



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

**EVALUACIÓN TEMPRANA DEL POTENCIAL ECONÓMICO DE UN
PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION Y
DIRECCION DE EMPRESAS**

RICARDO ANTONIO MUÑOZ GONZÁLEZ

**PROFESOR GUÍA:
JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO**

**PROFESOR INVITADO:
MARCO ALFARO SIRONVALLE**

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

**LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN
MARCO ALFARO SIRONVALLE**

**SANTIAGO DE CHILE
2014**

RESUMEN

El objetivo de esta tesis consistió en desarrollar y fundamentar herramientas metodológicas que, al utilizarse a futuro, posibilitarán y generarán una significativa reducción de los costos y tiempos de evaluación de los yacimientos minerales, especialmente en su etapa de reconocimiento básica. Como resultado, la presente tesis aporta, entonces, herramientas novedosas para lograr una mejor asignación de los recursos humanos, técnicos y económicos aportados por las empresas mineras o compañías, de cualquier tamaño, durante la etapa de exploración temprana de los yacimientos mineros.

El costo y la oportunidad de la inversión en un yacimiento, el que por su naturaleza puede llegar a presentar fuertes variaciones en la calidad de sus recursos geológicos, representan serios obstáculos para empresas de pequeño capital, las que requieren que éste sea usado lo más adecuadamente posible, buscando entonces liberarse de casos exploratorios fallidos. Con ello se crean nuevas oportunidades de exploración en otros blancos o depósitos alternativos.

Considerando las ventajas que presentan las herramientas generadas en el marco de esta tesis, se ha conformado una empresa que, mediante el uso de dichas técnicas y de las metodologías anexas a ellas, brindará a sus clientes consistentes ventajas derivadas del ahorro directo en los recursos invertidos para lograr las definiciones requeridas durante la etapa exploratoria temprana del reconocimiento de un yacimiento. Con ello, además, se disminuye el tiempo usado para fundamentar una decisión relacionada a aportar y/o redirigir recursos para el yacimiento a otras zonas en exploración o a otros de los proyectos avanzados de la compañía.

Es así que las herramientas que se ponen ahora a disposición de los usuarios, vía una gestión de servicios generada bajo la modalidad spin off respecto de una conocida prestadora de servicios de ingeniería, Core Mining Studies, permiten definir adecuadamente, a menor costo y en un marco de tiempo reducido, las características del depósito que está siendo evaluado, en especial, aunque no únicamente, en las etapas tempranas de su reconocimiento, anticipando su calidad y variabilidad geológica.

Las herramientas desarrolladas fueron probadas en un caso de estudio, en un yacimiento real pero modificado, para mantener la confidencialidad del depósito original. Se obtiene en este ejercicio (caso de estudio), la definición del potencial tonelaje/ley y evaluación económica temprana del depósito y

finalmente se realiza un comparativo de los costos de las metodologías tradicionales vs las herramientas desarrolladas en esta tesis, consiguiéndose un ahorro significativo. Es posible concluir entonces, que las herramientas desarrolladas en el marco de esta tesis permiten a las compañías que destinan fuertes recursos a la exploración de depósitos minerales, anticipar los resultados técnicos de los proyectos en evaluación. Con ello pueden lograr una mejor distribución y aplicación de sus recursos financieros y establecer más claramente sus prioridades.

SUMMARY

The main objective of the present thesis is related with the development and support of methodological tools destined to make possible and generate significant costs and time reductions during the evaluation of resources in the mineral deposits, mainly during the basic reconnaissance stage. As part of its solid results, the current thesis points to generate tools to provide the better distribution of the human, technical and economic resources provided by the mining companies, of any size, during the early exploration stage of a mineral deposit.

Having in mind the clear advantages represented by the tools generated as part of the current thesis frame, an *ad hoc* spin off company was developed to bring the use of the methodology and tools to its clients, thus representing clear advantages in funds investment policies due to the reduction of the required time to obtain results during the early stages of a deposit reconnaissance. In addition, the tools can be used to advance the time to produce solid data to permit better decisions for the best capital distribution and /or other actions in the project or into the exploration portfolio of the company.

The excess in capital expenditures and the opportunity of the investment on a project that may soon present weakness due to the lack of quantity and type of its geological resources, represent to the small or even medium sized companies, a clear obstacle for the best use of their exploration funds that may be compromised in excess. The best use of the capital when data is released in advance can be related with the opportunity to develop exploration ideas in other targets or deposits.

The tools now provided to the use of the customers, as a service provided by a spin-off company which is related with an engineering services company, Core Mining Studies, will permit to define in advance and at lower cost and into a reduced time frame, the characteristics of the deposit under evaluation, in particular during the early stages of its reconnaissance.

It is possible to conclude that the methodological tools generated in the frame of the present thesis are destined to the use of the different companies which are funding heavy expenses in the exploration of mineral resources, permitting them to anticipate the technical results of the projects' evaluations. With these

tools, a better use and distribution of the capital resources is obtained. As result, the company's priorities can be early defined and better completed.

DEDICATORIA

A Inés... Esposa, compañera y amiga

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo, colaboración y ánimo que, a través de diferentes maneras, me brindaron:

Claudia Monreal GG Core Mining Studies
Fernando Hintze
Daniela Ruvalcaba
Renee Arratia
Arthur Harwardt

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	i
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE TABLAS	viii
INDICE DE ILUSTRACIONES	ix
1.INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Descripción del mercado	4
2.2 Descripción del tema que aborda la presente tesis.....	8
2.3 Objetivos y resultados esperados	11
3. PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	11
3.1 Productos	12
3.2 Mezcla de Mercadotecnia	12
3.2.1 Producto como Servicio	13
3.2.2 Precio	13
3.2.3 Plaza.....	14
3.2.4 Promoción	14
4. DISEÑO DE MODELO DE NEGOCIO	15
4.1 Spin-off.....	15
4.2 CANVAS	15
4.3 Análisis Estratégico (FODA)	20
5. DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS	22
5.1 Definición de potencial tonelaje ley (DPT)	25
5.2 Definición de potencial económico (DPE)	25
6. CASO DE ESTUDIO	26
6.1 Descripción Geológica	26
6.2. Definición de potencial tonelaje ley (DPT)	28
6.2.1. Base de Datos, Estadística y Definición de Indicador	28
6.2.2 Variografía.....	29
6.2.3 Kriging de Indicadores.....	30
6.3 Definición de potencial económico (DPE)	33
6.3.1 Kriging Ordinario	33
6.3.2 Valorización Económica del Depósito de Estudio	33
6.3.3 Selección de Parámetros Económicos.....	34
6.4 Análisis de Costos.....	39
6.5 Comentarios Adicionales	42
7. CONCLUSIÓN.....	44
GLOSARIO	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48

INDICE TABLAS

Tabla 1, información de depósito análogo	35
Tabla 2, Serie de Pit (rajós) anidados.....	37
Tabla 3, Costos de generar producto "Potencial Tonelaje/Ley"	41
Tabla 4, Tiempo requerido por método, para la obtención del producto	42
Tabla 5, Resumen Costos	44

INDICE DE ILUSTRACIONES

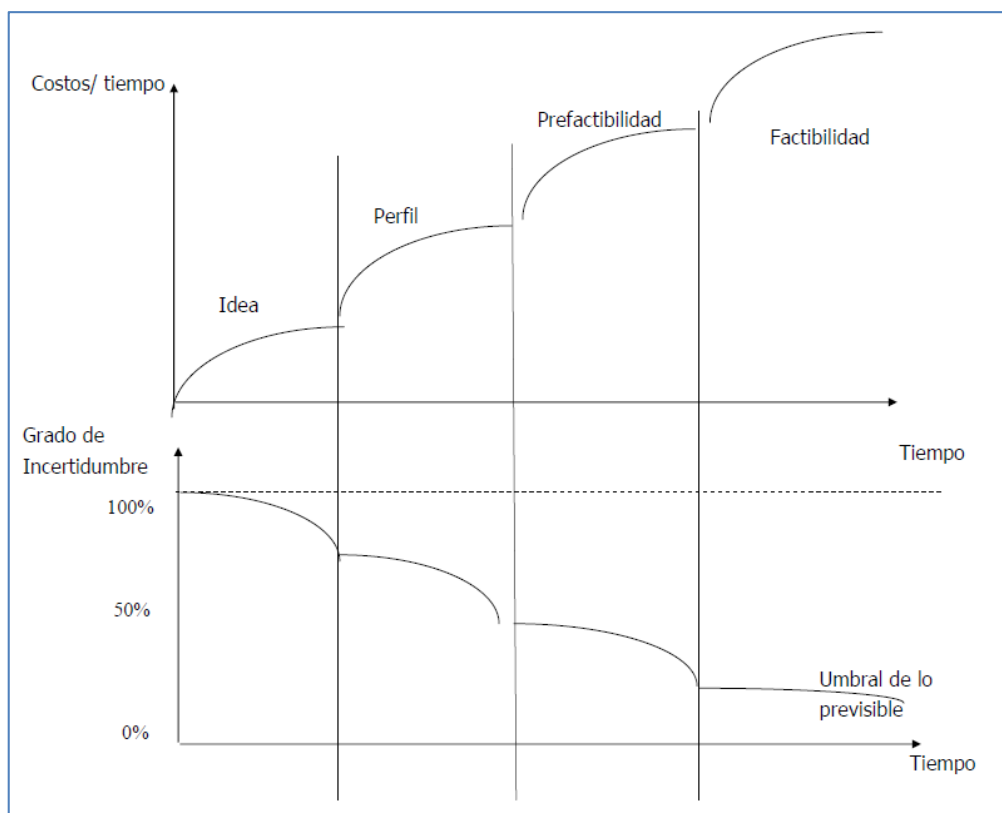
Gráfico 1, Consumo mundial de cobre por país	5
Gráfico 2, Mayores productores de cobre a nivel mundial	5
Gráfico 3, Balance mercado mundial de cobre	6
Gráfico 4, Evolucion de las leyes de Cobre en el tiempo	7
Gráfico 5, Exploración por Tipo de Compañía.....	7
Gráfico 6, Mineral Objetivo	8
Gráfico 7, Gráfico log-probabilístico de leyes de cobre de zona de estudio. .	28
Gráfico 8, Variografía de leyes de cobre de zona de estudio	29
Gráfico 9, Detalle de la ubicación de campaña preliminar de sondajes.	30
Gráfico 10, Principales Yacimientos de cobre en América.....	34
Gráfico 11, Resultado de optimización.....	36
Figura 1, Incertidumbre y costos asociados a un Proyecto Minero.....	2
Figura 2, Etapas de desarrollo de un proyecto minero.....	8
Figura 3, Cadena de Valor de una Compañía Minera	9
Figura 4, Flujo de las Etapas de la Exploración de un Depósito.....	10
Figura 5, Diagrama Modelo de Negocios Canvas	20
Figura 6, Flujo de las Etapas Mediante una Aproximación Probabilística en la Exploración de un Depósito	23
Figura 7, Envolverte 3D, de un escenario probable de la geometría del modelo mineralizado	31
Figura 8, Sección con corte de envolverte 3D y geología temprana	32
Figura 9, Pit optimo Recursos Potenciales	39
Figura 10, Back Planing.....	43

1. INTRODUCCIÓN

La presente tesis plasma el propósito de mejorar, mediante herramientas técnicas ad hoc, el tiempo requerido para generar durante el proceso de captura de información geológica, particularmente en las primeras fases de exploración de un yacimiento, los trabajos de procesamiento de la información destinadas a dimensionar el potencial económico del futuro depósito todavía en exploración, de manera que la empresa que gestiona la inversión tenga antecedentes confiables para definir si sigue destinando capital para continuar posteriormente con la exploración avanzada, o debe tomar alternativas como la decisión de postergar o abandonar el proyecto exploratorio.

En general durante la primera etapa de un proyecto minero es donde existe la mayor incertidumbre respecto de la ocurrencia del yacimiento que se investiga, en esta etapa los antecedentes con que se cuenta son reducidos y solo se basan en información colectada por métodos indirectos, como por ejemplo los son, observaciones satelitales, aerofotogrametría, sensores remotos, geofísica, geoquímica, etc. además se suma a esta información una incipiente geología de superficie. Con esta información se programa entonces, una campaña de sondajes, con el propósito de verificar la información primaria y determinar su continuidad en el subsuelo, de manera de contar con información tangible que permita dimensionar el hallazgo de un nuevo depósito y su desarrollo posterior hasta llegar a la etapa de dimensionamiento del material económicamente extraíble.

La Figura 1 muestra la incertidumbre y costo asociados a la cadena de valor de un proyecto minero, pre construcción.



Fuente: MBA, Gestión Minera, Prof. Andrés Kettlun

Figura 1, Incertidumbre y costos asociados a un Proyecto Minero

Tradicionalmente, después de obtenida la información geológica de un proyecto de exploraciones, producto de una campaña de sondajes de malla más o menos amplia, pero aun así de significativo costo, se inicia el proceso de dimensionamiento de la potencialidad económica del depósito. Para este propósito, usualmente se modela el volumen y definen las leyes medias del área perforada. Este trabajo minucioso, aunque de carácter todavía preliminar, lo realiza un equipo multidisciplinario de profesionales, geólogos, ingenieros, analistas, etc. Es así que se requiere una gran cantidad de tiempo y recursos económicos para lograr este objetivo de definir volumen y leyes. El detallado trabajo preliminar tiene el propósito de determinar si el blanco explorado cumple con la definición estratégica de la empresa minera respecto del tonelaje y ley media de los depósitos definibles como de interés de negocio para ella.

Los trabajos de modelamiento y evaluación del potencial económico de un proyecto de exploración, se pueden realizar, tal como se propone en la presente tesis, de manera mucho más rápida y eficiente, mediante la utilización de herramientas geoestadísticas, con la ventaja que los estudios

pueden realizarse en la medida que avanza la perforación. Con ello se podrá ir obteniendo resultados parciales, que permitan orientar dónde se pueden enfocar los mayores esfuerzos técnicos de alto costo para obtener un mejor conocimiento a futuro del posible depósito.

Para algunas compañías mineras, bastará conocer si el depósito explorado cumple con los objetivos señalados dentro de la estrategia de tamaño de depósito (tonelaje y ley) establecida para la empresa. Para otras, en cambio, este proceso de establecimiento de objetivos deberá continuar hasta llegar a determinarse, dentro de rangos de error razonables, la posibilidad que el hallazgo, pueda ser extraído económicamente. Generalmente, se concilian parámetros geológicos, económicos y de operación, análogos a los de proyectos en producción, con los cuales se logra entonces definir adecuadamente la potencialidad económica futura del depósito.

En la presente tesis se desarrollan herramientas técnicas de predictibilidad geoestadística mediante la configuración de dos productos aptos para ser utilizados por las empresas en la etapa temprana de exploración minera de un depósito (etapa de perfil). Estos dos productos son:

- Definición de potencial tonelaje ley (DPT)
- Definición de potencial económico (DPE).

El primero, Definición de Potencial de Tonelaje Ley (DPT) es aplicable para las compañías cuya estrategia de búsqueda de depósitos está orientada a encontrar proyectos que cumplan con dimensiones referidas a volumen, tonelaje y ley, las que se especifican por cada empresa en particular. El segundo producto, Definición de Potencial Económico (DPE), está definido para su utilización en pequeñas y medianas empresas mineras, cuyo objetivo es explotar depósitos que, por su menor tamaño, no son interesantes para la gran minería. También ésta herramienta DPE resultará atractiva para aquellas empresas de exploración cuya estrategia es realizar el hallazgo del depósito y luego proceder a evaluar su potencial económico, para ser ofrecido a compañías mineras cuyo objetivo está más bien centrado en las operaciones que en la exploración, o que cuentan con mayor capital

Desde el punto de vista de una compañía o empresa minera, los productos DPT y DPE, resultarán atractivos dado que en una etapa temprana de la evaluación de un depósito, pueden externalizar y minimizar los tiempos de respuesta en los parámetros perseguidos y con ello reducir los equipos de

profesionales en el tiempo involucrado en estas tareas y/o re-direccionar los recursos financieros a zonas en particular dentro del depósito a otros proyectos más maduros y/o que están fuera del alcance de las herramientas DPT y DPE. Es evidente el ahorro de costo que significa recibir la información buscada en forma rápida y oportuna, dada la reducción drástica en los tiempos de proceso de la información, cuantificados en un promedio de entre 2 y 3 meses, al desarrollarse el proyecto de la manera tradicional, comparado a menos de un mes con las herramientas propuestas y desarrolladas en esta tesis. Las herramientas, además permiten testear sobre la marcha y durante el trabajo de perforación la morfología del volumen mineralizado, a medida que el trabajo geoestadístico es realizado. Si sumamos a este efecto de dato sobre la marcha, a la disminución de costos debido a la reducción de la plantilla requerida en la fase tradicional de procesamiento de la información, se verifica que se ha desarrollado en los productos DPT DPE una atractiva propuesta para las empresas mineras que destinan recursos para las tareas evaluatorias en proyectos de exploración.

2. ANTECEDENTES

2.1 Descripción del mercado

Desde el año 2000 y en adelante, los países emergentes (especialmente los asiáticos), han sustentado una gran demanda de commodities, tales como cobre, hierro, etc. Este aumento en la demanda, obedece al crecimiento que ha tenido la región, principalmente China, crecimiento que conlleva un aumento en el consumo de las materias primas ocupadas principalmente en la manufactura, en el desarrollo de su infraestructura eléctrica y en la construcción. Esta gran demanda se espera que continúe durante la presente década y así lo expresan las autoridades de nuestro país; "Las proyecciones que nosotros tenemos es que hasta el 2024 (China consumirá) más del 50% del cobre mundial. Por lo tanto, es y esperamos que siga siendo un actor importante para el consumo mundial de cobre", dijo el Ministro de Minería de Chile, Hernán de Solminihac. (AFP, 09/04/2013)

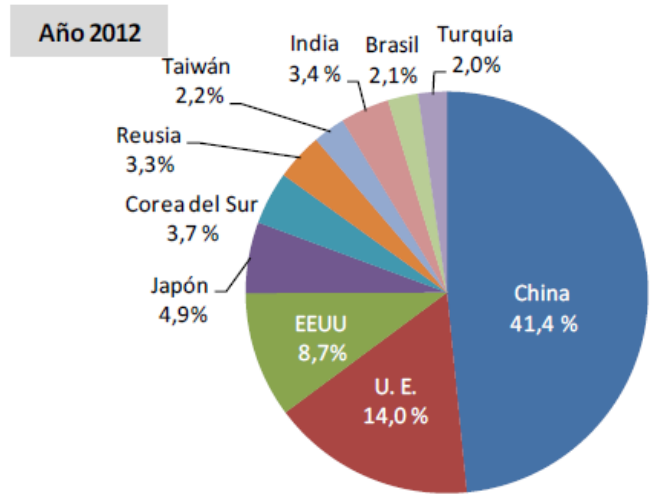
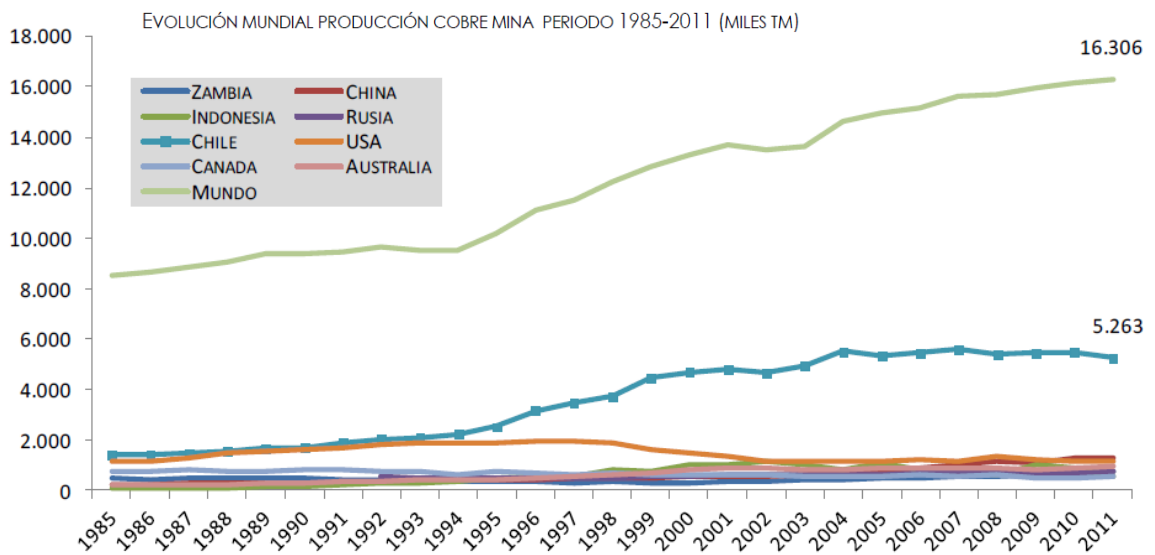


Gráfico 1, Consumo mundial de cobre por país



Fuente: Wood Mackenzie, Cochilco

Gráfico 2, Mayores productores de cobre a nivel mundial

Como se aprecia en los Gráfico 1 y Gráfico 2 precedentes, China es el principal consumidor de cobre a nivel mundial, mientras que Chile el principal productor. Fuente: Cochilco, Informe Tendencias Mercado del Cobre Mayo-Julio de 2012.

BALANCE DEL MERCADO FÍSICO DEL COBRE 1985-2011 (MILES DE TM)

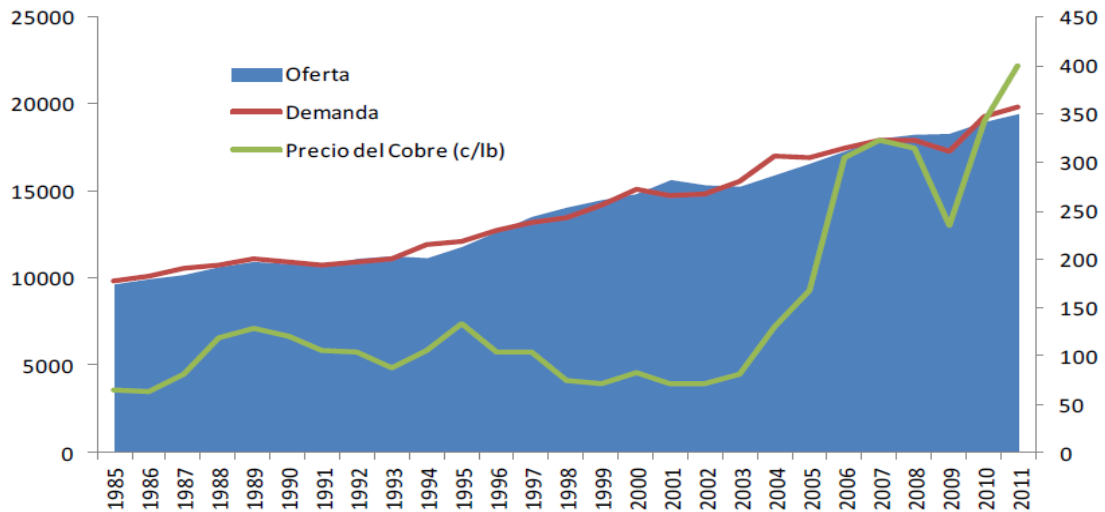


Gráfico 3, Balance mercado mundial de cobre

El Gráfico 3, arriba, muestra el precio, demanda y oferta mundial de cobre ocurrida hasta el año 2011. Fuente: Wood Mackenzie [junio de 2012].

En este escenario de fuerte consumo, es imprescindible generar los recursos mineros requeridos para enfrentar la creciente demanda de commodities, principalmente cobre, que según los pronósticos generará el crecimiento chino. Es necesario entonces, incrementar la exploración que permita subir la producción en operaciones existentes (ambiente exploratorio greenfield) y agregar nuevos proyectos que se sumen al proceso productivo (ambiente brownfield), que compensen la disminución de las leyes de cobre que están experimentando los yacimientos. El Gráfico 4, abajo, muestra como han ido variando las leyes de cobre en los minerales en el transcurso del tiempo.

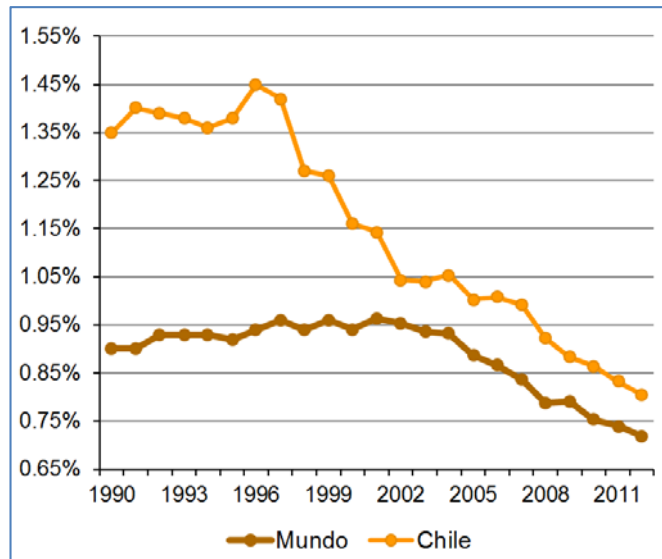
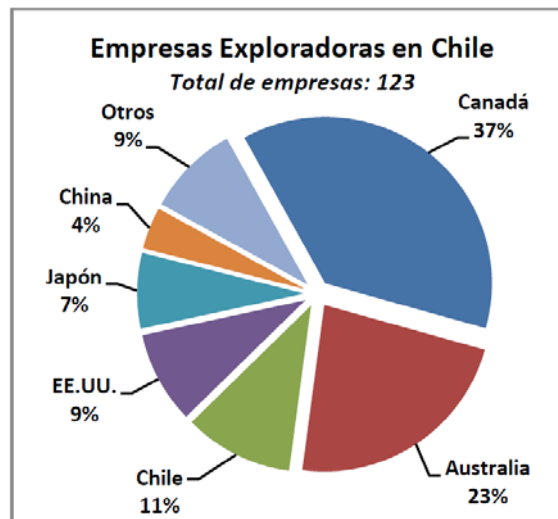


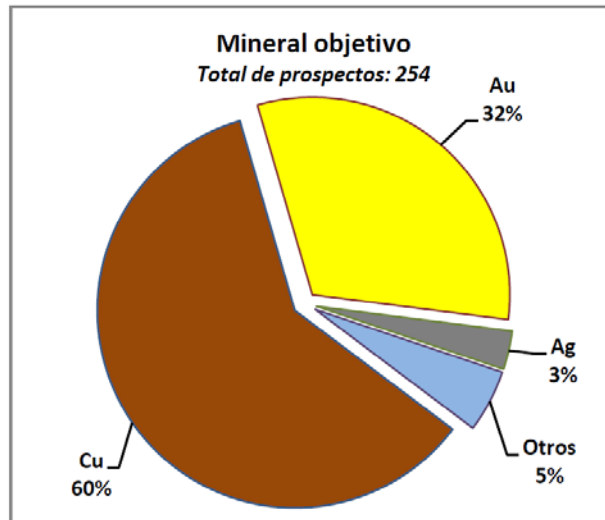
Gráfico 4, Evolucion de las leyes de Cobre en el tiempo

El Gráfico 5, abajo, muestra la distribución de las empresas que realizan exploraciones en Chile y el Gráfico 6 muestra el mineral objetivo de estas compañías y que son potenciales clientes de los productos desarrollados en esta tesis (DPT y DPE).



Fuente: Cochilco, SNL Metals Economics Group © 2013 y compañías exploradoras

Gráfico 5, Exploración por Tipo de Compañía



Fuente: Cochilco y compañías exploradoras

Gráfico 6, Mineral Objetivo

2.2 Descripción del tema que aborda la presente tesis

El tema que ha abordado esta tesis, se refiere a la oportunidad derivada de lograr optimizar tiempo y costos del postproceso que se realiza a la información obtenida en la etapa preliminar del desarrollo de la exploración de un proyecto minero. El siguiente diagrama de flujo, Figura 2 (1), muestra las etapas seguidas para lograr el desarrollo de un proyecto minero.

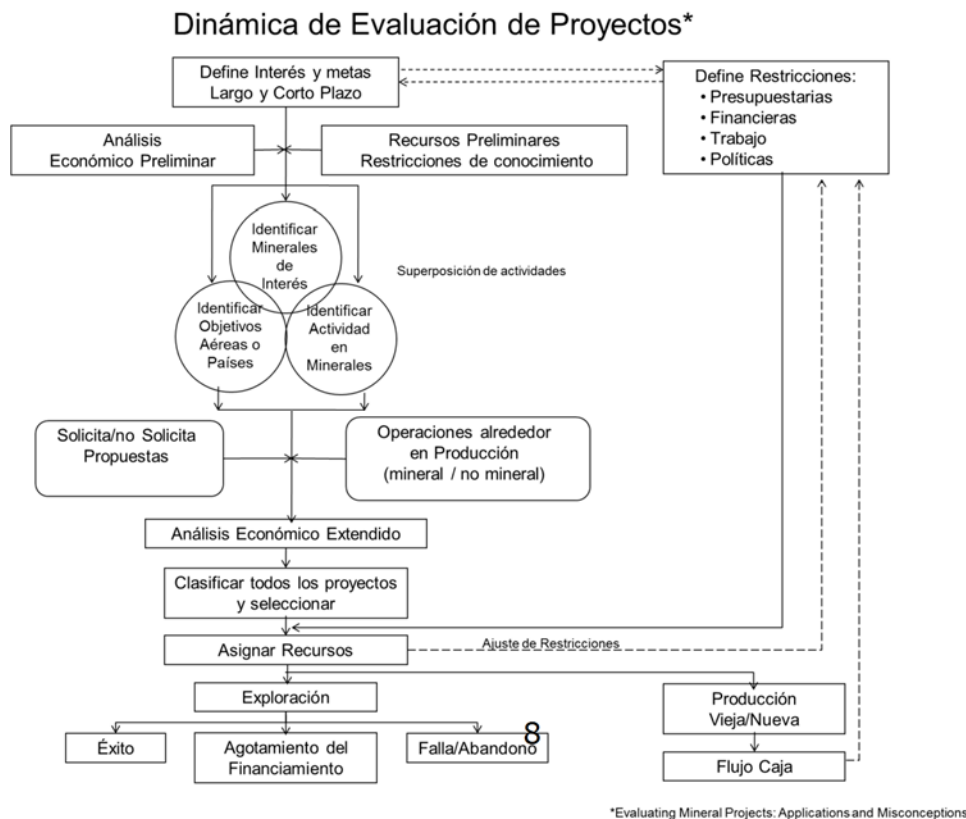


Figura 2, Etapas de desarrollo de un proyecto minero

Como se observa en el diagrama de la Figura 2, precedente, existe una serie de eventos destinados a obtener conocimiento, para tomar la decisión económica de una manera lo más informada posible, especialmente con respecto a la asignación de capital hacia los proyectos de exploración.

Para contextualizar el alcance de este trabajo y sus herramientas DPT y DPE, en la siguiente Figura 3, se presentan las actividades desarrolladas durante la generación de un proyecto exitoso, el que naturalmente incluye la cadena de valor del negocio minero (2).



Figura 3, Cadena de Valor de una Compañía Minera

El alcance de esta tesis y las herramientas creadas (DPT y DPE), estará referido específicamente en la fase de Exploración y, dentro de ésta, a su etapa preliminar. Por lo tanto, se focaliza en analizar la información obtenida después de la campaña de sondajes de la fase preliminar y antes de contar con información geológica de detalle.

Actualmente y en forma tradicional, el proceso de la información proveniente de la perforación de sondajes se realiza de acuerdo con el diagrama de la Figura 4, abajo.

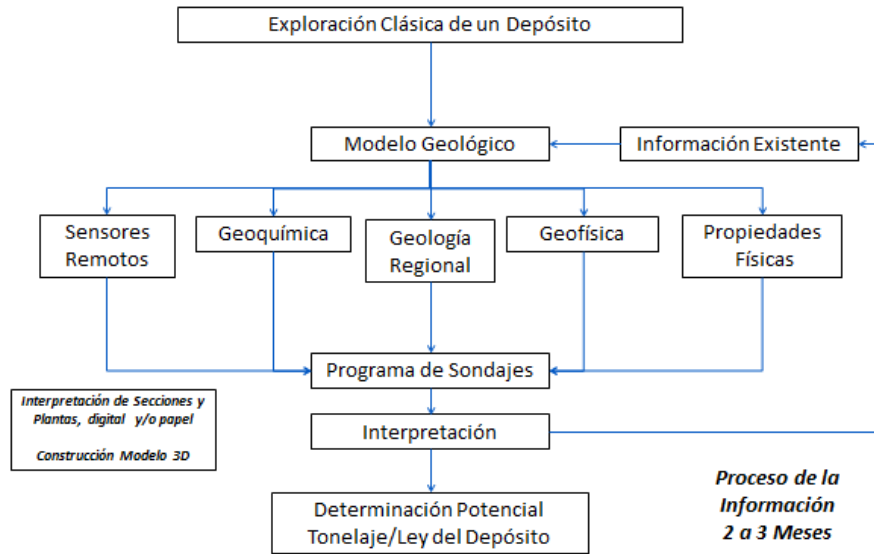


Figura 4, Flujo de las Etapas de la Exploración de un Depósito

La etapa de procesamiento de la información, que conduce a la determinación del tonelaje y ley de un depósito o proyecto, ha consistido durante décadas en volcar la información geológica obtenida a través de las perforaciones a secciones o plantas en papel o computadora, con el propósito de obtener una representación, primero bidimensional y luego tridimensional del fenómeno geológico que permite la acumulación de leyes económicas en el depósito o en partes específicas de éste. Este proceso es principalmente manual, por lo que involucra una cantidad de tiempo significativa y un número importante de profesionales asociados a su desarrollo. La duración aproximada de estas tareas de post proceso y ya contándose con la data, a juicio de la experiencia de los expertos, varía entre 2 y 3 meses. Luego de este plazo, puede, estar concluido un modelo tridimensional de las diferentes unidades geológicas, las que generalmente comprenden al menos de un modelo de litología, un modelo de alteración y un modelo de mineralización. Se pueden modelar otras características geológicas pero normalmente se llevan al modelo 3D las ya mencionadas, con las interacciones de parámetros geológicos que ello significa. Posteriormente a esta etapa de procesamiento de la información, se genera la asignación de leyes a las zonas modeladas, proceso que concluye en alrededor de un mes, lo que sumado a los diferentes procesos de validaciones, puede extenderse a un mes y medio o dos para la determinación del Potencial Tonelaje Ley. Ahora, si se agrega el proceso de evaluación económica este también incorpora al menos un mes más para la obtención del producto buscado: la determinación del potencial económico del depósito.

2.3 Objetivos y resultados esperados

El objetivo de esta tesis es construir una herramienta que permita la evaluación temprana del potencial económico de un proyecto de exploración minera y diseñar un modelo de negocio para la empresa de consultoría spin off de Core Mining Studies que mediante la utilización de esta herramienta descrita en el presente trabajo pueda proporcionar el conocimiento cuantitativo del tonelaje/ley potencial del mineral de un proyecto de exploraciones en su fase preliminar, permitiendo a las empresas mineras clientes, estar razonablemente informadas para la asignación de recursos y/o en caso contrario re-dirigir este flujo de capital hacia otros proyectos que cuenten con más potencial de llegar a ser una operación minera en un tiempo mucho menor al tradicionalmente requerido.

3. PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

El desarrollo de un nuevo producto que se lleva a cabo en el ámbito de los negocios, de la ingeniería y el diseño, consiste en el proceso completo de crear y poner un nuevo producto a disposición de los usuarios en el mercado (3). Las herramientas desarrolladas en este trabajo, representan una innovación en la manera de procesar la información proveniente de la etapa del reconocimiento preliminar que se enmarca dentro de las fases de la exploración/evaluación de depósitos minerales. En una etapa temprana del conocimiento de un nuevo proyecto, donde el valor de la información adecuada, es altamente apreciada, las herramientas que presenta este nuevo producto, ayudará a la toma de decisiones oportunas e informadas, permitiendo así, la optimización de recursos y costos para el cliente.

Se consideró el desarrollo de 2 productos, según sean los requerimientos del cliente. En general, las compañías de la mediana a gran minería, definen su depósito objetivo en función de su estrategia económica. Este tipo de empresa define un potencial mínimo que debe tener el hallazgo y este potencial está definido por el volumen, tonelaje y ley del proyecto de exploración. Si el depósito no cumple estos requisitos mínimos es descartado.

Otras compañías más pequeñas, o compañías especializadas en la exploración, desean conocer además del potencial tonelaje/ley del depósito, el potencial económico de éste y adicionalmente necesitan saber si existe la opción de extraer económicamente el recurso descubierto.

3.1 Productos

Desde el punto de vista de la mercadotecnia, un producto es todo aquello que se ofrece con el propósito de satisfacer un deseo o necesidad en un intercambio comercial (4). Es, en fin, todo objeto o servicio concretado por el trabajo humano, capaz de satisfacer las necesidades o deseos de los consumidores. (5).

Los productos que se han desarrollado (DPT y DPE), están orientados a minimizar los costos y el tiempo de respuesta de la información, redistribuir eficientemente el recurso humano y obtener información o data relevante y razonablemente confiable para la toma de decisiones de inversión de compañías mineras, en operación y también de exploraciones.

3.2 Mezcla de Mercadotecnia

La mezcla de mercadotecnia como parte del nivel estratégico del marketing, es el medio por el cual los planes en desarrollo se transforman en programas concretos, para que una organización pueda acceder al mercado con productos que dan respuestas a necesidades o deseos de los clientes, con precios accesibles, con un mensaje adecuado y mediante un sistema de distribución que coloque al producto en el lugar y en el mercado oportuno (6).

El objetivo del marketing es la colocación exitosa de Productos (bienes o servicios) en el mercado, que se ofrece o vende a los consumidores para cubrir sus necesidades, el Precio es el valor al que el consumidor está dispuesto a adquirir el bien o servicio, en tanto que la Plaza, es todo lo relacionado con el recorrido físico del producto antes de llegar al cliente, y la Promoción, se refiere a generar los canales de comunicación con el mercado para estimular las ventas (6).

3.2.1 Producto como Servicio

Se entiende por servicio "toda aquella actividad identificable, intangible, que es el objeto principal de una operación que se concibe para proporcionar la satisfacción de necesidades de los consumidores." Las organizaciones de servicios son aquellas que no tienen como meta principal la fabricación de productos tangibles, que los compradores vayan a poseer permanentemente. Es decir, la compañía de servicios está vendiendo el servicio como núcleo central de su oferta al mercado. La intangibilidad es la característica que distingue productos de servicios y la intangibilidad significa tanto algo palpable como algo mental (subjetivo). Con frecuencia los servicios no se pueden separar de la persona del vendedor de ellos (7).

El servicio que se entregará como asesoría a compañías mineras y de exploración, estará dentro de la cartera de productos ofrecidos por Core Mining Studies. Este producto, compuesto de DPT y DPE de acuerdo con los antecedentes actuales, no es ofrecido por otras compañías consultoras en el mercado y se estima que su desarrollo no es simplemente intuitivo, sino esta guiado por la experticia.

Core Mining Studies, empresa perteneciente al grupo de la compañía australiana Maptex™, ha logrado posicionarse en el mercado de prestación de servicios, después de más de cuatro años, tanto dentro del país como en el extranjero. Este reconocimiento dentro del mercado de los servicios a la minería se debe a la calidad de los servicios y al compromiso con los clientes que han solicitado soluciones a sus requerimientos.

3.2.2 Precio

Las características de los servicios pueden influir en la fijación de precios en los mercados de demanda. La influencia varía de acuerdo con el tipo de servicio y la situación del mercado que se esté considerando. Las principales fuerzas tradicionales que influyen en los precios son: costos, competencia y demanda. También es posible determinar los precios mediante una negociación entre comprador y vendedor, ya que se puede ajustar el servicio ofrecido a los requerimientos y necesidades específicas del cliente. Mientras más exclusivo sea un servicio, mayor será la discrecionalidad del vendedor en la fijación del precio (7).

Como la nueva empresa a crear se basa en el modelo spin-off, el precio para la aplicación de DPT y DPE se acordará de acuerdo a un porcentaje de la asesoría total cuando se utilicen estas herramientas dentro de los servicios ofrecidos por Core Mining Studies. Es decir, las herramientas DPT y DPE son ofrecidas como parte del conjunto de los servicios de Core Mining Studies y se incluye su tarifa como un royalty específico.

3.2.3 Plaza

Las organizaciones, ya sea que produzcan tangibles o intangibles (servicios en este caso), tienen interés en las decisiones que inciden sobre la plaza; es decir, cómo ponen a disposición de los clientes sus ofertas y las hacen accesibles a ellos. La generalización usual que se hace sobre la distribución de los servicios es que la venta directa es el método más frecuente y que los canales son entonces cortos, pero en la práctica muchos canales de servicios contienen uno o más intermediarios y la reputación de los intermediarios será un factor importante. La ubicación puede carecer de importancia para los servicios que se realizan dónde está el cliente o son llevados como dato para su procesamiento a otro lugar cualquiera (7).

Los canales de presentación del producto, se realizarán a través de Core Mining Studies, que como se mencionó, cuenta con una amplia cartera de clientes dentro del país y el extranjero.

3.2.4 Promoción

Los propósitos generales de la promoción en la mercadotecnia de servicios son para crear conciencia y despertar un interés en el servicio y en la organización prestadora del servicio, para diferenciar la oferta de servicio respecto de la competencia, para comunicar y representar los beneficios de los servicios disponibles y del ofrecido, y persuadir, entonces, a los clientes para que compren o usen el servicio. El propósito de cualquier esfuerzo promocional es vender el servicio a través de la información, la persuasión y el recuerdo (7).

La promoción se realizará directamente por Core Mining Studies a sus clientes a través de la presentación directa a los ejecutivos y profesionales del sector donde está dirigido el producto.

4. DISEÑO DE MODELO DE NEGOCIO

4.1 Spin-off

Spin-off, se describe como la creación de empresas, ligadas a la universidad y con el propósito de desarrollar proyectos de investigación específicos, de manera de transferir hallazgos científicos, al sector social mediante productos innovadores (8). En resumen y generalizando, Spin-off es el término en inglés, que se utiliza al modelo que expresa la idea de la creación de nuevas empresas a partir de una empresa u organización ya existente y que actúa como incubadora. Estas nuevas empresas, spin-off, al madurar acaban por adquirir independencia jurídica, técnica y comercial completa (9).

Para aplicar la herramienta propuesta en esta tesis se consolidó una nueva empresa tomando en cuenta el modelo Spin-off de la empresa base Core Mining Studies. Esta nueva empresa está constituida por un profesional de staff de la empresa Core Mining Studies, que se integra a la nueva empresa, y tendrá como objetivo desarrollar la metodología propuesta en esta tesis, comercializarla y ponerla a disposición de los clientes, a través de los canales de distribución propios de Core Mining Studies, y además de los canales de distribución de Maptek, que como se dijo antes es la empresa matriz a la que pertenece Core Mining Studies. Core Mining Studies, proporcionara toda su tecnología, software y experiencia, para el desarrollo del producto.

El objetivo final planteado para esta nueva empresa, es que sea independiente tanto jurídicamente, técnicamente y comercialmente.

4.2 CANVAS

El modelo de negocio es una especie de anteproyecto de una estrategia que se aplicará en las estructuras, procesos y sistemas de una empresa. El modelo Canvas divide al negocio en nueve módulos o bloques que reflejan la lógica que sigue una empresa para generar ingresos cubriendo las cuatro áreas principales de un negocio: clientes, oferta, infraestructura y viabilidad económica. Los nueve módulos del modelo Canvas forman la base de una

herramienta útil: el lienzo de modelo de negocio. Esta herramienta es parecida al lienzo de un pintor con los nueve módulos ya definidos donde se pueden plasmar las ideas de nuevos o existentes modelos de negocio y de una forma práctica fomenta la comprensión, debate, creatividad y análisis (10).

La estructura que propone el modelo de negocios Canvas, es apropiado para el desarrollo de este trabajo, dado que permite estructurar de manera adecuada y eficiente las etapas de diseño e implementación de una empresa de asesoría que ofrece sus servicios con un producto nuevo a las empresas mineras en operaciones con actividades de exploración tendiente a buscar depósitos de reposición y/o a empresas de exploración cuyo objetivo es descubrir un depósito atractivo y luego ponerlo a disposición de mineras especialista en labores económicamente extractivas.

Los nueve bloques del modelo CANVAS de negocio para la empresa spin-off que desarrollará las herramientas DPE y DPT son:

- Clientes

Las herramientas producto de esta tesis están dirigidas a empresas mineras y de exploración minera. Todas las compañías mineras, aunque, con diferentes propósitos o metas, tienen dentro de sus principales actividades realizar la exploración de nuevos depósitos, las empresas mineras en operaciones lo harán para renovar los recursos consumidos y/o incrementarlos para así asegurar la continuidad de sus operaciones y con ello los beneficios económicos para sus inversionistas. Las empresas de exploración, buscaran descubrir nuevos depósitos que permitan desarrollar futuras operaciones mineras rentables económicamente, yacimientos que podrán ser transferidos a otras compañías o que podrán ser llevados hasta operación por la compañía que realizó el hallazgo. Evidentemente y por consiguiente es en la etapa de exploración primaria donde esta nueva empresa, encuentra el nicho de sus potenciales clientes.

- Propuesta de valor

El producto a desarrollar permite minimizar tiempo y costos del procesamiento obtenido en la etapa preliminar de exploración y representa una innovación en el enfoque de tratamiento a la información generada en las etapas primarias de la exploración, donde se cuenta con poca información del subsuelo y una

incipiente idea geológica de la morfología de los cuerpos mineralizados de interés económico. Es en este punto donde la herramienta propuesta en esta tesis cobra importancia, dado que, entrega herramientas habilitadas para que con un mínimo de información, puedan modelar probabilísticamente la continuidad de las leyes económicas, del potencial mineral a extraer. Esta característica hace de esta herramienta una oportunidad de abaratar los costos y tiempo en las etapas más primarias de la exploración, dado que en un mínimo de tiempo y a un menor costo, permitirá conocer con una razonable incertidumbre, el potencial económico del depósito bajo estudio, permitiendo de esta manera redirigir campañas de sondajes de forma que se pueda optimizar la ubicación de las perforaciones, con el consiguiente ahorro económico y de tiempo que significa esta operación en la etapa de exploraciones. Adicionalmente, con la información entregada por esta herramienta, se pueden priorizar los recursos económicos, según el potencial de cada proyecto, consiguiendo de esta manera optimizar los recursos compañía en esta fase de la exploración.

- Canal

El canal para llegar al cliente es la infraestructura desarrollada por la empresa de asesoría en minería Core Mining Studies. Esto significa que los canales de distribución de la propuesta de servicios de la nueva empresa, se realizarán a través del Boletín informativo mensual de Maptek™, la página web de Core Mining Studies y a través de la publicación de artículos y a la promoción en revistas mineras especializadas de circulación nacional e internacional. También se utilizarán los diferentes eventos mineros, tales como seminarios, ferias y/o exposiciones que se realizan en Chile y el exterior.

Otro canal de distribución más particular y directo será mediante Core Mining Studies, a través de clientes propios y de la plataforma Maptek™, posicionada en Estados Unidos, Reino Unido, Australia, México, Brasil, Perú y Chile. Esta amplia cobertura permitirá garantizar que el producto desarrollado, pueda ser presentado a una gran cantidad de clientes potenciales.

La cartera de clientes de Core Mining Studies, abarca empresas de la gran, mediana y pequeña minería, además destacan dentro de sus clientes algunas empresas junior de alta competitividad. Algunas de las principales empresas clientes de Core Mining Studies en Chile son: Barrick, BHP Billiton, Vale, Codelco, Teck, Kinross, Andes Iron, Cenizas, Esperanza, White Mountain Titanium Corp., Altair, Minera Fuego, etc. Evidentemente, esta cartera se

amplía considerablemente si se incorpora la lista de clientes de Maptek™

- Relación

Las relaciones entre la empresa minera y la empresa de asesoría, definirán los objetivos y alcances de la misma. Estará a cargo de esta relación Core Mining Studies. Es evidente que las relaciones estarán dadas por la confianza desarrollada entre el cliente y Core Mining Studies durante sus más de cuatro años de existencia, brindando trabajos de calidad y además de seriedad en cuanto a plazos de entrega comprometidos. La nueva relación se verá reforzada con la nueva empresa dado que, el espíritu de esta será comprometerse con los requerimientos y desafíos del cliente, mediante el aporte de ideas innovadoras, como el producto propuesto, que ayuden a la optimización de las actividades realizadas en la primera etapa de los trabajos de exploración de nuevos depósitos. La motivación principal para establecer esta relación es participar junto con el cliente en la solución, ser parte de la solución de los requerimientos iniciales de la fase de exploraciones y además dentro de las sucesivas etapas de un proyecto hasta llevarlo a la etapa de operaciones.

- Flujos Ingresos

Los flujos de ingreso serán generados por asesorías a empresas mineras y de exploraciones mineras y corresponderá a las entradas por los servicios prestados con la utilización de la herramienta propuesta, la que generará un porcentaje del orden del treinta por ciento del total que pagará el cliente a Core Mining Studies, por cada vez que se utilice esta metodología.

- Recurso Clave

El recurso clave, básicamente se encuentra en la experiencia y el conocimiento de los profesionales seniors; conocimiento y experiencia adquiridos en su trayectoria profesional y derivado del trabajo realizado en toda la cadena de valor del negocio minero, inteligencia ahora disponible para el desarrollo de nuevas ideas, innovadoras, que presenten soluciones con un enfoque no tradicional a la problemática minera apoyados en el software provisto por Core Mining Studies, son: Vulcan®, Supervisor® y Whittle®

- **Actividades Claves**

Las actividades claves a realizar, la comprenden el desarrollo de las dos herramientas que se ofrecerán al cliente, estas herramientas son DPT y DPE.

El primero, DPT (determinación de tonelaje y ley), se refiere a las acciones y/o actividades necesarias, a partir de la información existente, destinadas a conocer, la morfología del cuerpo mineralizado, potencial tonelaje y ley media del yacimiento objeto del estudio.

El segundo producto, DPE (determinación del potencial económico), es el proceso que sigue al anterior, dado que, obtenido el volumen, tonelaje y ley media, se podrá definir el potencial económico del yacimiento en estudio.

- **Alianzas**

El socio clave en la creación y desarrollo de esta nueva empresa, la constituye la empresa base, Core Mining Studies. La empresa base proporcionará la experiencia de sus profesionales y ayudará en forma significativa a través de su cartera de clientes a la difusión del nuevo producto y además proveerá el software requerido para el desarrollo del producto.

- **Estructura de costos**

Los costos se han definidos como fijos, aquellos destinados a arriendo de oficinas, línea telefónica, Internet, electricidad, etc. Y variable aquellos que consideran insumos, traslados a terreno, etc.

De tal manera que lo mencionado anteriormente puede quedar plasmado en el siguiente lienzo de canvas en la Figura 5 a continuación.

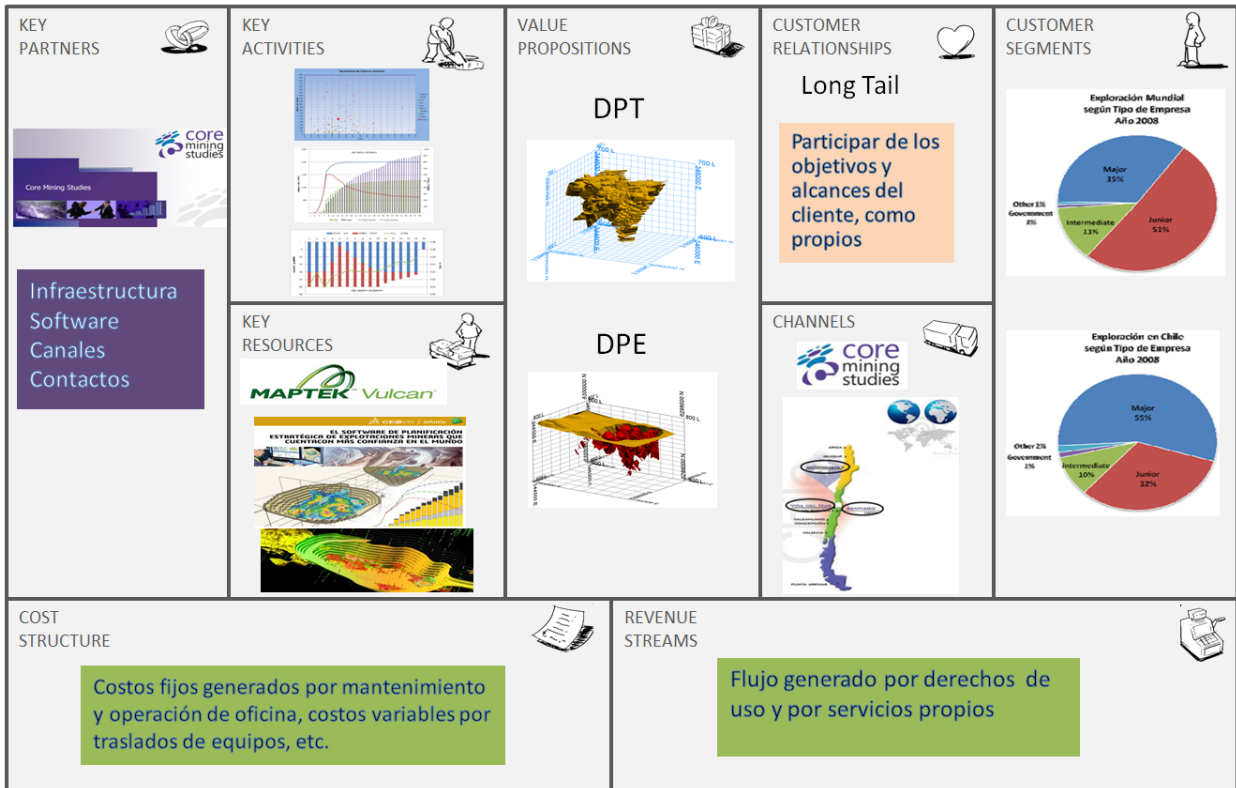


Figura 5, Diagrama Modelo de Negocios Canvas

4.3 Análisis Estratégico (FODA)

La evaluación de las fortalezas y debilidades de los recursos de una empresa y sus oportunidades y amenazas externas, lo que comúnmente se conoce como análisis FODA (11), proporciona una perspectiva de la posición de negocios de una empresa y se basa en el principio fundamental de que los esfuerzos en el diseño de la estrategia deben estar orientados a producir un buen ajuste entre la capacidad de recursos de la compañía y su situación externa para el futuro bienestar de la empresa (12).

Fortalezas:

La principal fortaleza de la nueva empresa, se refiere a la seguridad económica que significa haber adoptado el modelo de empresa tipo Spin-off y al producto desarrollado bajo este modelo que significa una innovación en la industria. También es muy importante el soporte tecnológico de última generación proveído por la empresa base, además de la experiencia de los profesionales involucrados en la nueva empresa y en el desarrollo del producto.

Es importante destacar, que la nueva empresa es el punto de partida para la incubación de ideas y/o soluciones innovadoras que surjan de la relación con los clientes, tanto de la nueva empresa generada, como de la empresa base, Core Mining Studies.

Debilidades:

La principal debilidad no se visualiza en el producto mismo, sino en la resistencia al cambio por parte de los profesionales expertos del área de la exploración minera primaria, de los potenciales clientes acostumbrados a trabajar de la forma tradicional, que sentirán un natural rechazo al cambio metodológico que implica realizar las cosas de manera diferente.

Oportunidades:

La principal oportunidad es que se desarrollara un producto que no existe en el mercado, una innovación que permite mejorar los tiempos de respuestas en el proceso de la información de la exploración temprana, lo que sin duda le ayudará a reasignar recursos, de profesionales, infraestructuras y económicos, con la consiguiente reducción de costos del cliente.

Amenazas:

La principal amenaza que se puede visualizar para este proyecto, se encuentra en el producto mismo, en general las empresas mineras, tradicionalmente han sido reticentes a cambiar la forma de hacer, "siempre lo hemos hecho así, ¿para qué cambiar?", en general tienen una fuerte inercia difícil pero posible de cambiar. Es aquí donde debe hacerse el principal esfuerzo y para eso es vital la fidelización existente dentro de la cartera de clientes de la empresa base.

El análisis precedente revela que si bien es cierto el producto ofrecido por la nueva empresa desarrollada, es potente y nuevo en el mercado, tendrá que desarrollar una fuerte campaña de marketing para vencer la resistencia lógica por su naturaleza, de las empresas mineras, potenciales clientes de este nuevo servicio.

5. DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS

La metodología de soporte usada en este trabajo, se basa en los trabajos del Dr. Guochen Pan (13), quien durante los años 1994-1995, a través de la herramienta geoestadística del kriging de indicadores, modela la continuidad de las leyes de un depósito, definiendo con ello el volumen del cuerpo mineralizado. Evidentemente esta herramienta, no reemplaza el trabajo geológico, pero entrega una buena aproximación de tamaño y ubicación espacial del cuerpo que contiene las leyes económicamente explotables.

La ventaja de la metodología, basada en la geoestadística, permite generar envolventes de mineralización, las que definen volúmenes específicos, generando la morfología de la distribución de leyes, según diferentes probabilidades de que las leyes contenidas dentro de las mencionadas envolventes, pertenezcan a ella o estén fuera de ella. Este procedimiento permite construir los cuerpos mineralizados que posteriormente serán utilizados para la estimación de recursos del proyecto. Seleccionada, en conjunto con los geólogos del proyecto, la o las envolvente(s) que mejor representa(n) el fenómeno mineralizado, se procede a realizar la estimación de los recursos contenidos por estas envolventes y ya con esta información, se puede realizar la evaluación económica de los recursos.

Este proceso completo de determinación del tonelaje y ley de un depósito, para un yacimiento o blanco exploratorio que ya cuenta con información básica, se realiza en menos de un mes. La Figura 6, muestra diagrama de flujo de metodología utilizada.

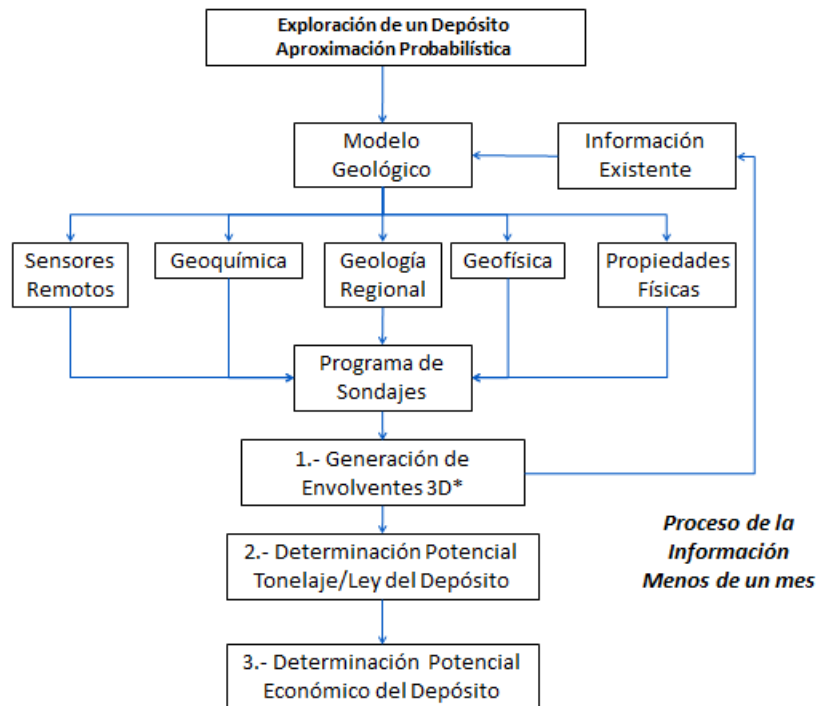


Figura 6, Flujo de las Etapas Mediante una Aproximación Probabilística en la Exploración de un Depósito

El marco conceptual que soporta las herramientas desarrolladas en esta tesis, se remonta hacia la década del año 1980, donde se idearon una serie de métodos de estimación para enfrentar el problema de poblaciones de muestras altamente sesgadas y con una pobre continuidad espacial. La débil continuidad espacial es una característica geológica dada por la ocurrencia de altas leyes dentro de cortas distancias.

Las leyes altas, en general, tienen un rango de influencia menor que las leyes bajas, esto implica que un efecto de sobre-suavizamiento puede ser introducido por el variograma realizado sobre todas estas leyes, uno de los métodos más conocidos, desarrollado para evitar el suavizamiento durante la estimación de recursos, es el kriging de multi-indicadores .

Durante la década de 1990 por el año 1995, para modelar estos cuerpos de alta complejidad y altamente sesgados, el Dr. Pan (13), ideó un método que basado en el kriging de indicadores, utilizado para modelar los cuerpos mineralizados y kriging ordinario, para estimar las leyes dentro de los cuerpos modelados, aportó con una nueva técnica para tratar este tipo de depósitos.

Los productos desarrollados por esta tesis, toma como base la propuesta del Dr. Pan, y la aplica a etapas primarias de la exploración de un depósito mineral. La idea principal, es que ante la ausencia de geología avanzada, con esta técnica, se logra obtener la forma, el volumen y la disposición espacial de los cuerpos mineralizados dentro del área de la zona explorada y cuya información primaria es obtenida, mediante el programa de perforación. El desarrollo de esta metodología, se describe a continuación:

- Generación de archivo con atributos geológicos y de leyes:
Este archivo se utilizará para los procesos estadísticos y geoestadísticos requeridos, la información geológica se correlacionará con la información de leyes.
- Estadística de leyes y Definición de indicador:
La estadística sobre las leyes es requerida para definir el umbral de mineralización de la zona explorada, este umbral separa estadísticamente las zonas de estéril y mineral de las poblaciones de leyes estudiadas.
Se construye una variable binaria, denominada indicador cuyo valor es 1 si su valor es igual o mayor al umbral que separa el estéril del mineral y 0 en caso contrario.
- Variografía:
Esta herramienta geoestadística permite determinar la dirección de mayor correlación que existe entre pares de muestras separadas a una distancia determinada, en general existe dirección donde esta correlación es mayor que en otra, característica que es denominada anisotropía. Con las distancias obtenidas se puede configurar un esquema de búsqueda, durante el proceso de estimación, que permite seleccionar las muestras que tienen una mayor correlación para luego asignar leyes a los bloques de un determinado modelo.
- Kriging de indicadores:
Obtenido los parámetros de la Variografía precedente, se definen parámetros de búsquedas en función de los ángulos y distancias de correlación encontrados, luego se asignan las probabilidades para la construcción de envoltentes de mineralización.

- **Kriging ordinario:**
Definida la envolvente 3D, en el paso anterior, se procede a estimar las leyes del volumen comprendido por la envolvente 3D seleccionada del proceso anterior. Esta estimación se realiza sobre un modelo de bloques que permite discretizar el volumen del cuerpo mineralizado en celdas de tamaño tal que correspondan a una unidad de estimación y/o de explotación.
- **Valorización Económica del Proyecto:**
Esta etapa corresponde a la última fase del desarrollo, y se realiza mediante la utilización del algoritmo, en este caso de Lerch y Grossman, el que se encuentra implementado en el software Vulcan® y Whittle®. Los parámetros de entrada para el análisis económico, se obtienen por analogía de operaciones mineras similares. El potencial económico queda definido por el valor del VAN encontrado, con la que la compañía puede elaborar su estrategia futura.

5.1 Definición de potencial tonelaje ley (DPT)

Este producto se diseñó para aquellas compañías cuya estrategia de búsqueda de depósitos está orientada a encontrar proyectos cuyas dimensiones referidas a volumen, tonelaje y ley se especifican por cada empresa en particular. Esta herramienta ocupa la velocidad del modelamiento probabilístico 3D, de la continuidad de las leyes acelerando el proceso de modelamiento del cuerpo en forma significativa, una vez modelado se procede a la estimación del tonelaje/ley dentro de los cuerpos modelados. Una característica relevante de esta metodología como se expuso en la etapa del marco conceptual, se refiere a la participación mínima de profesionales de geología, para obtener el producto requerido. Sin embargo, decidida la inversión en el proyecto, de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede continuar la exploración y el modelamiento geológico de la manera tradicional.

5.2 Definición de potencial económico (DPE)

Este producto está definido para pequeñas y medianas empresas mineras cuyo objetivo son explotar pequeños depósitos que no son interesantes para la gran minería, también esta herramienta resultara atractiva para aquellas empresas de exploración cuya estrategia es realizar el hallazgo del depósito y luego

evaluar su potencial económico para ser ofrecido a compañías mineras cuyo objetivo está más bien centrado en las operaciones que en la exploración.

Básicamente el procedimiento seguido para la cuantificación de los potencial mineral del depósito, es similar al DPT, la diferencia se refiere a que en este caso una vez obtenida la cuantificación del potencial mineral, se realiza una valorización económica del depósito, para ello se utiliza el parámetro del VAN, obtenido con la aplicación de software, que genera diferente escenarios económicos para la obtención de distintos valores de este. Los parámetros de entrada para este software (Vulcan® y Whittle®), se obtienen por analogía con otros depósitos en operación.

6. CASO DE ESTUDIO

6.1 Descripción Geológica

Yacimiento de Cobre Sulfurado de Tipo IOCG (Iron Oxides Copper Gold)

Se presenta como Caso de Estudio un yacimiento real, de especie mineral, leyes y ubicación alteradas a propósito, con el fin de mantener la integridad y la confidencialidad del depósito original. Debido a que la especie mineral de valor económico del yacimiento original ha sido llevada a Cobre, un experto en el tema que lea el presente estudio podría notar algunas anomalías producidas como resultado del cambio de leyes, de especie mineral y cambio en las coordenadas del yacimiento.

El estudio presenta un yacimiento de cobre diseminado, con desarrollo importante de especies productivas de sulfuros cupríferos (calcopirita, con menos bornita), las que se desarrollaron en concentraciones de interés económico actual, con una ley media y un tonelaje estimado por determinarse durante este estudio.

El depósito Estudio se ha desarrollado en un ambiente geológico que muestra gran afinidad con la genética y controles lito-estructurales, que caracterizan usualmente a los depósitos de tipo IOCG que se presentan en Chile, especialmente en terrenos Jurásicos- Cretácicos pre andinos. En el ambiente IOCG de asociación paragenética (es decir, depósitos de diversos tamaños que coinciden en estar generalmente constituidos - en orden de abundancia - por

Óxidos de Hierro, Cobre y Oro), se presenta comúnmente magnetita (Fe_2O_3), la que por lo general está siempre íntimamente asociada a cantidades variables de especies de sulfuros de cobre, especialmente calcopirita (CuFeS_2) y, más raramente, bornita (Cu_5FeS_4). En el caso del Depósito Estudio, el aporte de cobre en el sistema de mineralización hipogénica es relevante y hace que el yacimiento sea un desarrollo rico en ese elemento.

Normalmente, la asociación paragenética (etapas de mineralización) es compleja en los depósitos IOCG, dado que a las especies de cobre y hierro se le puede agregar mineralización aurífera. Esto representa un cambio en las condiciones de presión, temperatura, presencia de solvente, y otros parámetros que concurren en el macizo mineralizado. Sin embargo, todos los minerales metálicos (Cu por ejemplo) de un depósito de este tipo, comparten un locus general, dado por profundos controles estructurales, de emplazamiento de intrusivos y características litológicas especiales. Estos factores confinan el emplazamiento y la extensión del cuerpo mineralizado, dado que estructuralmente los fluidos productivos que provienen de intrusivos cercanos al futuro depósito (sean éstos aflorantes o no), migran y se canalizan lateral y verticalmente a través de zonas corticales más permeables que se asocian a estructuras, no siempre reconocibles en superficie, y al terreno debilitado de su entorno. Cuando la migración de fluidos se canaliza y alcanza a segmentos de las rocas de caja que presentan condiciones litogeoquímicas favorables, se produce una trampa litológica, en cuyo volumen se depositan, en ocasiones sucesivamente, estos pulsos de soluciones de origen inicial magmático intrusivo.

En el caso del Depósito Estudio, se piensa en la existencia de dos o más estructuras principales, de rumbos NNE y manteo al W, que permitieron la circulación de las soluciones en un entorno de rocas de caja volcano sedimentarias de rumbo aproximadamente NS y manteo al E. Esta unidad volcánica sedimentaria se depositó en una cuenca tras arco elongada NS, que presenta (como es habitual en ese tipo de ambientes someros y asociados a volcanismo de arcos de islas), gran variabilidad composicional y estratigráfica. En el Depósito Estudio, la unidad volcano sedimentaria está compuesta por rocas andesíticas (componentes volcánicos), areniscas, areniscas calcáreas y calizas (componentes sedimentarios), que presentan bastante variabilidad lateral y en dirección del eje principal NS de la antigua cuenca. Sin embargo, la existencia de ambos controles para la mineralización, estructural y litológico, produce en las diferentes intersecciones que se generan, una serie de locus de interés exploratorio.

Para caracterizar geoméricamente y en calidad los eventuales recursos asociados a esos controles, en una etapa temprana se perforó en el Depósito

Estudio una cantidad reducida de sondajes que buscó identificar la extensión en profundidad y en rumbo de algunas evidencias de mineralización presentes en superficie. Esta etapa demostró la ocurrencia frecuente de mineralización cuprífera de interés, probablemente asociada a alimentadores profundos todavía pobremente definibles durante esa etapa, que al encajarse en rocas fuertemente calcáreas, lograron generar bolsones de mineral de sulfuros de cobre, especialmente calcopirita, cuyo potencial se encontró de alto interés evaluatorio.

6.2. Definición de potencial tonelaje ley (DPT)

La información proporcionada para la construcción del modelo de recursos potenciales del caso de estudio, considera 26 sondajes con un total de 13,397m perforados y con 6,486 muestras de 2m utilizables.

6.2.1. Base de Datos, Estadística y Definición de Indicador

Siguiendo los pasos detallados en la metodología propuesta, se ingresó la información de sondajes al software Vulcan[®], y luego se realizó la estadística preliminar para definir el indicador del umbral que separa las zonas estéril de la mineral.

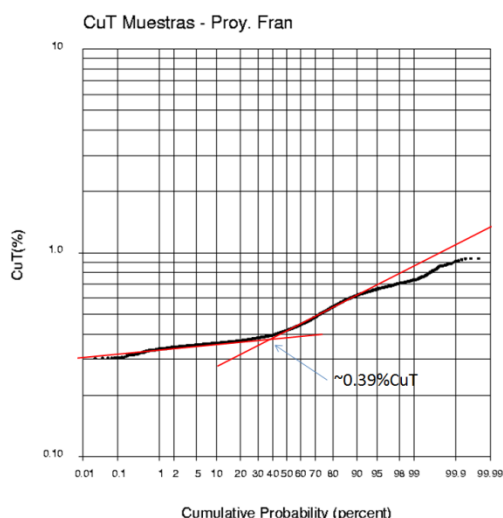


Gráfico 7, Gráfico log-probabilístico de leyes de cobre de zona de estudio.

El Gráfico 7 muestra el punto de inflexión de las leyes de cobre (0,39% CuT), este punto separa claramente dos poblaciones. Para el caso de estudio, denominaremos estéril la población de menor ley y mineral la población de mayor ley respecto de 0,39% CuT. El indicador, variable binaria compuesta de 0 y 1, quedará definido entonces con valores 0 para la población de estéril y 1 para la población de mineral.

6.2.2 Variografía

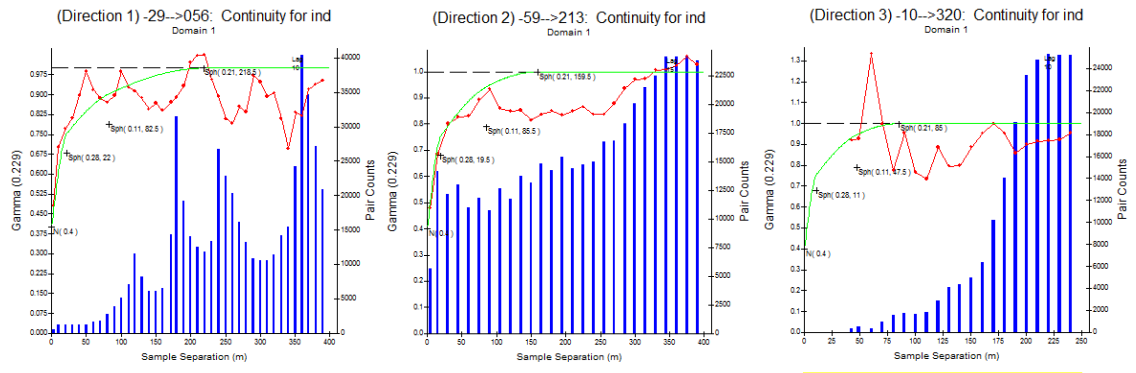


Gráfico 8, Variografía de leyes de cobre de zona de estudio

La variografía, es la herramienta de la geoestadística para determinar las tendencias principales de la continuidad de las leyes, direcciones de mayor correlación y anisotropías entre muestras, en la medida que se incrementa su separación. La variografía en conjunto con la ayuda de la descripción geológica disponible, definió las direcciones preferenciales y la anisotropía de las muestras dentro de la zona estudiada. El Gráfico 8 anterior, muestra la salida gráfica de la variografía obtenida.

El primer gráfico de izquierda a derecha, presenta el variograma realizado por la dirección principal, el gráfico del centro muestra el variograma de la dirección perpendicular a la principal y el tercer gráfico representa al variograma obtenido en la dirección perpendicular al plano definido por las dos direcciones anteriores.

La determinación de la variografía corresponde a la etapa más importante de este proceso DPT, en esta fase se determinan los alcances y direcciones principales del comportamiento de las leyes de la zona bajo estudio y con estos parámetros se elabora la estrategia de estimación de los indicadores, los que

asignarán la probabilidad, (entre 0 y 1 de estar sobre o bajo el umbral 0.39%CuT, que separa el estéril del mineral), a los bloques o nodos del modelo.

6.2.3 Kriging de Indicadores

Para realizar la estimación de probabilidades, se requiere construir un modelo de celdas, de tamaño tal que permita discretizar la zona bajo estudio a una malla regular de nodos representados por el centroide de cada celda del modelo construido. Con los parámetros de la variografía, como se indicó antes se elaboró la estrategia para asignar probabilidades.

Posteriormente, ya estimado el modelo con la información proveniente de los sondajes, se genera una serie de envolventes 3D de probabilidad con herramientas propias del software utilizado. La ventaja de esta metodología es que se pueden evaluar decenas de escenarios posibles de la morfología, ubicación y tendencias de la continuidad de las leyes que definen la zona mineralizada del depósito en estudio.

El Gráfico 9, muestra la disposición espacial de la información que se utilizará en la determinación de la geometría preliminar del cuerpo mineralizado que conforma el depósito en estudio.

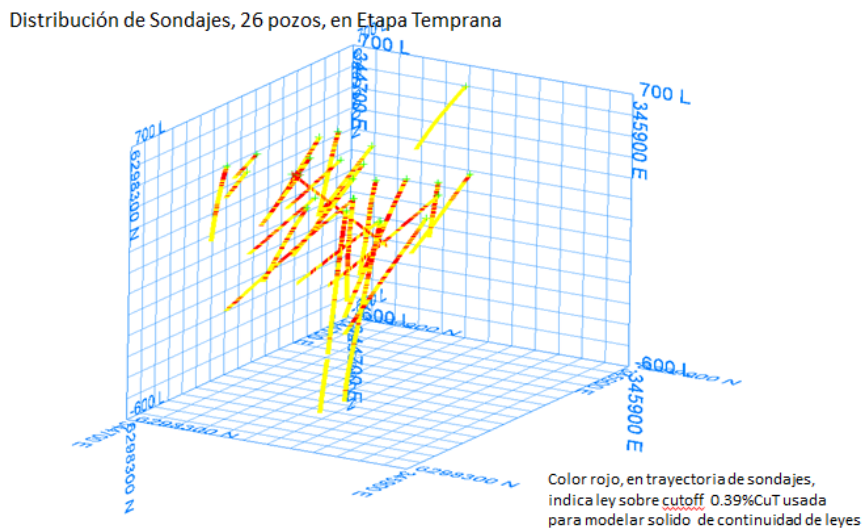


Gráfico 9, Detalle de la ubicación de campaña preliminar de sondajes.

Solido del Modelo Probabilístico de la continuidad de las leyes de Cobre

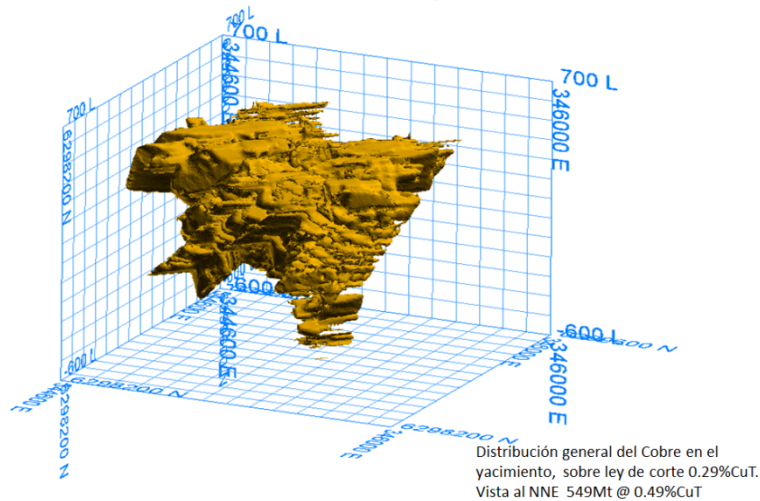


Figura 7, Envoltente 3D, de un escenario probable de la geometría del modelo mineralizado

La Figura 7, precedente, muestra una envoltente de probabilidad de la continuidad de las leyes de interés económico en 3D, de las múltiples posibles de generar con la metodología desarrollada en esta Tesis.

La envoltente 3D de probabilidad que mejor defina las características geométricas del depósito estudiado, es seleccionada, conjuntamente con los geólogos residentes del proyecto. Una vez seleccionada la envoltente, se promedian las leyes de las muestras contenidas en el volumen y con ello se obtiene la ley media global del potencial depósito, luego de multiplicar el volumen por la densidad promedio, se obtiene el tonelaje potencial del depósito o DPT.

Dentro de las tareas de selección de la envoltente que mejor dé cuenta del fenómeno geológico, se construyen secciones y plantas, donde se incorporan cortes de la envoltentes 3D proyectadas en conjunto con la temprana geología modelada en esta etapa inicial. La Figura 8, expone lo comentado.

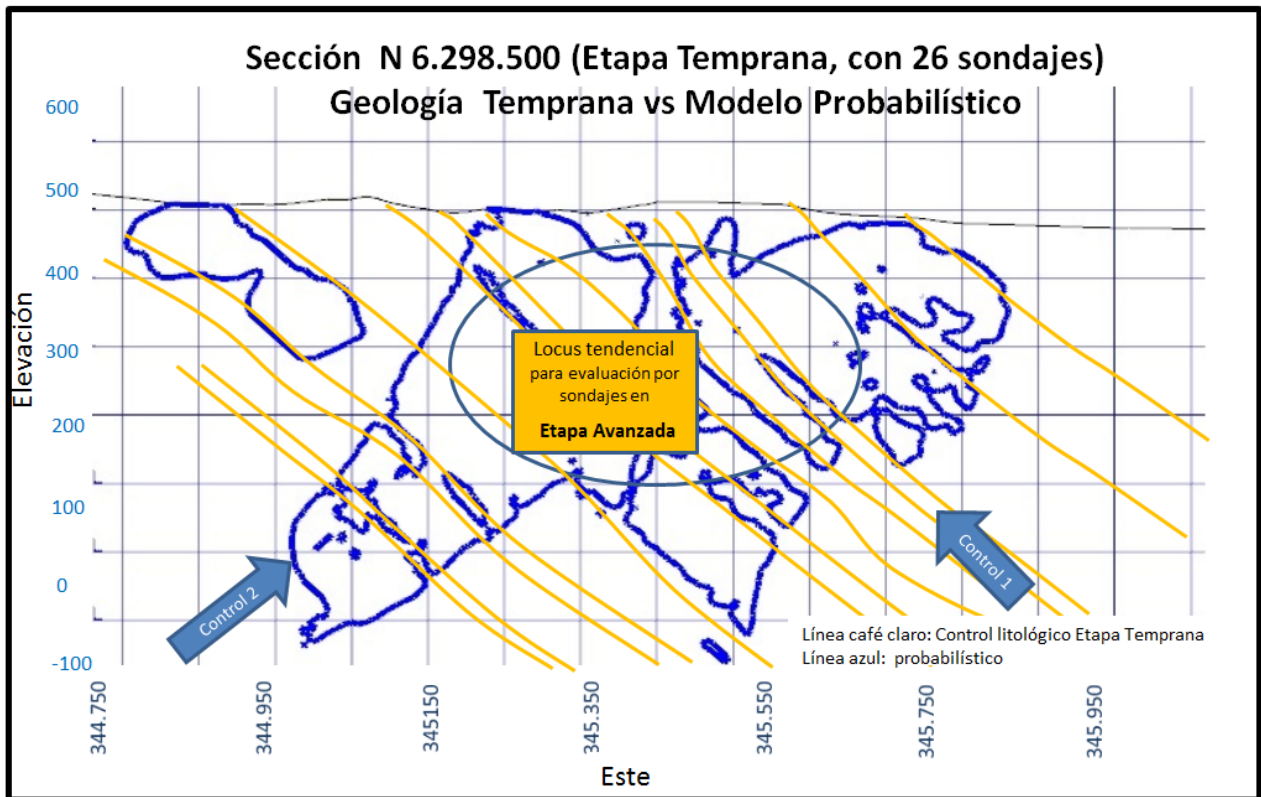


Figura 8, Sección con corte de envolvente 3D y geología temprana

En el caso de estudio, al culminar la etapa, se ha obtenido el primer producto definido por la primera parte de esta tesis: **“Definición de potencial tonelaje ley (DPT)”**, encontrándose para el depósito del caso de estudio un potencial del orden de: 500Mt @ 0.49% CuT, a un peso específico promedio de 2.65. Como se indicó en la definición de este producto, las empresas cuya estrategia está enfocada a identificar y alcanzar un determinado volumen, con ley y tonelaje determinado, con DPT tienen una herramienta eficaz, para ir determinando paso a paso las dimensiones del potencial depósito y programar mejor otras inversiones relacionadas a su reconocimiento y evaluación.

6.3 Definición de potencial económico (DPE)

6.3.1 Kriging Ordinario

El segundo producto de la primera parte de la tesis está enfocado a valorizar económicamente el mineral definido por el modelo de envolvente 3D y determinado por la herramienta DPT, que finalmente fue seleccionado como el óptimo. Con esta información, la empresa dueña u operadora del proyecto estará en condiciones de evaluar la continuidad de la exploración o negociar opciones de joint venture o venta temprana del proyecto minero.

En esta fase DPE de valorización económica, se realiza la estimación a nivel de unidad local (bloque) de la ley de cobre del mineral o los minerales del depósito. Es decir, se discretiza el modelo 3D en un modelo de bloques regulares (aunque dependiendo de la morfología del cuerpo en cuestión, estos también pueden ser irregulares), y a cada uno de ellos se le estima su ley media mediante el método del Kriging ordinario.

La estimación que se realiza corresponde a un proceso estándar para la estimación de recursos dentro de la industria minera y no reviste la mayor complejidad. Se hace también con un peso específico promedio de 2.65.

Realizada la estimación de leyes de los cuerpos modelados, se obtuvo que el potencial para el depósito del caso de estudio es de: 544Mt @ 0.49%CuT a ley de corte de 0.40%CuT.

6.3.2 Valorización Económica del Depósito de Estudio

Dadas las características del depósito, en cuanto a geología, tonelaje, ley, ubicación, etc. este se evaluará económicamente, obteniendo los parámetros técnicos-económicos-ambientales de otros depósitos de características similares.

El Gráfico 10, muestra los principales depósitos de cobre en América y su relación tonelaje-ley. A pesar de que el gráfico no está actualizado al 2013, muestra la importancia relativa del hallazgo del depósito del caso de estudio, presentado mediante un cuadrado rojo de tamaño mayor.

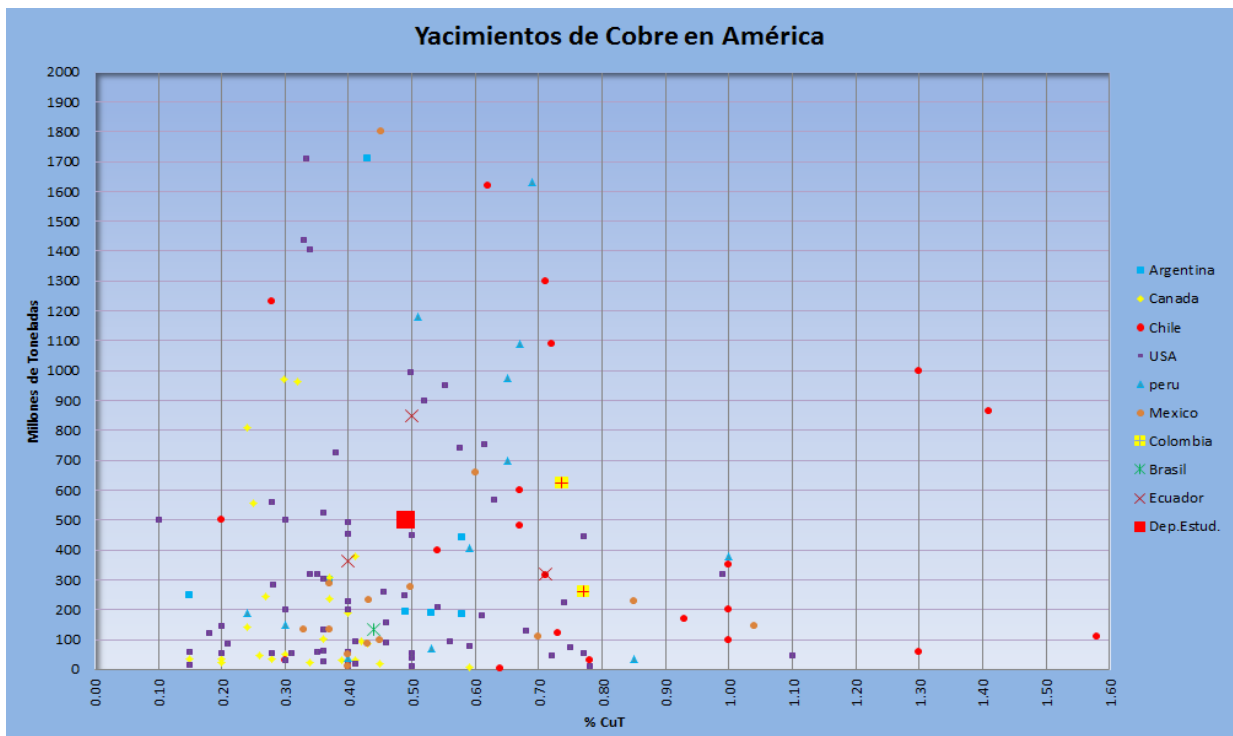


Gráfico 10, Principales Yacimientos de cobre en América

6.3.3 Selección de Parámetros Económicos

La selección de los parámetros económicos de un yacimiento análogo al depósito en estudio, fueron obtenidos a partir de información de minas en operaciones de características similares en cuanto a geología y tonelaje ley. Un yacimiento de características similares, se observaron en un depósito en operaciones de la cuarta región del país

Dada las particularidades del depósito del caso de estudio, su extracción deberá realizarse a cielo abierto, dado que, es un yacimiento cercano a la superficie, lo que determina una pequeña cobertura superficial y en consecuencia, una menor remoción de material estéril para exponer los materiales de interés económico. El potencial volumen de mineral factible de extraer económicamente requiere conocer una serie de parámetros técnicos, tal como, recuperaciones metalúrgicas, topografía base y ángulos de talud y

otros de orden económico como son los costos de proceso y precios de productos.

Los parámetros técnicos y económicos, obtenidos del yacimiento en operaciones y de características similares al depósito del caso de estudio son los siguientes:

Costo Mina	1.6\$US, tonelaje movido
Costo Planta	7.5\$US toneladas mineral
Costo General y Administración	0.9\$US (CP+ CGA: 8.5\$US)
Costo Venta	0.3\$US/libra
Movimiento Máximo Mina	30.000.000ton/año
Movimiento Planta	20.000.000ton/año
Recuperación	0.88%
Angulo Talud	45°
Precio	2.8\$US/libra

Tabla 1, información de depósito análogo

Estos antecedentes fueron ingresados en el software Whittle®, para determinar el material económicamente extraíble y con ello el VAN del proyecto.

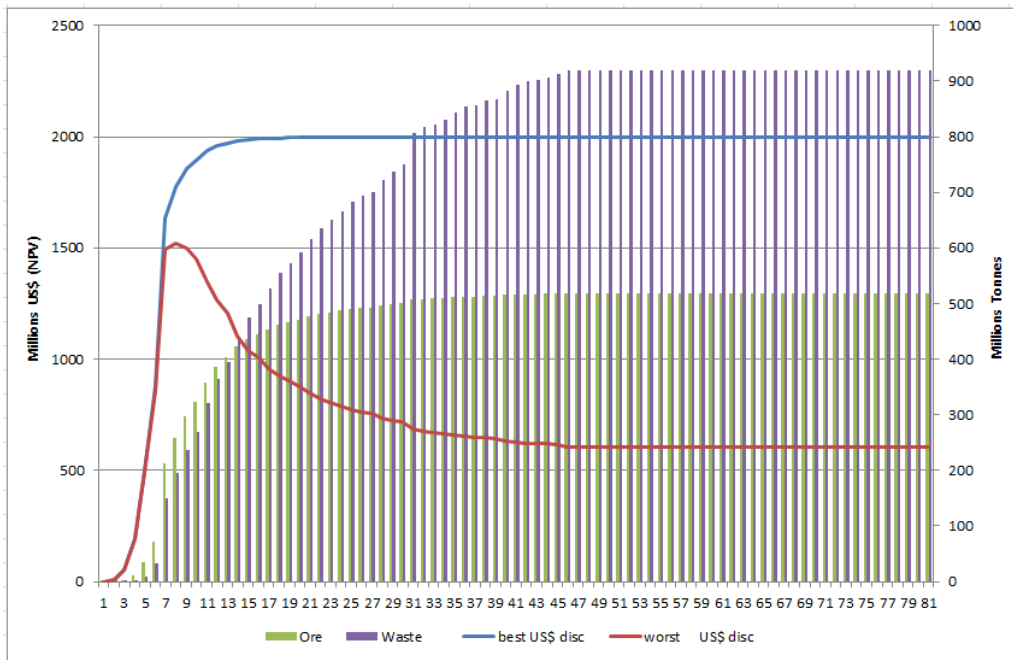


Gráfico 11, Resultado de optimización

Los resultados de la optimización son presentados en el Gráfico 11 , se observa que a partir del pit 15 la curva del mejor caso, optimista, indica un van cercano a los 2,000 \$US millones.

El resultado de la optimización, para el precio base de 2.8\$US/libra, entregó un pit de 500 Mton de mineral con una ley media de 0.49% CuT y una razón lastre/mineral de 1.51.

La serie de pit anidados y el pit óptimo al precio base de 2.8\$US/libra, se observan en la siguiente tabla:

Final pit	Open pit cashflow best US\$ disc	Open pit cashflow worst US\$ disc	Ore input best	Waste best tonne	Mine life years best	Units to process CUT best	Grade ground CUT best	Strip ratio best
1	44,461	44,461	2,078	9	0.0	1,345	0.6475	0
2	1,611,293	1,611,293	78,528	13,519	0.0	49,871	0.6351	0.17
3	17,200,897	17,200,897	915,528	119,108	0.0	548,893	0.5995	0.13
4	74,932,157	74,932,157	4,329,360	603,139	0.2	2,489,687	0.5751	0.14
5	265,013,129	265,013,129	17,418,036	3,982,727	0.9	9,659,601	0.5546	0.23
6	516,261,214	515,364,240	37,415,997	10,170,724	1.9	20,201,369	0.5399	0.27
7	882,194,157	859,525,246	72,119,226	31,973,003	3.7	38,488,010	0.5337	0.44
8	1,628,409,256	1,492,471,943	210,173,626	148,270,871	12.8	109,989,989	0.5233	0.71
9	1,745,487,393	1,526,966,109	247,069,576	181,633,625	15.1	128,543,660	0.5203	0.74
10	1,833,759,160	1,506,974,408	284,794,976	223,227,922	17.8	147,243,483	0.517	0.78
11	1,881,762,743	1,477,280,614	312,299,326	252,913,166	19.7	160,290,145	0.5133	0.81
12	1,924,027,355	1,384,308,136	344,152,326	300,122,273	22.3	175,609,853	0.5103	0.87
13	1,948,113,203	1,319,566,755	368,344,176	335,544,834	24.3	186,807,098	0.5072	0.91
14	1,965,494,469	1,248,336,602	390,858,576	372,761,060	26.3	197,094,861	0.5043	0.95
15	1,973,766,635	1,202,185,897	403,787,926	398,086,719	27.5	203,011,174	0.5028	0.99
16	1,983,061,880	1,099,461,406	422,430,676	441,333,101	29.6	211,613,557	0.5009	1.04
17	1,988,385,776	1,039,381,795	435,704,526	475,867,469	31.1	217,762,348	0.4998	1.09
18	1,991,158,527	1,007,749,152	443,654,526	497,637,334	32.1	221,386,071	0.499	1.12
19	1,992,955,522	979,637,637	449,577,276	515,833,395	32.9	224,107,180	0.4985	1.15
20	1,995,295,940	934,593,014	458,457,426	546,123,342	34.2	228,208,353	0.4978	1.19
21	1,996,565,104	907,701,780	464,775,026	567,663,534	35.2	231,042,319	0.4971	1.22
22	1,997,379,664	882,729,438	469,375,426	586,106,455	35.9	233,166,757	0.4968	1.25
23	1,997,940,815	868,411,505	472,902,576	599,656,850	36.5	234,726,595	0.4964	1.27
24	1,998,676,320	838,252,915	478,480,826	624,154,798	37.5	237,268,971	0.4959	1.3
25	1,999,011,107	819,787,748	481,785,376	639,613,006	38.1	238,770,327	0.4956	1.33
26	1,999,239,662	806,356,313	484,138,576	651,066,064	38.6	239,836,758	0.4954	1.34
27	1,999,455,730	792,649,884	486,862,776	664,972,293	39.2	241,068,134	0.4951	1.37
28	1,999,638,767	777,202,854	489,610,826	680,196,869	39.8	242,324,637	0.4949	1.39
29	1,999,725,916	768,629,800	491,253,826	689,364,986	40.1	243,062,535	0.4948	1.4
30	1,999,786,484	761,544,652	492,541,726	696,530,016	40.4	243,629,340	0.4946	1.41
31	1,999,838,668	751,109,084	494,118,476	706,375,396	40.8	244,342,488	0.4945	1.43
32	1,999,912,314	732,637,869	497,226,926	726,908,323	41.6	245,760,888	0.4943	1.46
33	1,999,934,411	724,437,319	498,819,576	739,108,738	42.0	246,530,498	0.4942	1.48
34	1,999,954,326	712,778,574	500,984,626	755,620,041	42.6	247,549,324	0.4941	1.51

Tabla 2, Serie de Pit (rajos) anidados

De la Tabla 2, anterior, de los resultados de la optimización se puede obtener:

- El pit 34 es óptimo para el precio 2.8\$US/libra
- El pit 34 contiene 500 Mton @ 0.49% CuT de Mineral y 775 Mton de Lastre.
- El fino de Cu contenido en el pit 34 es de 2.18 Mton con 88% de recuperación.
- El valor económico del pit 34 (DCF), es de 1,999 MUS\$ @ 10%, para un nivel de producción de 30Mton/año y alimentación a planta de 20Mton/año, lo que no considera inversión inicial
- Vida de la mina de 42.6 años para el pit 34.

Si bien el pit 34 es el que nos entrega el mejor VAN, es indudable que a partir del pit 15 nos entrega un valor cercano al óptimo, si se escoge el pit 15 hay una disminución del 1.3% del VAN pero se obtiene solo en 27.5 años, es decir en un 35% menos del tiempo.

El pit 9, es el que tiene un menor riesgo con respecto a los posteriores ya que es donde el peor caso alcanza el máximo, este disminuye el 12.7% el VAN y se obtiene en 15.1 años, es decir, un 64% menos de tiempo.

Por lo tanto, El pit óptimo para el negocio dependerá de los indicadores que para el propietario sean importantes y se debe generar una jerarquía entre ellos para proceder a la elección correcta de pit final, sin embargo, queda demostrado que existe un proyecto viable de extracción de cobre por rajo abierto y es necesario generar estudios con mayor detalle para poder ajustar el valor del negocio.

La Figura 9, abajo, muestra imagen del pit óptimo y la parte del cuerpo mineralizado susceptible ser extraído con potencial beneficio económico para para la empresa. Se observa que solo una parte del cuerpo logra "flotar", es decir, provoca beneficios, por lo que el resto del cuerpo representa una oportunidad de incrementar el volumen, tonelaje y ley del depósito a través de la redefinición de la campaña de sondajes en las etapas siguientes de la exploración.

Como se puede apreciar, se ha demostrado que con la utilización de esta nueva metodología, y sus herramientas DPT y DPE, se puede obtener ya en las etapas primarias de la exploración, la morfología del cuerpo mineralizado, el potencial tonelaje/ley y el potencial económico del depósito explorado.

Son destacables las oportunidades que surgen de la obtención de información confiable para continuar con los trabajos de exploración avanzada del depósito. Conociendo la morfología y límites aproximados del cuerpo mineralizado, con niveles de incertidumbre razonables, es posible optimizar el costo de perforación reposicionando, con esta información, las futuras campañas de sondajes, cuyo costo es significativo en esta etapa, por la información capturada a través del pozo y por la oportunidad de esta, en su contribución al conocimiento del depósito.

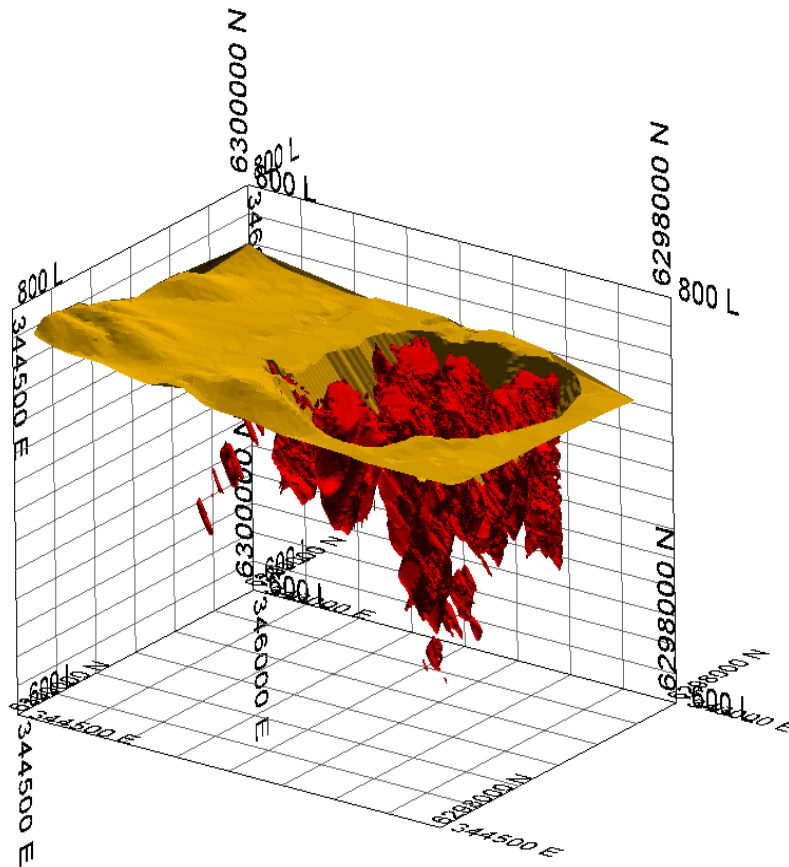


Figura 9, Pit optimo Recursos Potenciales

6.4 Análisis de Costos

El análisis comparativo de los costos al utilizar las herramientas propuestas por esta tesis versus los costos derivados de la metodología tradicional, ya sea realizada internamente por la empresa de exploración o por intermedio de una empresa consultora permite determinar las ventajas de la metodología desarrollada en este trabajo. Fue realizado con el fin de comparar los beneficios presentes, tanto en costo como en tiempo, que derivan de la obtención de la información relevante para la toma de decisiones de la compañía a partir de los productos DPT y DPE.

El análisis comparativo realizado estuvo sujeto a algunas restricciones de tipo práctico.

- La comparación es realizada sólo para el producto DPT (definición del potencial tonelaje/ley del depósito), ya que éste es el producto obtenido mediante la aplicación de la metodología estándar, específicamente durante la etapa primaria de la exploración de un depósito, que es el horizonte de aplicación del servicio y su producto DPT.
- Se considera, para la comparación, un horizonte restringido de 3 meses. Esto dado que el producto comparado, es obtenido generalmente durante este tiempo de trabajo, según lo indica el juicio experto de profesionales de la exploración.
- Para reducir el número de variables involucradas en la evaluación tradicional, se consideró solamente el costo de los honorarios de los profesionales involucrados y el costo del software prorrateado en el plazo de un año.
- La data técnica considerada para la ejecución del servicio corresponde a la información de topografía de superficie, registros de sondajes y a la información preliminar de la geología de superficie.

Para el análisis de comparación, también se consideró los siguientes supuestos:

Empresa, costos internos

- La empresa deberá mantener su staff durante la duración del proyecto.
- La empresa en esta etapa no define el potencial económico del proyecto, sino sólo la evaluación del tonelaje y ley del proyecto..
- El producto es entregado, en un tiempo de 3 meses, y corresponde, como se dijo arriba, a la definición del potencial tonelaje/ley del depósito.

Empresa Consultora

- Los costos y tiempos de la empresa consultora son los mismos de la empresa cliente, para la generación del producto.

- Se asume que el consultor cargara impuestos y utilidades a los costos, estos son del orden del 12.5% para impuestos y 12.5% para utilidades.
- El producto entregado, en un tiempo de 2 a 3 meses, y corresponde al potencial tonelaje/ley del depósito.

DPT

- Esta herramienta reduce drásticamente el número de profesionales y el tiempo requerido, además los costos se reducen a un 43%, respecto de los costos del cliente en la obtención del producto DPT.
- Producto es entregado en menos de un mes y corresponde también al potencial tonelaje/ley del depósito.

La Tabla 3, resume y detalla lo expuesto en los costos involucrados en la obtención del producto potencial tonelaje/ley del depósito, según el método estándar ya sea por la empresa misma, por medio de un consultor y mediante el uso de la herramienta DPT, desarrollada en esta tesis.

Descripción	Metodología Actual			Consultor		Producto Tesis	
	US\$/mes	Nro meses	Costo Método std	US\$/mes	US\$ Costo Total	US\$ DPT	US\$ DPE
Profesional Certificado	40,000	1	40,000	40,000	40,000	60,000	80,000
Topografo	4,167	3	12,500	4,167	12,500	2,083	2,083
Jefe Geologia	13,000	3	39,000	13,000	39,000	0	0
Administrador	2,700	3	8,100	2,700	8,100	6,000	8,000
Geologo 1	7,000	3	21,000	7,000	21,000	0	0
Geologo 2	7,000	3	21,000	7,000	21,000	0	0
Ayudante 1	2,200	3	6,600	2,200	6,600	0	6,600
Ayudante 2	2,200	3	6,600	2,200	6,600	0	0
Dibujante-Base de Datos	3,200	3	9,600	3,200	9,600	3,200	3,200
Sub Total	81,467		164,400	81,467	164,400	71,283	99,883
Impuesto + utilidad				20,367	41,100		
Total	81,467			101,833	205,500	71,283	99,883
Otros Costos (sfw)	3,750	3	11,250	3750	11250	5,000	10,000
Total			175,650		216,750	76,283	109,883

Tabla 3, Costos de generar producto "Potencial Tonelaje/Ley"

Como se aprecia en la Tabla 4, el ahorro de costos, que significa la utilización de la herramienta propuesta es evidente entre las tres metodologías comparadas.

Metodología	Periodo		
	mes 1	mes 2	mes 3
Empresa			
Consultor			
DPT			

Tabla 4, Tiempo requerido por método, para la obtención del producto

Como se observa en la Tabla 4, el método propuesto por esta tesis en la herramienta DPT, ocupa en entregar un producto de similares características con los comparados, empresa y consultor, una significativa reducción del tiempo respecto de estas.

6.5 Comentarios Adicionales

La metodología usada por la empresa o por medio de una consultora, entrega el modelamiento geológico del proyecto, modelamiento requerido para llegar a través de él, al producto principal que es la definición del potencial tonelaje/ley del depósito. Los modelos geológicos son obtenidos en un periodo no inferior a tres meses.

En general el geólogo no modela directamente la continuidad de las leyes, no las ve directamente, modela geología (litología, alteración, mineralización, etc.) y el resultado es la definición de límites de zonas geológicas que pueden hospedar mineralización o no. A partir de estos límites se generan diversos volúmenes en el depósito, denominados unidades de estimación. A estas unidades posteriormente se les asignan las leyes del mineral estudiado.

La herramienta DPT con el propósito de reducir el costo y el tiempo requeridos para llegar al producto final tonelaje y ley, ocupa un enfoque tipo "Back Planning". Este enfoque, consiste básicamente en posicionarse en el producto final y desde ahí recorrer y revisar hacia atrás, cada uno de los pasos requeridos para la consecución del fin. Esta secuencia (o los pasos analizados en cada caso), no tiene por qué ser única, pues varios caminos o recorridos, pueden llevar al producto final previamente definido, (14).

La Figura 10 muestra gráficamente lo expuesto acerca del "Back Planing"

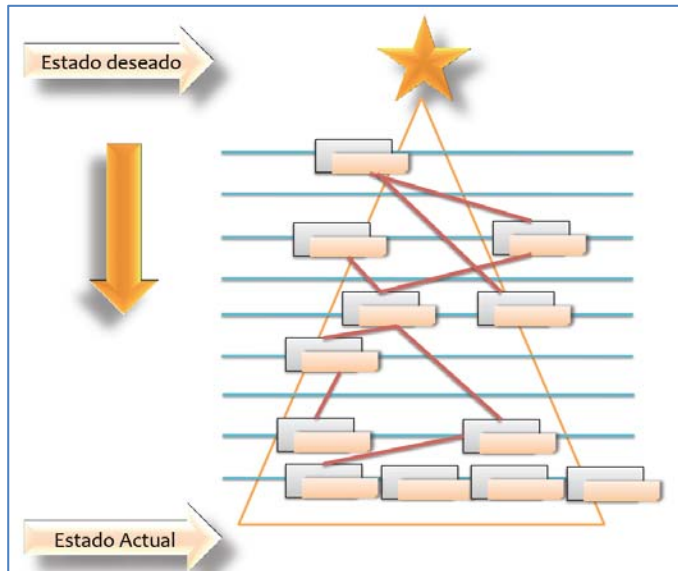


Figura 10, Back Planing

Secuencia seguida en la obtención del producto:

- Paso 1 obtener el producto final, mediante la definición del volumen de los cuerpos mineralizados usando técnicas geoestadísticas.
- Paso 2, con la información obtenida tomar la decisión de continuar, aplazar o descartar
- Paso 3, si la decisión es continuar, se debe utilizar el modelo de leyes en asociación con la geología mapeada de los sondaje o de superficie, además de información estructural, geo-metalúrgica, geotécnica, etc. que se incorporará al modelo geológico definitivo cuyo uso entonces dará paso a una estimación de recursos final.

Como se ha explicado aquí, la metodología DPT, dado que tiene la habilidad para "ver la continuidad de las leyes" y modelarlas, permite dimensionar anticipadamente el potencial del volumen y morfología de los cuerpos mineralizados, características que definen las leyes de interés económico en una etapa primaria y con información básica, lo cual es la necesidad de la compañía exploradora.

7. CONCLUSIÓN

El producto, particularmente la herramienta DPT desarrollada en esta tesis, demuestra que el cambio innovador propuesto en el enfoque del tratamiento de la información primaria de un proyecto de exploraciones mineras, es posible, ya que entregó un resultado de similares características en cuanto a la definición del potencial tonelaje/ley de un depósito, respecto al entregado utilizando la metodología tradicional.

Además representa una oportunidad de negocio interesante y rentable al ser transferido al cliente como un nuevo servicio, como en este caso, a través de la empresa asesora Core Mining Studies, mediante una nueva empresa ad hoc, la que se generó bajo el modelo de negocios Spin-off.

La empresa cliente, receptora del servicio ofrecido, también se beneficia al contar con información confiable en un tiempo reducido y a un costo muy razonable, lo que le permitirá evaluar informadamente el re-direccionamiento de los flujos de inversión. La siguiente Tabla 5, muestra lo expuesto.

Resumen Comparativo de Costos				
Método STD	Consultor	DPT	DPE	DPT+DPE
175,650	216,750	76,283	109,883	186,167
100%	123%	43%	63%	106%

Valores expresados en dólares americanos

Tabla 5, Resumen Costos

La Tabla 5 , precedente, en su segunda línea muestra en porcentaje el costo que significa determinar el potencial tonelaje/ley de un proyecto en la fase inicial de la exploración. En esta tabla se ha tomado como referencia la evaluación del potencial tonelaje/ley en forma interna por la empresa de exploración. Se aprecia que este trabajo al realizarlo a través de un consultor, resulta un 23%, más caro, mientras que al realizarlo con la utilización de la nueva herramienta, el valor de esta evaluación solo alcanza el 43% del valor utilizado como referencia.

Otro aspecto importante de tener en cuenta y que emana de los datos presentados en la tabla mencionada, se refiere a que la suma de las herramientas DPT y DPE, esta última no comparada en el análisis de costo

precedente, dado que está fuera del alcance de la empresa de exploración en esta primera etapa, solo representa un incremento del 6%, incremento que es mínimo si se considera, que con esta información, se puede ya en esta etapa, conocer si el proyecto, de acuerdo a la definición estratégica de la compañía, es viable o no.

Es importante señalar que un beneficio adicional y destacable del uso de la herramienta DPT lo constituye el conocer, en una primera etapa de la exploración, los límites laterales y en profundidad de los cuerpos mineralizados con una incertidumbre razonable.

El conocimiento con antelación de los límites de los cuerpos mineralizados es clave, ya que permite redefinir de manera continua y durante la marcha de esta etapa la estrategia de perforación. El costo más relevante en un proyecto exploratorio lo constituyen los metros de sondajes. Como se observa, contar con información oportuna permite rápidamente orientar la posición y dirección de los sondajes y la profundidad de éstos en función de la morfología de los cuerpos modelados, permitiendo una mejor utilización de los recursos económicos destinados a estas tareas.

Esta estrategia puede ser usada cada vez que se actualicen mediante esta rápida y eficiente metodología las envolventes 3D que definen los cuerpos mineralizados en función del análisis de la continuidad de las leyes del mineral de interés económico.

En cuanto al modelo de negocio de la empresa spin-off creada para desarrollar las herramientas DPT y DPE, es necesario considerar que aunque no está dentro del alcance de esta tesis evaluar la proyección del tamaño esperado para el nuevo negocio, una vez superado el ámbito del diseño y las pruebas iniciales en el mercado, se estima, considerando la proyección del negocio, que junto con fidelizar a los clientes, se deberá diseñar la infraestructura y dinámica adecuada para soportar la generación de la nueva demanda, posibilitar la entrega de los servicios e implementar las mejoras que sin duda ocurrirán en los productos y se generarán en función de los requerimientos de los clientes locales o internacionales.

Es importante que el diseño de la nueva infraestructura sea dinámico y adaptable, de manera que la nueva empresa pueda soportar los distintos ciclos económicos/productivos de las actividades mineras en general y de la

exploración, en particular, los que a veces pueden estar desfasados parcialmente, pero también llegan a ocurrir de manera simultánea, pudiendo impactar negativamente la proyección postulada de los negocios.

La nueva empresa, con una mirada de futuro destinada a sustentar entonces su desarrollo bajo diferentes condiciones del mercado, deberá hacerse cargo también, de un proceso continuo de retroalimentación y ajuste basado en el estudio de la industria y de sus clientes, con el propósito de desarrollar soluciones innovadoras, a través de mejora e innovación en sus productos y herramientas y/o desarrollando soluciones específicas para cada cliente y sus necesidades particulares.

GLOSARIO

Geoestadística	Palabra inventada por Georges Matheron en 1962, para referirse a la estadística que considera la ubicación espacial de las muestras.
Kriging	Es un método geoestadístico de estimación de puntos que utiliza un modelo de variograma para la obtención de datos. Calcula los pesos o ponderadores que se darán a cada punto de referencias usados en la valoración.
Ley	Cantidad de un elemento en una roca con mineral de mena.
Mena	Minerales que contienen el elemento de interés, y de los cuales es posible extraerlo con beneficio económico.
Mina	Es un yacimiento en el cual es posible realizar la extracción de un mineral o elemento con un beneficio económico.
Mineral	Sustancia de origen natural con estructura ordenada y composición química dentro de un rango definido.
Variograma	Herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida, obteniendo como resultado la influencia de los datos a diferentes distancias.
Yacimiento/Depósito	Zona o cuerpo de concentración de recursos minerales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Torries, Thomas F. 1998 Evaluating Mineral Project: Applications and Misconceptions, Englewood, Colorado. Society for Mining, Metallurgy, and exploration, Inc.(SME)
2. Camus, Francisco y Ossandón, Guillermo. 2012. MBA MINERIA Módulo I: Negocios Mineros. Santiago. Universidad de Chile, 2012
3. Wikipedia. Desarrollo de un nuevo producto [en línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_de_un_nuevo_producto> [consulta: 19 febrero 2014]
4. Rachman, D., Mescon, M., Bovée, C. y Thill, J. 2001 Introducción a los Negocios. Enfoque Mexicano, octava edición. México, McGraw-Hill
5. Monografias.com. Conceptos básicos para el desarrollo de nuevos productos [en línea] <<http://www.monografias.com/trabajos67/desarrollo-nuevos-productos/desarrollo-nuevos-productos.shtml>> [consulta: 19 febrero 2014]
6. Monografias.com. Mezcla del marketing [en línea] <<http://www.monografias.com/trabajos96/mezcla-del-marketing/mezcla-del-marketing.shtml>> [consulta: 24 febrero 2014]
7. Monografias.com. Marketing de servicios [en línea] <<http://www.monografias.com/trabajos6/mase/mase.shtml>> [consulta: 24 febrero 2014]
8. Universia, Spin-off: una nueva forma de emprender, una forma de investigar [en línea] <<http://profesores.universia.es/investigacion/spin-off/>> [consulta: 26 febrero 2014]
9. Universidad de Granada, Spin-Off [en línea] <<http://spinoff.ugr.es/cms/menu/info-otri/spin-off-que-son-y-para-que-sirven/>> [consulta: 26 febrero 2014]
10. Osterwalder, Alexander y Pigneur, Yves. 2011 Generación de Modelos de Negocio. Deusto.

11. Cortés, Juan y Gallardo, Gabriel. 2013. MBA MINERIA, Habilidades Directivas_Sesion 3. Santiago. Universidad de Chile.
12. Thompson and Strikland. 2001. Administración Estratégica, Conceptos y Casos. México, McGraw-Hill.
13. Pan, Guocheng, 1995. "Probability-assigned constrained kriging for precious metal reserve modeling", Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc, Transaction Vol. 296 / pag. 1916 , 1924
14. Suárez, Gastón. 2013. MBA MINERIA, Back Planning Magister. Santiago. Universidad de Chile.
15. Alfaro, Marco, 2007 Estimación de Recursos Mineros. Santiago Universidad de Chile.
16. W. Hustrulid, M. Kuchta, 1995 Open Pit Mine. Planning & Design A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
17. Pan, Guocheng, DeVerle P. Harris, 2000 Information Synthesis for Mineral Exploration, Madison Avenue, New York. Oxford University Press, Inc.
18. Goovaerts Pierre, 1997 Geostatistics for Natural Resources Evaluation, Madison Avenue, New York. Oxford University Press, Inc