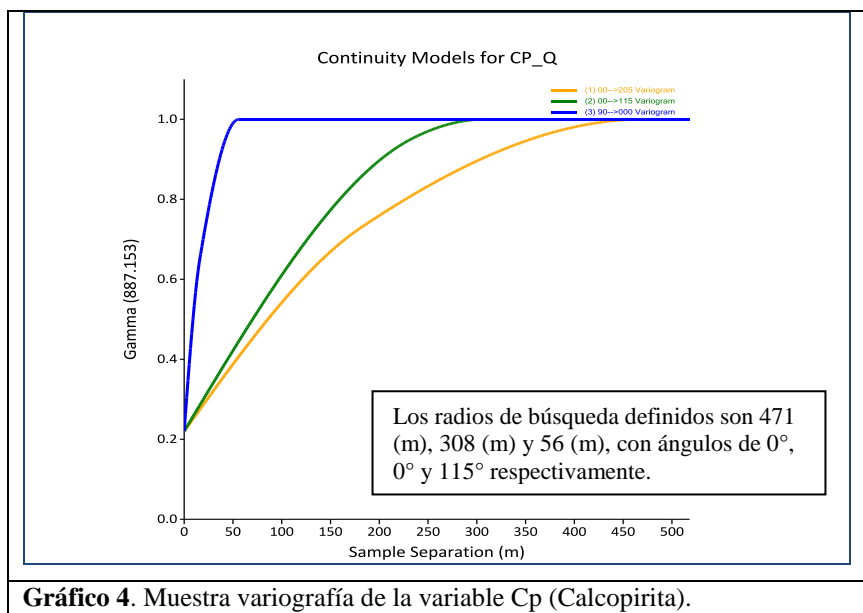


Gráfico 4. Muestra variografía de la variable Cp (Calcopirita).

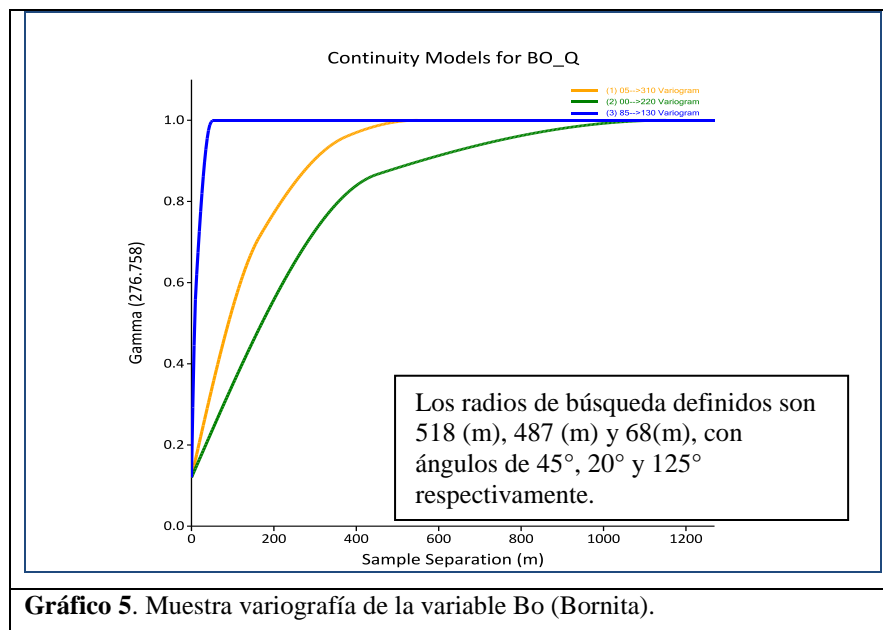


Gráfico 5. Muestra variografía de la variable Bo (Bornita).

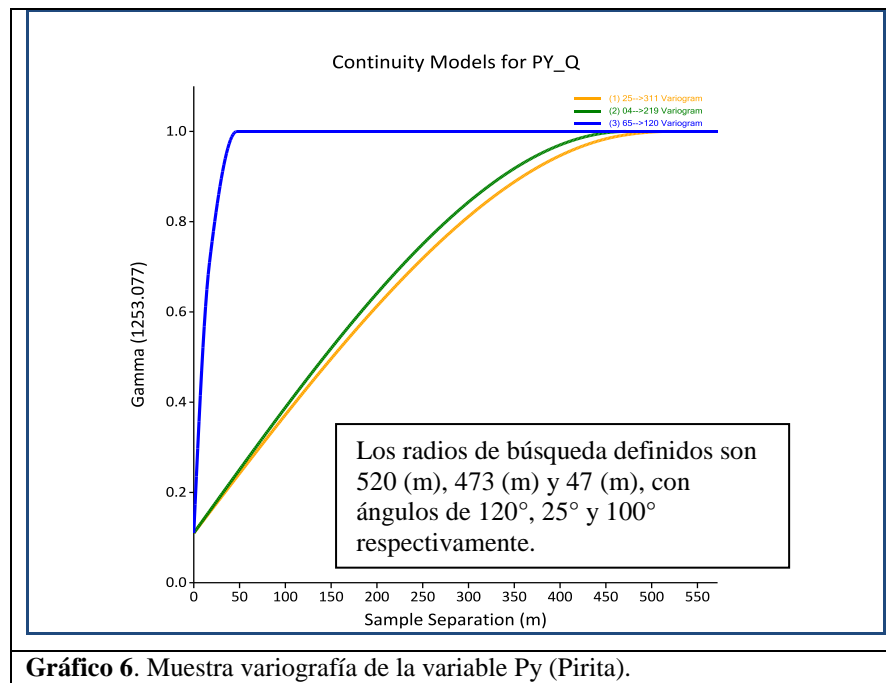


Gráfico 6. Muestra variografía de la variable Py (Pirita).

En las zonas del modelo donde no son estimadas, debido al alcance definido, los valores para estas sectores se tomaran del modelo mineralógico cualitativo, como valores de fondo (Figura 7).

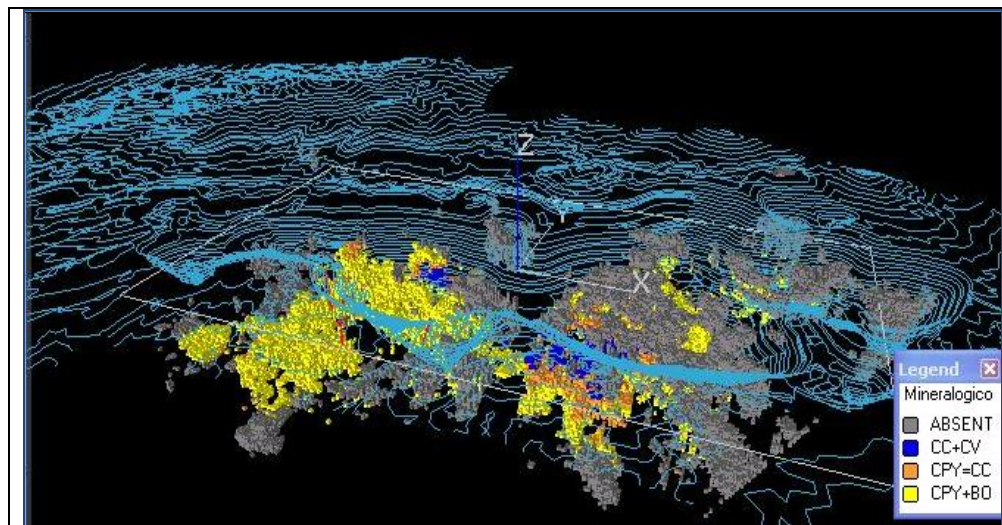


Figura 7. Muestra modelo mineralógico QEMSCAN.

3.4. MODELO RECUPERACIÓN ROUGHER

A continuación, se describe la metodología utilizada para confeccionar el modelo geometalúrgico de flotación, el cual corresponde a la variable de recuperación Rougher obtenida del resultado de test de flotación, para predecir el comportamiento de minerales sulfurados.

3.4.1 Toma de muestras, preparación y QAQC

El muestreo se realizó en sondajes diamantinas (DDH), de acuerdo al protocolo de muestreo geometalúrgico se realizaron compósitos de 12 metros para cumplir con el peso requerido para test de flotación. Éste se realizó en Laboratorio Vigalab, la muestra es el rechazo de la preparación mecánica a llegar al proceso de conminución a llegar a 1/4”.

Debidamente rotulado, se envía a Laboratorio AMINPRO, encargado de realizar los test de flotación de acuerdo al siguiente protocolo entregado por la Div. Mantos Blancos (PNP.CORSHDMB). Se realizaron test a todas las muestras de un duplicado extraído en el proceso de división de la muestra.

La prueba de Flotación Rougher (colectiva), consiste en realizar una flotación estándar para generar masa suficiente que permita hacer una flotación de limpieza, para esto se procedió de igual forma si fuera una flotación estándar a tiempo fijo (10’), misma carga de reactivos y condiciones en general tomadas desde el procedimiento de dicha prueba. Esto se hizo en duplicado para poder generar masa suficiente que permitiera tener una cantidad suficiente de concentrado para realizar las flotaciones de limpiezas.

Para alcanzar el P80 requerido se realiza remolienda a los concentrados hasta lograr obtener el porcentaje de pasante necesario para un P80 de $40 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$. Las limpiezas para esta prueba fueron a los siguientes tiempos: 0.5, 1, 3 y 6 minutos.

3.4.2. Base de Datos Recuperación Rougher

La base de datos se compositos a 12 metros, y se agregó el campo ROCA, éste último definido por los tipos litológicos existentes en el rajo Mantos Blancos.

Esta base de datos está constituida por un total de 130 muestras de Recuperación Rougher, la cual fue filtrada de acuerdo a la ley de $\text{CuT} > 0.20$. La variable a estimar se define como Rec Cu, quedando la base de datos con 103 muestras de acuerdo al criterio de filtro.

3.4.3. Análisis estadístico de datos

Se realiza un análisis estadístico con los datos de recuperación, Mine zone (Oxido, Sulfuro y Mixtos) y el tipo de roca (gráficos 7 y 8), los resultados arrojan una clara tendencia de la recuperación creciente en profundidad de acuerdo a Mine zone y relaciones de acuerdo al tipo de roca como se muestra en el gráficos siguientes.

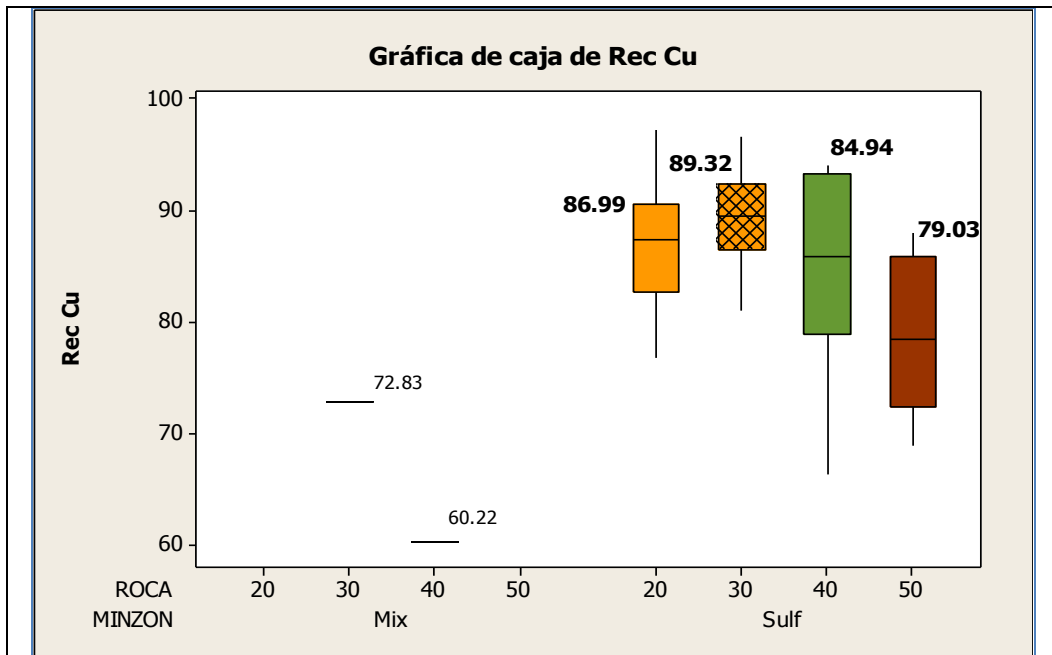


Gráfico 7. Muestra relación de Recuperación Rougher en zonas de sulfuro con los tipos de roca en el rajo Mantos Blancos. Código 20 (Dacita), 30 (Dacita cuarcífera), 40 (Diorita), 50 (QM).

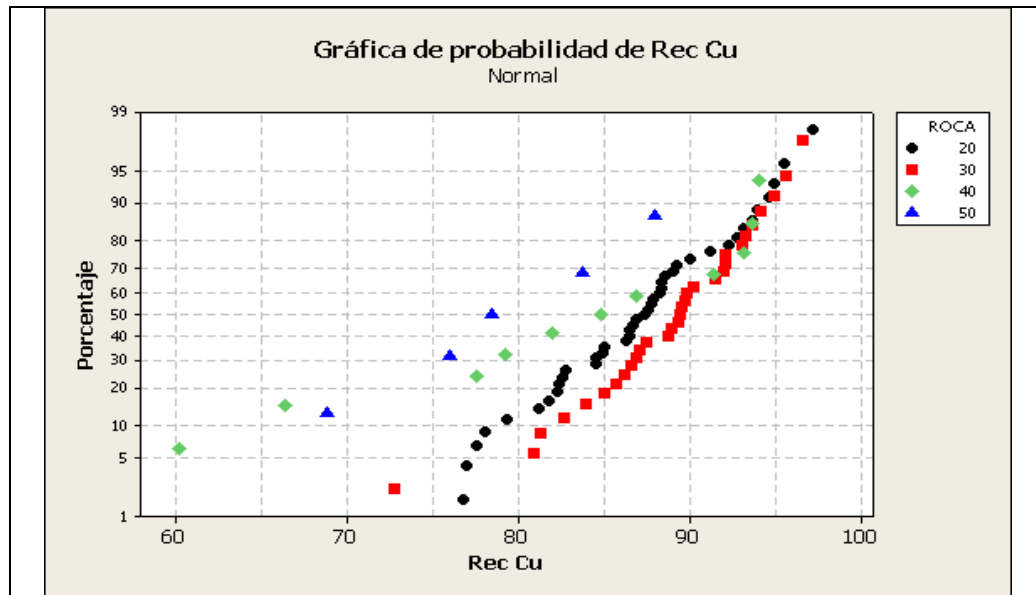
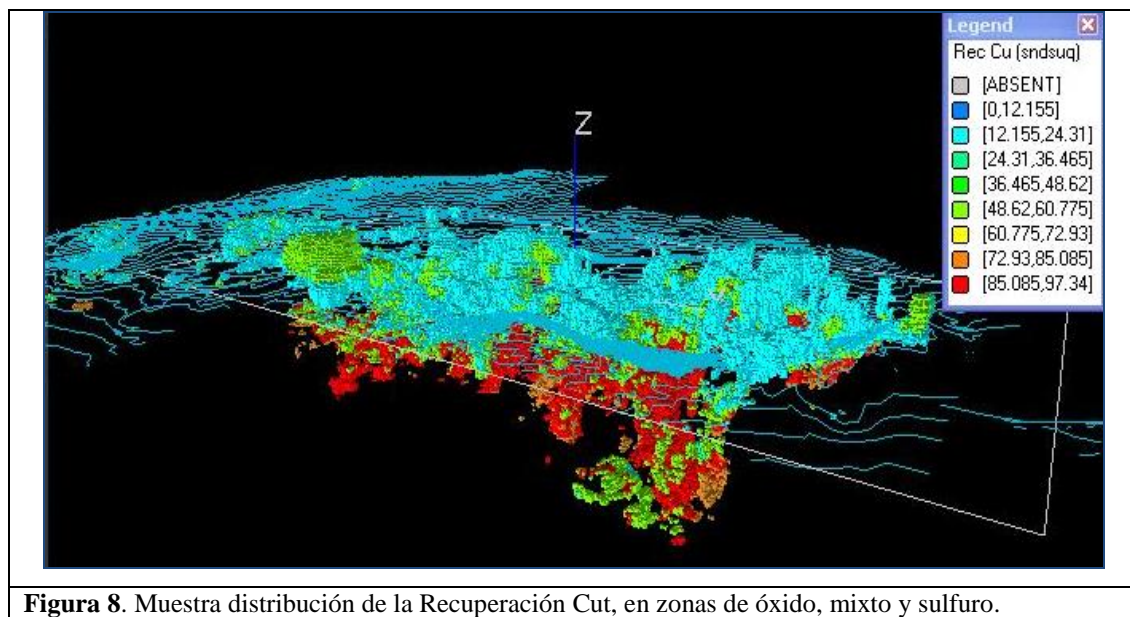


Gráfico 8. Distribución de valores de recuperación > 60 en Roca.

3.4.4. Estimación

La estimación se realiza de acuerdo a las zonas que el radio de búsqueda permite con la base de datos filtrada, todos los volúmenes de roca que no sean estimados por este volumen, se asignará el valor promedio de Recuperación, de acuerdo al análisis estadístico realizado.

Por la cantidad de muestras obtenidas, los variogramas de recuperación no son representativos, por lo que se toman los variogramas realizados en el modelo BWI, siendo las del modelo litológico vigente (mdmblit11.dm). Se genera el modelo de recuperación Rougher para todas las zonas minerales, incluyendo óxidos y mixtos, Figuras 8 y 9.



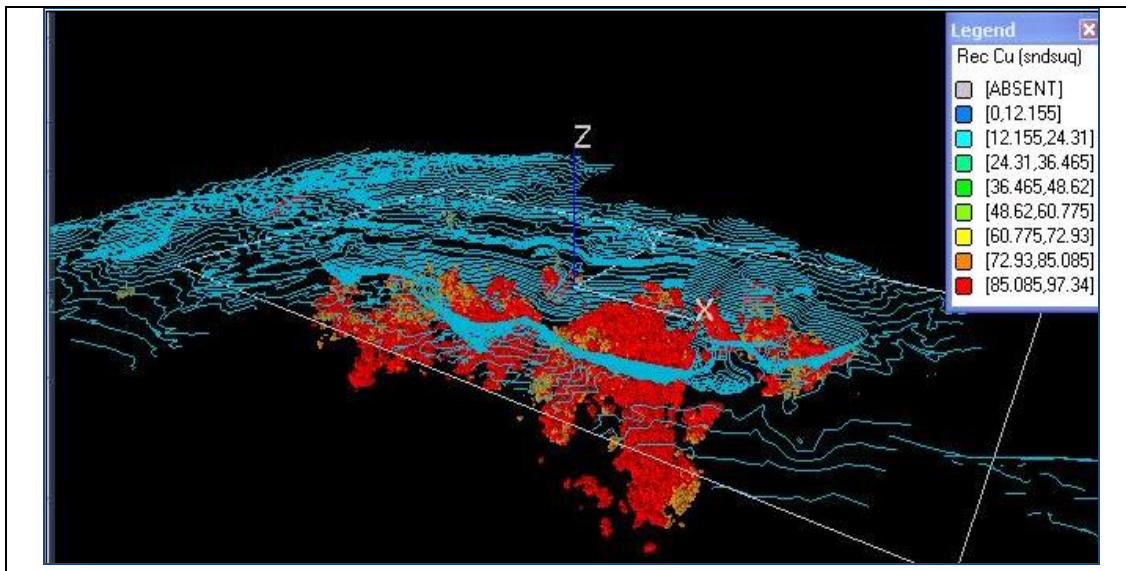


Figura 9. Muestra distribución de la Recuperación Cut en cuerpo de sulfuro, definido por Razón de Solubilidad (RS).

3.4.5. Parámetros de estimación

En la Tabla 6, se presenta el resumen de los parámetros de estimación de los modelos geo metalúrgicos de Recuperación, BWI y Mineralogía QEMSCAN.

ITEM\ MODELO	Modelo Mineralógico Qemscan	Modelo BWI	Modelo Recuperación Rougher
Volumen de Estimación	Cuerpo limitado por la razón de Solubilidad (Cus/Cut) $0.3 < RS < 0.7$ (Sulfuro), volúmenes no estimados se asigna valores de estimación de modelo mineralógico cualitativo	Todo el cuerpo (óxido, mixto, sulfuro y estéril). Volúmenes que no alcanzan a estimas se asigna promedio de acuerdo a la razón Roca/BWI.	Volumen limitado por razón de solubilidad (Cus/Cut) Oxido, mixtos y sulfuros. Volúmenes que no alcanzan a estimar se asigna promedio de acuerdo a la razón Roca/Rec.
Numero de Muestras por Bloque	Mínimo 2 Máximo 20	Mínimo 4 Máximo 16	Mínimo 1 Máximo 20
Metros de Sondajes	6,693 metros de DDH de campañas 2011 y 2012.	6,693 metros de DDH de campañas 2011 y 2012.	6,693 metros de DDH de campañas 2011 y 2012.
Base de Datos	Base de datos compositada a 6 metros, con un total de 387 muestras.	Base de datos compositada a 12 metros, con un total de 180 muestras.	Base de datos compositada a 12 metros, con un total de 130 muestras.
Continuidad Espacial	Variograma	Variograma modelo Litológico	Variograma modelo Litológico
Radios de Búsqueda	Cambian según variables (Cc, Cv, Bo, Cpy y Py). Se consideran 1er y 2do radios de búsqueda.	Cambian según variables (Tipo Roca; 20, 30,40 y 50). Se consideran 1er y 2do radios de búsqueda.	Cambian según variables (Tipo Roca; 20, 30,40 y 50). Se consideran 1er y 2do radios de búsqueda.

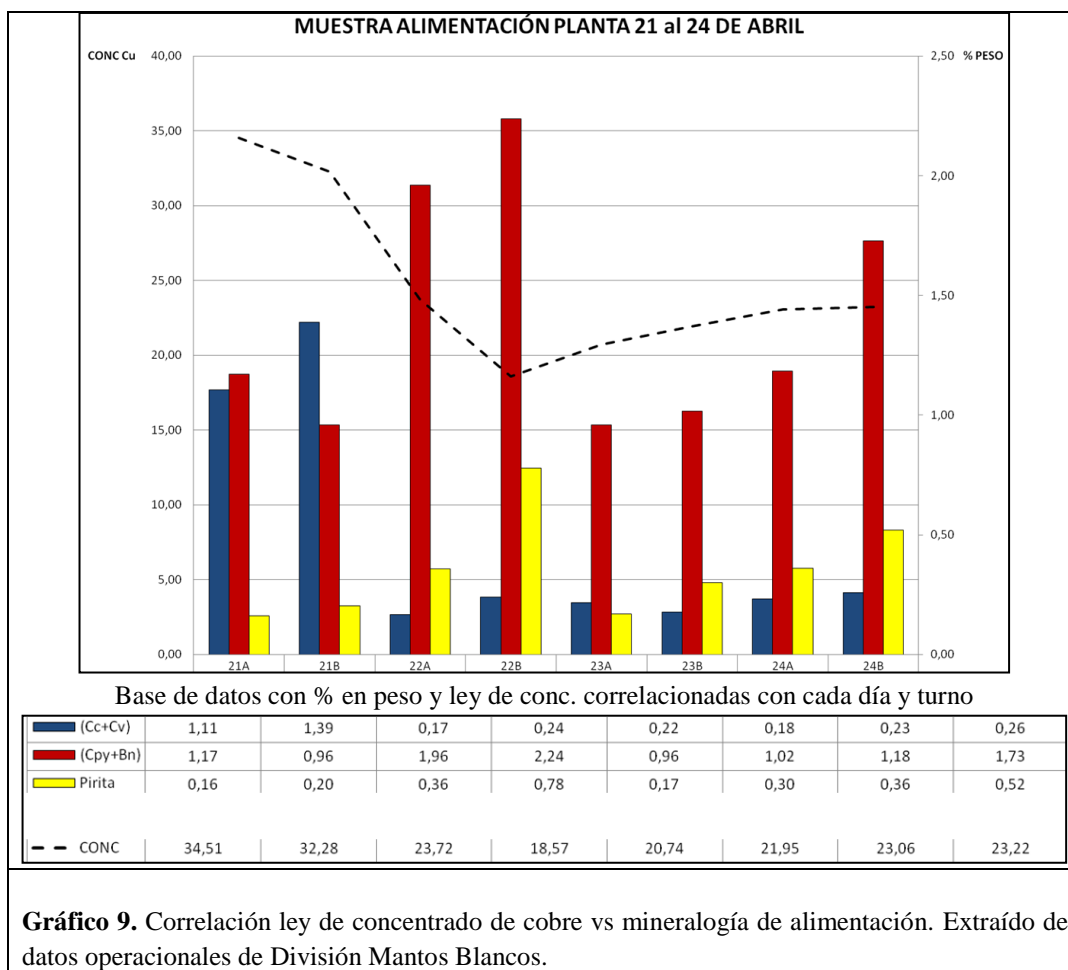
Tabla 6. Parámetros de estimación modelos geometalúrgicos (Mineralógico, BWI y Recuperación).

3.5. LEY DE CONCENTRADO DE COBRE Y MODELO MINERALOGICO

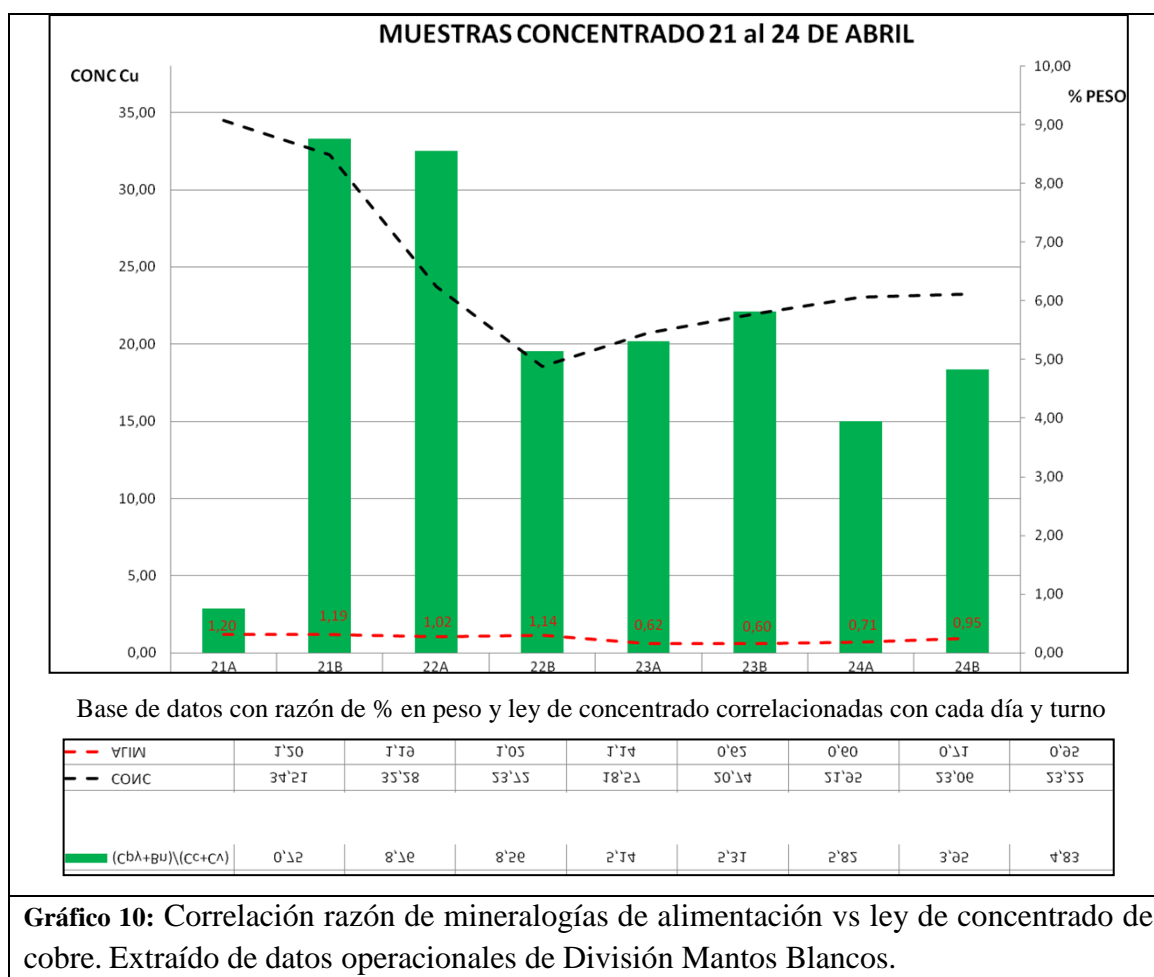
3.5.1. Correlación de mineralogía vs ley de concentrado de cobre

Uno de los objetivos específicos definidos en una primera etapa para el 4Q en el año 2013 fue visualizar si existe una correlación entre mineralogía de alimentación de los sulfuros de cobre más representativos vs la ley de concentrado de cobre (Gráfico 9).

Para este objetivo se seleccionaron algunos días donde la planta presento valores anómalos obteniendo leyes de concentrado bajo 29%, de esta manera se contrarrestaron con él % en peso y se observaron claras correlaciones con las especies mineralógicas primarias vs secundarias, además del efecto de la pirita (Gráfico 10).



Se observa claramente que al disminuir la alimentación de sulfuros secundarios representados principalmente por calcosina y aumentar el porcentaje de pirita junto con sulfuros primarios como calcopirita y bornita generan una baja en la ley de concentrado de cobre. Es importante indicar que al usar el modelo de distribución mineralógico para proyectar el comportamiento de la mineralogía en la alimentación a planta será posible preparar el perfil de planta en pH y elementos para maximizar la ley, deprimir la pirita, etc.. de esta manera se abre una gran oportunidad para incorporar en la propuesta de una nueva estrategia de trabajo el uso de los modelos geometalúrgicos en periodos de tiempo que pueden llegar al nivel mensual.



3.5.2. Implementación de caracterización mineralógica en definición de zonas minerales vía OGC

Con el objetivo de apoyar la mejor caracterización al momento de definir las zonas minerales y sobre todo respaldar la ley de alimentación con la mineralogía asociada se define modificar el protocolo de definición de informes de disparo vía OGC y así de esta manera cada zona es acompañada de su detalle del % de la mineralogía (Figura 10). De esta manera se cumple unos de los objetivos específicos propuesto en este trabajo, para el apoyo de la ley de alimentación desde su punto de vista mineralógico.

INFORME DE DISPARO																					
BANCO: 828/FASE 12 N°: 318 FECHA: 04-01-2012										LARGO DE POZOS: 12 MTS MALLA: 8X8 FACTOR DE CARGA:											
ZONA	LEYES QUIMICAS							LITOLÓGIA Y ESTRUCTURAS		CAT. RESERVAS			MINERALOGIA (%)						ALTERACION Y MINERALOGÍA		PRESENCIA DE DIQUES
	KT	%			PPM			RX	FF	MED	IND	INF	SULFUROS			ÓXIDOS			TIPO	GRADO	FREC/ESPESOR (m)
	TON	CUT	CUS	CUI	CO3	AG	PB					CC	BO	CP	CV	PY	ATA	CR			
Z1	14644.20	1.02	0.83	0.19	1.61	0.00	66.30	DP/AS	-	100	-	5.78	1.01	9.53	2.24	15.24	55.13	11.08	JG-Hm	Mod	-
Z2	23627.20	0.78	0.61	0.17	2.24	0.00	248.41	AS/DP	-	100	-	5.31	4.42	11.88	5.70	20.76	40.06	11.88	Hm-JG	Mod	-
Z3	2676.60	1.43	0.74	0.68	1.69	0.00	102.51	DP/RD	-	100	-	1.95	14.21	16.01	5.34	28.35	22.57	11.58	Hm-Cl	Mod-Deb	-
Z4	65274.60	0.66	0.51	0.15	2.29	0.00	516.61	DP/AS	-	100	-	3.05	10.90	7.84	3.08	11.55	55.09	8.50	Hm	Mod	-
R	2881.30	1.82	0.74	1.08	1.83	0.00	102.14	DP/RD	-	95	5	7.60	1.77	4.02	0.41	10.65	64.18	11.38	JG-CL	Mod-Deb	-

Observacion

Tronada con mayor tonelaje que lo indicado por modelo

- debloques de corto plazo.
- Se sugiere realizar campaña de sondajes y pozos de alargue para mejorar la categorización de bloques en bancos inferiores y
- reconocer de mejor manera el cuerpo mineralizado
- Z2 y Z4 con contenidos de CO3 superior a 2%, lo que podría generar problemas
- en procesos de lixiviación.

Geólogo Operaciones
Juan Moya Ríos

Figura 10: De nuevo formato de informe de disparo. Tomado de reportes individuales internos de definición de OGC, realizados por geología de mina.

CAPÍTULO IV

RECONCILIACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELOS GEOMETALÚRGICOS

En esta etapa se describen los procesos de reconciliación geometalúrgica aplicada a los tres modelos confeccionados: Distribución mineralógica, dureza (t/h) y recuperación Rougher de cobre. El objetivo es obtener un error menor a un 5% el cual está en los rangos de aceptación del mercado minero para modelos de este tipo. La metodología y estrategia de reconciliación es descrita para cada modelo.

4.1.1. Modelo mineralógico

La reconciliación de este modelo se basó en generar compositos representativos a nivel mensual, considerando el plan minero en proceso (LOM 2013). Al comparar el porcentaje de especies mineralógicas que entregan el modelo de bloques vs la descripción de los compositos vía microscopía óptica es posible a lo largo de los últimos 14 meses es posible detectar que (Tabla 7):

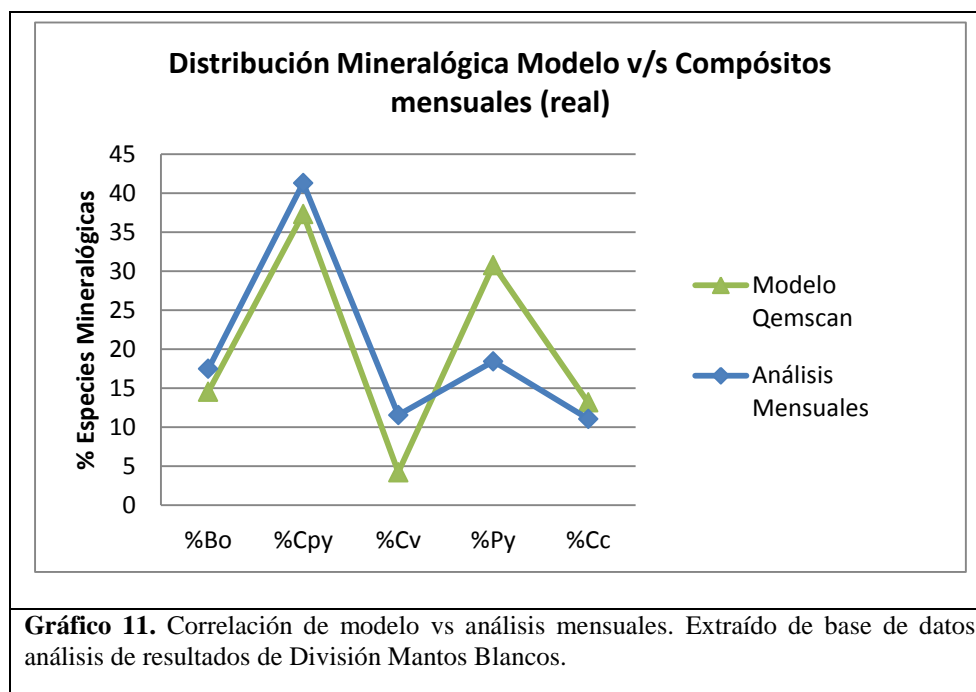
- No existe sesgo.
- Las especies mineralógicas primarias presentan un error estimado menor que las secundarias.
- Existe un alto porcentaje de error en mineralogías primarias, por efecto de menor reconocimiento de estas zonas.
- Falta reconocer áreas de mixtos.

Modelo Mineralógico Fases LOM 2013				
%Bo	%Cpy	%Cv	%Py	%Cc
14.53	37.32	4.21	30.76	13.17

Mineralogía Compósitos Planta (últimos 14 meses)				
%Bo	%Cpy	%Cv	%Py	%Cc
17.46	41.30	11.54	18.43	11.05

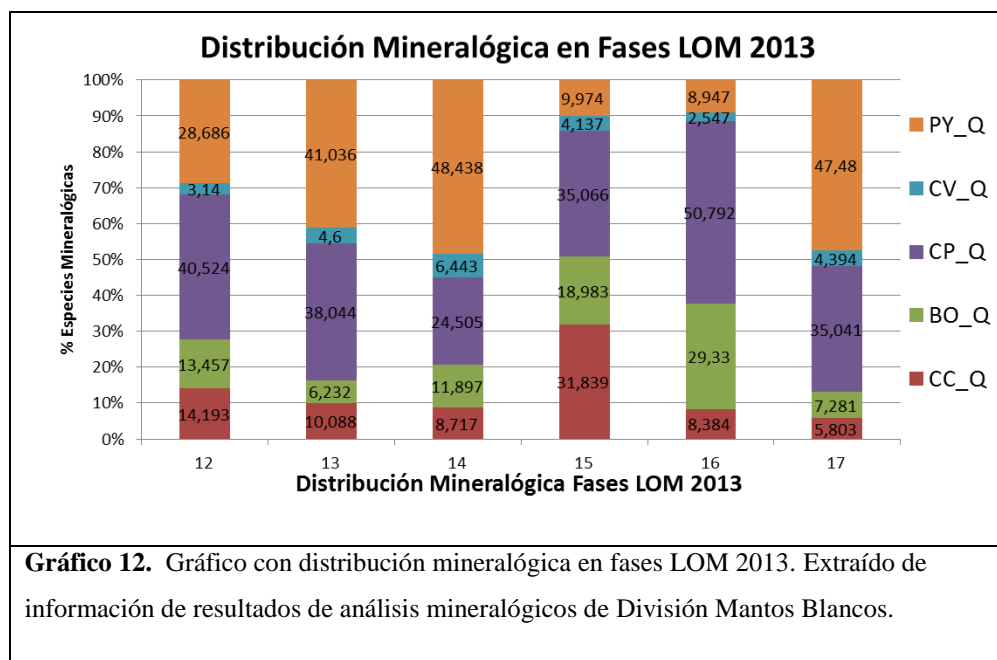
Tabla 7: Comparación de porcentajes en peso de modelo vs compósitos mensuales. Estos puntos mencionados son observados al graficar el porcentaje por especie entre la estimación del modelo con el plan minero vs los compósitos mensuales (Figura 11).

Es importante indicar que en este primer modelo los recursos fueron enfocados a realizar la campaña de sondajes en las áreas que involucraban la mineralización primaria de cobre, por lo que los altos porcentajes de desvío en calcosina y covelina es consecuente con el bajo reconocimiento de estas áreas, esto abre una opción para las campañas del año 2014 y abordar estas zonas mineralizadas junto con los pocos remanentes de mixtos existentes.



Otra manera de ocupar el modelo de distribución mineralógica es conciliando el grado de alimentación en la planta, es decir, deberíamos ver reflejado en las diferentes fases del LOM 2013 los altos porcentajes de Calcopirita y Bornita, como alimentación sulfurada de mena primaria.

Esto es claramente observado en gráfico 12, donde se aprecia los altos porcentajes de estas mineralogías.



Finalmente es importante hacer notar que la mineralogía de las próximas fases LOM 2013, seguirán la tendencia de la mineralogía extraída de los últimos 14 meses, donde la ley de Concentrado promedio acumulada es de 29%, este valore es coherente con la mineralogía de alimentación (Cpy y Bo), De esta manera este modelo se puede ocupar para predecir o estimar las leyes de concentrado futuro, de acuerdo a este análisis

la ley de concentrado estimada para los próximos años es respaldada por la mineralogía de las futuras zonas de los planes mineros.

4.2. MODELO DE DUREZA

El modelo de dureza basado en la determinación de BWI y su estimación e interpretación espacial trata de visualizar la variabilidad de este valor con respecto a las diferentes unidades litológicas existentes, es importante indicar que este proceso de conciliación está sujeto a dos variables que deben ser aclaradas antes de concluir el proceso, estos son:

- Aclarar cualquier efecto operacional de la planta sobre la estimación de este modelo.
- En una futura etapa identificar otra variable geológica que afecte la dureza, ej: Texturas de las rocas.

4.2.1. Modelo de Dureza y Estimación de TPH

Recordemos que el valor de BWI (Bond Work Index) es un parámetro de conminución que expresa la resistencia del material a procesos de molienda y trituración en kilowatts - hora por tonelada requerida para reducir un material desde un tamaño teóricamente infinito a un producto de 80% menos 100 micrones.

De esta manera los valores de BWI son usados para la estimación de tonelaje horario, y es posible proyectarlo y compararlo con los valores planta a nivel mensual, realizando una conciliación entre estos dos valores.

Los valores de los últimos 10 meses entregan un error relativo acumulado menor al 2%, y no se observa un sesgo a lo largo de este periodo de tiempo (Tabla 8).

Las exigencias de exactitud de estos modelos no están estipuladas en el mercado minero y comúnmente son tomadas las exigencias para los modelos de recursos y reservas, es decir, un error de un 5% a nivel anual con un 90% de confianza o un error de un 15% a nivel mensual con el mismo % de confianza.

BWI					
Período	BWI	TPH Modelo	TPH Planta	Error Relativo	
ene-13		22,40	531	534	0,56
feb-13		22,10	562	535	-5,05
mar-13		21,70	573	542	-5,72
abr-13		22,39	527	534	1,31
may-13		22,55	548	531	-3,20
jun-13		21,98	563	512	-9,96
jul-13		21,97	539	527	-2,28
ago-13		22,24	517	530	2,45
sep-13		22,25	515	539	4,45
oct-13		22,12	527	528	0,19
Acum					-1,72

Tabla 8. Resumen conciliación t/h Planta vs Modelo. Extraído de datos operacionales de División Mantos Blancos.

Los resultados y las exigencias mencionadas indican que este modelo cumple las exigencias anuales y mensuales, eliminando efectos de proceso.

4.3 MODELO DE RECUPERACIÓN ROUGHER

El modelo de recuperación de Rougher es conciliado al igual que el de t/h considerando los valores mensuales de operación planta vs la cubicación de los polígonos mensuales de extracción vs el modelo espacial generado y toma la regulatoria de calidad de los modelos de estimación de recursos minerales (Tabla 9).

4.3.1 Modelo de Recuperación Rougher

Los valores observados no presentan sesgo y el error relativo acumulado está en los rangos aceptados como error anual y al ver el detalle mes a mes cumple el límite de un 15% con un 90% de confianza.

Recuperación CUT			
Conciliación Modelo Recuperación CUT (Sulfuro)			
Período	Rec CUT Final *	Rec Planta Report	Error Relativo
ene-13	80,06	79,07	-1,2
feb-13	81,61	80,67	-1,2
mar-13	81,56	74,38	-8,8
abr-13	79,08	79,69	0,8
may-13	78,52	79,21	0,9
jun-13	78,54	80,73	2,8
jul-13	79,14	74,37	-6,0
ago-13	78,74	78,97	0,3
sep-13	78,76	78,23	-0,7
Grand Tot	79,03	78,37	-1,46

Tabla 9. Resumen conciliación recuperación Rougher planta vs Modelo. Extraído de datos operacionales de División Mantos Blancos.

CAPÍTULO V

EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICO

5.1. EVALUACIÓN TRATAMIENTO HORARIO (t/h)

El contar con un modelo predictivo de dureza con un error menor al 2%, genera la oportunidad de proyectar un tratamiento horario en planta (t/h) para planes de corto a largo plazo. Este aporte técnico al proceso planta genera dos opciones de mejora:

- Minimizar la incertidumbre de los planes de producción comprometidos.
- Optimización de mantenciones programadas.

5.1.2. Incertidumbre de planes comprometidos

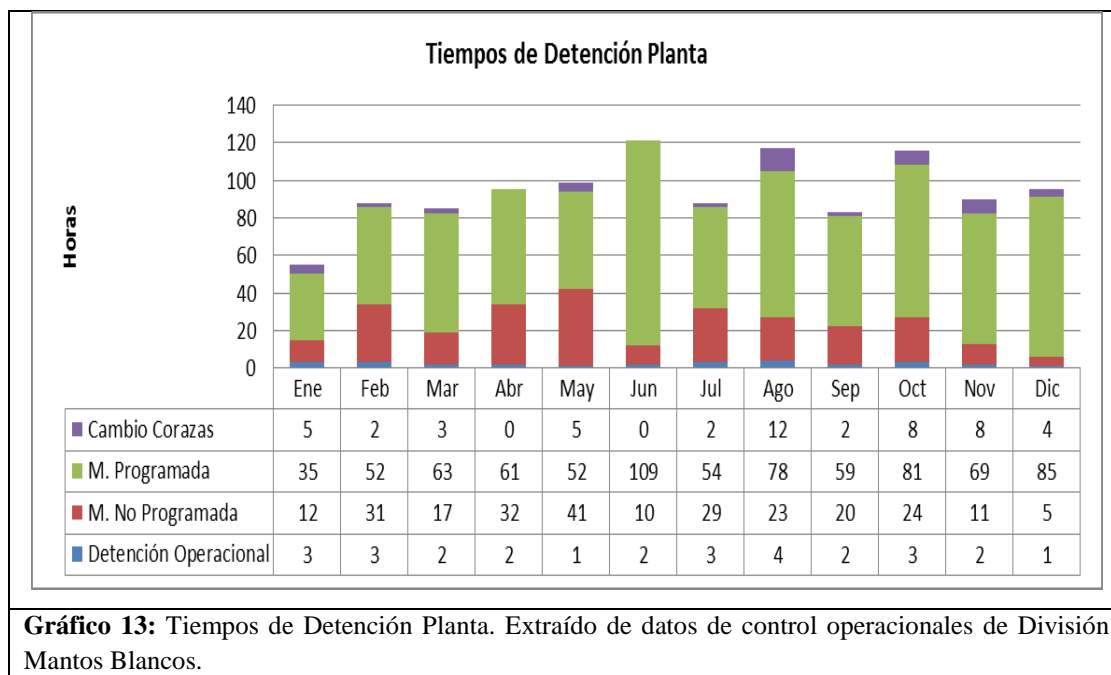
De manera constante los planes estuvieron sujetos a variaciones, las cuales tenían componentes operacionales mina-planta, y que de manera constante están en proceso de mejoramiento continuo, por otro lado estaba la variable in situ, es decir inherente a la característica que presentaban las diferentes litologías enviadas a planta, pero estimar la dureza era más complejo ya que no estaban acotados sus rangos junto a su distribución especial. El día de hoy y a la luz de los bajos errores que entregó la conciliación de ésta variable, los planes de producción pueden considerar los usos de este modelo para minimizar las desviaciones del cumplimiento del plan y enfocar sus esfuerzos al control operacional.

5.1.3. Optimización de mantenciones

Evitar fallas y minimizar horas de mantenimiento es una ganancia directa en la producción y por además optimización de costos. Por efecto de la dureza de las diferentes litologías descritas en capítulos anteriores, existen desgaste directos en corazas y revestimientos, el uso de este modelo, junto al control operacional nos permite entregar una mejora en la oportunidad de toma de decisiones.

Un ejemplo directo se grafica al correlacionar las durezas vs t/h y los valores de desgaste en los equipos, de tal manera de optimizar su reemplazo o mantenciones programadas y reducir las horas hombres y recursos asociados.

En el gráfico 13, se detallan las horas asociadas a detenciones por diferentes aspectos, donde destaca el cambio de corazas y su impacto en tiempo como detención de planta. Estas detenciones por cambio de corazas se debe al adelanto de mantenciones por no un desgaste acelerado del revestimiento lo que impacta en el t/h del proceso.



Estás horas de detención por cambio de corazas fuera de programa equivales a un 0.8% de disponibilidad de planta equivalente a 41,344 t/año.

Evaluado económicamente este tratamiento con los datos de procesos y precio del cobre ponderado año 2012 se obtiene lo siguiente de acuerdo a tabla 10.

Tratamiento	t/año	41.340
Ley Cu T	%	0,73
Recup Cu T	%	79,42
Cu fino	T	240
Precio LME	cU\$/lb	331,8
Utilidad	US\$	1.753.210

Tabla 10. Resultado económico considerando variables de procesos división Mantos Blancos y precio del cobre.

5.2. EVALUACIÓN RECUPERACIÓN ROUGHER Y EFECTO DE MODELO DE DISTRIBUCIÓN MINERALÓGICO

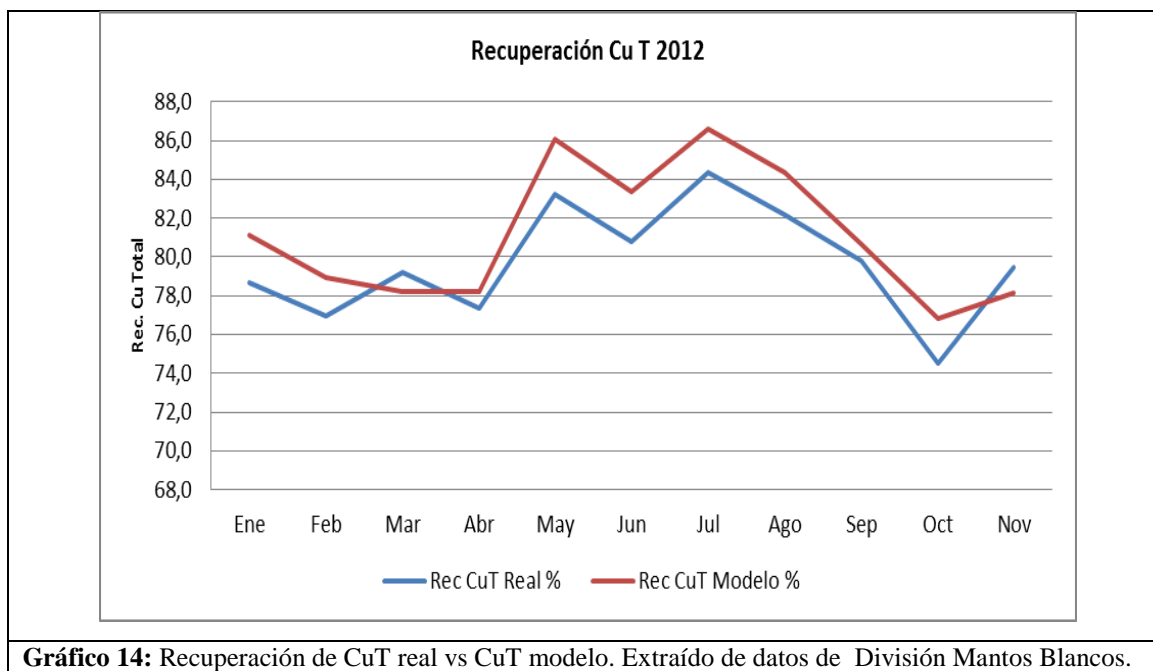
Los datos históricos de recuperación muestran variaciones en el tiempo asociados a dos factores principales:

- Mineralogía de alimentación de mena y ganga
- Efectos operacionales en procesos planta

En el gráfico 14 se observan las recuperaciones reales de planta y las recuperaciones por modelo para el año 2012, de acuerdo a los datos de tabla 11.

	Tratamiento	Ley Cu T	Rec CuT Real	Rec CuT Modelo	Diferencial Rec Cu T
	ktms	%	%	%	
Ene	355.375	0,74	78,66	81,15	-2,49
Feb	337.956	0,69	76,99	78,93	-1,94
Mar	369.139	0,68	79,20	78,21	0,99
Abr	368.375	0,68	77,33	78,24	-0,91
May	383.883	0,83	83,22	86,05	-2,83
Jun	301.873	0,78	80,82	83,36	-2,54
Jul	377.749	0,84	84,33	86,63	-2,30
Ago	380.755	0,80	82,17	84,33	-2,16
Sep	370.729	0,73	79,77	80,65	-0,88
Oct	380.264	0,65	74,50	76,85	-2,35
Nov	384.939	0,67	79,49	78,18	1,31
Dic	382.156	0,67	77,61	81,33	-3,72

Tabla 11: Datos de recuperaciones año 2012, Extraído de datos operacionales de División Mantos Blancos.



Si consideramos que las mejoras en recuperación su costo operacional es marginal, debido a que solo los ajustes para llegar al modelo son por efectos operacionales y despreciables los costos de reactivos y otros insumos, los niveles de utilidades directas serían las siguientes, mostradas en tabla 12.

	Diferencial Cuf	Precio LME(cUS\$/lb)	Utilidad Operacional (us\$)
Ene	-65,02	365,1	523.338
Feb	-45,16	366,1	364.469
Mar	24,58	347,6	188.386
Abr	-22,61	326,7	162.892
May	-90,10	327,9	651.311
Jun	-59,70	317,7	418.122
Jul	-73,26	312,7	504.973
Ago	-65,51	325,8	470.538
Sep	-23,78	324,8	170.328
Oct	-57,81	326,1	415.601
Nov	34,02	320,5	240.389
Dic	-95,94	321,5	680.083
			3.932.878

Tabla 12: Impacto Económico de mejoras en recuperación en División Mantos Blancos.

Las disminuciones de recuperación afectan directamente al cumplimiento de la producción de cobre fino, el disminuir esta variabilidad permitirá aumentar la oportunidad de preparar la planta para el tratamiento apropiado de sus minerales.

La evaluación técnico económica en esta caso combina los dos modelos indicados ya se vinculan directamente en la secuencia de producción o proceso de flotación, como efecto económico estaría el ejercicio de disminuir las variaciones de recuperación para el periodo de tiempo año 2012 esto arrojaría un beneficio de KU\$ 3993.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

La dureza es medida (BWI) y visualizada espacialmente, observándose una conexión con los tipos litológicos y sus características físicas (Alteración y textura). Valores altos de BWI, se asocian a rocas pocos alteradas y texturas de grano grueso, así como bajos valores de BWI, se asocian a alteraciones donde la roca se encuentra más degradada.

La dureza de las unidades definidas presenta una correlación directa con los valores de t/h observados en planta, es decir, para altos valores de BWI son medidos altos valores de t/h.

El modelo de distribución mineralógico ayudo a correlacionar y entender el efecto de la alimentación a planta al tener los porcentajes en peso y visualizar la variabilidad de las especies sulfuradas y su impacto en la recuperación. Al ser alimentados minerales con especias secundarias entregaron un mayor aporte de cobre obteniendo mayores valores en la ley de concentrado de cobre.

Al conectar las variables y entender de manera conjunta los diferentes efectos entre ellas a lo largo de la cadena de valor mina – planta se define un equipo de trabajo multidisciplinario bajo el concepto M2P. El objetivo principal es actualizar cada año los modelos creados incorporando muestras tomadas de las campañas Infill definidas para caracterizar las nuevas áreas de los planes mineros. Son definidos para esto presupuestos para los test aplicados durante el desarrollo de este trabajo y visualizar que otra variable será necesaria modelar.

De la estimación de producción realizada con los modelos vs los algoritmos lineales se determina que la estimación usada en los modelos espaciales de dureza y recuperación, presenta una mayor exactitud. Con esto se comprueba la primera hipótesis planteada.

Las reconciliaciones realizadas para cada modelo, entregan errores menores a los esperados, cumpliendo la expectativa de tener un error acumulado al año < al 5%. De esta manera los modelos pueden ser ocupados para la confección de los planes mineros de corto y largo plazo, así la propuesta de implementar una nueva estrategia para estimar y planificar la producción de cobre fino, es formalizada en División Mantos Blancos.

Es formalizada la construcción del área de microscopía óptica enfocada a la descripción de especies sulfuradas de cobre en compositos mensuales/semanales o enfocado al corto plazo, sobre zonas minerales que necesiten una estimación de este tipo, son consideradas perforaciones a dos bancos para tener descritas área de manera anticipada, así como una herramienta de control par correlacionar los resultados planta y la estimación de los modelos confeccionados.

Se observa una correlación directa entre el tipo de alimentación sulfurada de cobre y los valores de ley de concentrado, la ley baja al incrementarse los valores de pirita y sulfuros primarios vs mineralogía secundaria.

CAPÍTULO VII

PROYECCIONES

Es importante comprometer para el periodo 2014(1Q), realizar el ejercicio de incorporar las variables modeladas en este trabajo el modelo de corto plazo y de esta manera entregar una zonación de minerales vía OGC, con todas las características para ser ocupadas en las áreas extractivas y de operación.

Realizar el análisis más detallados entre el modelo de distribución mineralógico con los valores de ley de concentrado de cobre, en el modelo actual fue estimado el porcentaje en peso de pirita, la cual puede presentar algún efecto negativo en el proceso de concentración de cobre, generando bajas en sus valores, entregando de esta manera volúmenes de producción con valores de ley de concentrado bajo los estándares de mercado y dificultando su venta. Etapa II 2014.

Desarrollar un método de categorización para estos modelos, basado en densificación y calidad de información con la cual son confeccionados, realizando de esta manera un símil con respecto a los modelos de recursos y reservas.

Complementar el área d caracterización mineralógica con equipos de DRX o FRX.

BIBLIOGRAFÍA

- Euroservice, M.-P. (noviembre 2007). *Mine to Mill: El concepto Mine to Mill*. España: Catedra ANEFA.
- Kanchibotla, S. (2000 Vol. 2). *Mine to Mill blasting to maximize the profitability of mineral industry operations*. pag 349, Australia: International Society of Explosives Engineers.
- Valery, A. J. (june 2002). *Mine to Mill: Optimization for conventional grinding circuits - a scoping study, JKMR*C. Australia: Univ. Queensland, Brisbane.
- W. Valery, A. J. (mayo 2009). *Presentación interna AACh División Los Bronces-Metso Minerals, JKMR*C. Chile : AACh División Los Bronces-Metso.
- Everett J. E. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- S. Puchott. (2012). *Mine to Plant División Mantos Blancos*. Chile.
- N. Heresi. (2012). *Geometalurgia en la Lixiviación de Minerales*. Chile.
- A. Hoffmann. (2012). *Modelamiento Geometalúrgico Collahuasi*. Chile.
- S. Spichiger. (2012). *Prácticas sugeridas para Modelamiento Geometalúrgico y Requerimientos para etapas de Proyectos de Desarrollo*. Chile. Angloamerican.
- R. Hartner, S. G. Walters, R. Berry. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- J. Hunt, R. Berry, D. Bradshaw. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- J. Jackson, A.J. McFarlane, Olson Hoal. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- L. Keeney, S. G. Walters. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- P. Kittler, V. Liebezeit, K. Ehrig, E. Macmillan, C. Lower. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.

- R. Knight, K. Olson Hoal, A. P. G. Abraham. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- L. Lorenzen, M.J. Barnard. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- E. Macmillan, k. Ehrig, V. Liebezeit, P. Kittler, C. Lower. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- G. Turner-Saad. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.
- V. Vann, J. Jackson, S. Coward, S. Dunham. (septiembre 2011). *The First Ausimm International Geometallurgy Conference*. Brisbane, Australia.