

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**ELABORACIÓN DE MODELOS GEOLOGICOS,
MODELAMIENTO A LARGO Y CORTO PLAZO**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

Bach. HEBER RIVERA CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO-PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mis padres Juan Rivera y Justina Choque (QEPD) que siempre me apoyaron y desearon lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida, quienes me enseñaron desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es el de ustedes, ¡los amo!

*A mí querida hermana Margot,
mis hermanos Raúl y Jorge,
¡Gracias! por el apoyo
incondicional.*

A mi esposa Yovana, quien me brindo, su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante.

AGRADECIMIENTO

A mis padres que me han dado la existencia; y en ella la capacidad para superarme, por todo su amor, comprensión y apoyo pero sobre todo gracias por la paciencia infinita que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado, algunas buenas, otras malas, otras alocadas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano.

Dedico este trabajo a la Facultad de Ingeniería de Minas, a todos los docentes por la formación académica-profesional que me brindaron, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

A la Universidad Nacional del Altiplano, mi Alma Mater de la cual me siento muy orgulloso por haberme abierto sus puertas para ser una mejor persona y un buen profesional.

En estas líneas quiero agradecer a la empresa IAMGOLD Perú S.A. y a los ingenieros que laboraron por haberme brindado la información para hacer posible este artículo de investigación científica.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.1. UBICACIÓN DE LUGAR DE ESTUDIO.	11
2.2. Fase I. Recopilación de la información.....	12
2.2.1. Modelo geológico.....	12
2.2.2. Planificación minera.....	13
2.2.3. El proceso de planificación minera	13
2.2.4. Etapas de la planificación minera.....	14
2.2.5. Planificación a largo plazo.....	14
2.2.6. Planificación a corto plazo.....	14
2.3. Fase II. Revisión geológica del yacimiento.....	15
2.4. Fase III. Elaboración del modelo geológico.....	17
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
IV. CONCLUSIONES.....	19
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

TEMA: Diseño y planeamiento en minería

ÁREA: Ingeniería de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20 de noviembre de 2019

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programa total de perforación, Coordenadas UTM, PSAD 56, zone 19	16
Tabla 2. Resultados relevantes de cada pozo.....	18
Tabla 3. Resultados relevantes de cada pozo.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Metodología de la investigación	12
FIGURA 2. Programa de perforación IAMGOLD	17
FIGURA 3. Modelo de recursos	18
FIGURA 4. Modelo geológico software Leapfrog	19

**ELABORACIÓN DE MODELOS GEOLÓGICOS,
MODELAMIENTO A LARGO Y CORTO PLAZO**

**DEVELOPMENT OF GEOLOGICAL MODELS, SHORT AND
LONG TERM MODELING.**

Bach. Heber Rivera Choque
Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ingeniería de Minas
Dirección: Av. Floral 1153, Ciudad Universitaria
Correo electrónico: hrivera.yoisa@hotmail.com, Fono: 964010110

RESUMEN

El presente trabajo de investigación permite elaborar un modelo geológico y comprender mejor las condiciones de un determinado cuerpo mineralizado, permite identificar los problemas geotécnicos, características estructurales y hacer más realista la estimación de recursos de una posible mina; para la presente investigación se utilizó la información obtenida de la campaña de sondajes de la concesión “EL PODEROSO 2” como la base de datos creada a partir de las campañas de los años 2014-2015, el objetivo principal de los modelos geológicos es la estimación de reservas de un depósito mineral, los modelos geológicos se diseñan tanto con método clásicos como modernos, tienen impacto directo en las operaciones con el cálculo de reservas, interpretaciones geológicas, análisis, estadísticas y otros datos. Mediante la comparación con razonamientos y conceptos geológicos vistos en un cuerpo mineralizado, se ve si son convenientes las operaciones geológicas del modelo, para lo cual se requiere de un cuidadoso y constante análisis de resultados. Los métodos empleados en la presente investigación son: experimental descriptiva y de modelación, se resuelve que el éxito de los proyectos de exploración y minería depende de la comprensión integral de la geometría 3D de cada depósito mineral y por tanto se llega a la conclusión que la elaboración de un modelo geológico es una de las primeras etapas para la estimación de recursos, que dependerá de los parámetros utilizados en el modelamiento y se valide este modelo geológico ya que resulta fundamental para la planificación de corto y largo plazo de una mina.

Palabras Claves: Modelo geológico, modelo tridimensional, recursos, planificación minera.

ABSTRACT

The present research work allows to elaborate a geological model and to better understand the conditions of a determined mineralized body, it allows to identify the geotechnical problems, structural characteristics and to make the resource estimation of a possible mine more realistic; For this research, the information obtained from the drilling campaign of the "EL PODEROSO 2" concession was used as the database created from the 2014-2015 campaigns, the main objective of the geological models is the estimation of reserves of a mineral deposit, geological models are designed with both classical and modern methods, they have a direct impact on operations with the calculation of reserves, geological interpretations, analysis, statistics and other data. By comparing with reasoning and geological concepts seen in a mineralized body, it is seen if the geological operations of the model are convenient, for which a careful and constant analysis of results is required. The methods used in this research are: descriptive experimental and modeling, it is resolved that the success of exploration and mining projects depends on the comprehensive understanding of the 3D geometry of each mineral deposit and therefore it is concluded that the Elaboration of a geological model is one of the first stages for the estimation of resources, which will depend on the parameters used in the modeling and this geological model is validated since it is fundamental for the short and long term planning of a mine

Keywords: Geological model, three-dimensional model, resources, mining planning.

I. INTRODUCCIÓN

Los modelos geológicos son representaciones de la distribución espacial de atributos geológicos y petrofísicos basados en la información fragmentaria y características geológicas como: litología, oxidación, mineralización, alteración y otros, que contienen algún mineral de interés económico (Au, Cu, Ag, Fe), el primer paso para la elaboración de un modelo geológico es el mapeo geológico que brinda información fundamental, que es obtenida de rocas superficiales, trincheras, sondajes, pero representan una proporción limitada del total del volumen del yacimiento; para lo cual se hace los sondajes mediante la perforación diamantina.

En cualquier operación minera, la comprensión de la geología del yacimiento y la roca caja son fundamentales para que la estimación de recursos, la ingeniería geotécnica, la planificación minera y de procesamiento de minerales sea exitosos.

Tal como señala Núñez-Parihuaman (2007) *“Los modelos geológicos, son representaciones gráficas de los cuerpos geológicos in situ. Estos modelos se obtienen a partir de las interpretaciones geométricas que el geólogo de campo hace a partir de los logueos de la perforación exploratoria”*.

Naranjo-Cabello (2017) indica que *“el modelamiento geológico consiste en la*

representación bidimensional o tridimensional de un volumen de rocas. Este puede representar la litología, mineralización, alteración u otro tipo de característica geológica del macizo rocoso. Es una parte fundamental en el procedimiento de estimación de reservas de un depósito”.

Como también señala Pérez-Strutz (2015) *“el modelamiento geológico es esencial para la evaluación de recursos, el diseño, la planificación minera y la definición del proceso metalúrgico a utilizar, dado que determina la extensión volumétrica y distribución espacial de unidades geológicas o geotécnicas que influyen de forma determinante sobre los procesos mencionados”*.

Los antecedentes para la presente investigación que se realizaron a través del tiempo : Núñez-Parihuaman (2007)-UNI, Oscar Ignacio Naranjo Cabello – (2007) Universidad de Chile, Pérez-Strutz (2015)- Universidad de Chile; todos estos estudios fueron tomados en cuenta para la presente investigación, estas investigaciones ayudaron en la comprensión de la elaboración de modelos geológicos.

Se Realizaron investigaciones en Chile, donde se afirma que el modelamiento geológico es esencial para la evaluación de recursos, el diseño, la planificación minera y la definición del proceso metalúrgico a utilizar, dado que determina la extensión volumétrica y distribución espacial de unidades geológicas o geotécnicas que influyen de forma

determinante sobre los procesos mencionados. (Romero-Baylón, 2015).

La elaboración de modelos geológicos sirve como pilar fundamental de un modelo de recursos y tiene el propósito de ayudar a evaluar con mayor exactitud un yacimiento y elegir el método de explotación, ya que se obtiene gran cantidad de información utilizada para la viabilidad del proyecto.

Bugueño-Canales (2017) indica que *“Por otro lado, un profesional no geólogo encargado de inversiones y finanzas toma la información entregada por el geólogo de mayor experiencia o a cargo de la unidad de exploración y define las prioridades dentro del portafolio de prospectos mineros. De esta manera se definen las futuras inversiones de exploración avanzada, que determinarán con mayor detalle los prospectos elegidos, y el valor de éstos por ende incrementará”*.

La hipótesis se basa en que a menor aplicación de modelos geológicos en la estimación de reservas de un proyecto mayor será la incidencia de error para la viabilidad de un proyecto minero.

según Romero-Baylón (2015) *“la gestión por procesos de extracción de minerales tiene relación directamente proporcional con el modelo geológico con el cual se ha cubicado la reserva de mineral en las operaciones unitarias”*

En este trabajo se presenta una visión generalizada de los procesos y se hace una propuesta de modelo para el yacimiento de la concesión “EL PODEROSO 2”.

El objetivo general es determinar la importancia de la elaboración y representación de un yacimiento 3D que demuestre que en un proyecto minero la elaboración de modelos geológicos, influye significativamente en futuras inversión del proyecto.

Los objetivos específicos son: la importancia del trabajo de gabinete en la elaboración de un modelo geológico, a partir de un modelo geológico se puede realizar la planificación minera y si los modelos geológicos son representaciones 100% reales.

Para la elaboración de modelos geológicos, mostrar la importancia y la interpretación de dicho modelo en la estimación de reservas y el impacto en la caracterización de la mineralización, interpretación, análisis y cuantificación de la información obtenida para una mejor interpretación geológica en la escala de la mina que mejora el control de ley, la planificación de la mina y la rentabilidad.

Estevez-Cruz, Gomez-Gonzales, & Cuador-Gil (2005) Llegan a la conclusión que *“La estimación de recursos/reservas no es más que la determinación, con el mínimo error posible, de la cantidad de mineral/metal existente en el yacimiento. Para ello el geólogo debe interpretar la geología del yacimiento, estimar*

el comportamiento espacial de los componentes útiles dentro del mismo y presentar la información a las partes interesadas haciendo uso de los sistemas de clasificación de recursos y reservas”.

En conclusión, habiendo revisado y tomando en cuenta los antecedentes de los autores consideramos que es de vital importancia la elaboración de un modelo geológico de una zona mineralizada, para la estimación de reservas que nos permita viabilizar un proyecto.

En este contexto, resulta importante la investigación y se concluye que las estimaciones y el modelamiento se realizan utilizando herramientas informáticas que a su vez permite integrar en un mismo entorno, variables tales como la topografía de la zona, el tamaño, forma, orientación y distribución de la mineralización del depósito, lo que servirá para la toma de decisiones en el proceso de diseño y planificación de las labores mineras (Tituana-Barén, 2014).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN DE LUGAR DE ESTUDIO.

La concesión EL PODEROSO 2 están ubicada a 35 kilómetros al Oeste de la ciudad de Puno, dentro de las jurisdicciones de las comunidades campesinas de Cari Cari y Cahualla, de los distritos de Mañazo y Vilque, de la provincia y departamento de Puno a una altura promedio de 4,300 m.s.n.m.

Para la obtención de la data utilizada en esta investigación se hizo uso del análisis documental y el uso del análisis del contenido de toda la información recolectada en las campañas de perforación 2014-2015. El primero se empleó para la compilación de información técnica y se refieren a los aspectos teóricos a desarrollar en la presente investigación y se basa en documentación bibliográfica; por otra parte, el análisis de contenido se usó para obtener información puntualizada (datos y características) que se localizó dentro del informe, carpetas y reportes generados, programas, software, tanto de las actividades operacionales como la base de datos de la empresa.

Los materiales utilizados fueron: Máquina perforadora LF-70 para la recolección de datos de los testigos, computadora y/o laptop, Software minero, base de datos geológicos.

Los métodos empleados en la presente investigación son: experimental, descriptiva y de modelación porque se estudió los resultados del informe de la perforación realizada por la empresa IAMGOLD que permitió fundamentar la investigación. Además permite, explicar la razón y circunstancias en las que actúan los procesos de modelamiento del yacimiento en las unidades de análisis.



FIGURA 1. Metodología de la investigación

Fuente: Propia

2.2. Fase I. Recopilación de la información.

2.2.1. Modelo geológico.

Es una idealización de todo el yacimiento dividido en bloques de igual tamaño en 2D y 3D, donde cada bloque contiene toda la información necesaria.

Dicha información se basa en todos los sondajes, estudios metalúrgicos, modelos geológicos, estudios geotécnicos, hidrológicos, geofísicos, entre otros, que se hayan hecho previamente y que permitan contar con este modelo lo más cercano a la realidad que sea posible.

Adicionalmente, cada bloque se clasifica según su grado de confianza para la estimación de la

ley principal. Esta clasificación puede ser diferente en cada mina pero usualmente se emplean los términos “medido”, “indicado” e “inferido”. El material “medido” e “indicado” se emplea para hacer el diseño.

Es importante, también señalar que durante el proceso de modelamiento y de secuencia de la mina, la geomecánica juega un rol protagónico, validando y/o prediciendo los riesgos asociados al diseño y plan minero.

De esta manera, el estudio de los modelos constitutivos del macizo rocoso, el comportamiento del material quebrado - sometido a diferentes condiciones de esfuerzo y temporalidad- junto con nuevas técnicas para optimizar la envolvente económica y la

secuencia minera, son de vital importancia para incrementar el valor real del negocio minero.

También, se debe incorporar al modelo el conocimiento de la superficie topográfica en la zona del yacimiento y alrededores y otros antecedentes tales como posibles instalaciones existentes, zonas de restricción, propiedad superficial de los terrenos y propiedad minera.

2.2.2. Planificación minera.

Según Letelier-Maturana (2012) *“La planificación minera se define como el proceso de Ingeniería de Minas que transforma el recurso mineral en el mejor negocio productivo para el dueño (Rubio, 2006). Es decir, a partir del modelo de bloques entregado por geología, se construye un plan de extracción que cumpla con las restricciones correspondientes (geomecánicas, geometalúrgicas, etc) y que sea posible de llevar a cabo (accesos), tratando de maximizar el valor del proyecto”*.

Un aspecto importante, previo al modelamiento, es considerar el tamaño del bloque del modelo de recursos, lo que se conoce como la “selectividad” del método de explotación. Para el caso de un tajo abierto, la selectividad corresponde al mínimo tamaño de bloque que se puede seleccionar o separar físicamente de un bloque vecino y está determinada por la altura del banco y el tamaño de los equipos que se utilizarán.

Una vez que ya disponemos del modelo de bloques de recursos, se deben obtener lo que se

conoce como “reservas”; es decir, determinar todos aquellos bloques que son susceptibles técnicamente de extraer y tratar en la planta, produciendo un beneficio económico global al negocio.

De la misma definición de “reservas”, se puede intuir que ellas quedarán determinadas al comparar en cada bloque del modelo, el costo que representará su extracción y tratamiento en planta, con los beneficios o ingresos que cada bloque puede entregar.

2.2.3. El proceso de planificación minera

La planificación es un proceso fundamental en cualquier tipo de negocio. Esta puede ser descrita como una serie de etapas que buscan determinar qué metas debiera tener una organización, así como de determinar la forma de asignar y distribuir sus recursos para cumplir con las metas planteadas. Para aquello, se debe tener claridad sobre los objetivos o propósitos estratégicos de la organización, de manera de generar planes y metas capaces de cumplir con estos.

Aunque la planificación minera es esencialmente la misma que la planificación de cualquier otro tipo de negocio, esta posee una característica fundamental, y es que el valor del negocio minero se encuentra limitada al recurso minero conocido. Este recurso es un activo finito y complejo, donde sus atributos son

determinados a medida que se va invirtiendo en el mismo a lo largo del tiempo.

2.2.4. Etapas de la planificación minera

El proceso de planificación minera está dividido en distintas etapas que dependerán del nivel de detalle requerido para el plan, así como las distintas decisiones que deben tomarse en el tiempo para que este sea adecuado y esté alineado con los objetivos de la organización. El nivel de detalle definirá el tipo de planificación, que puede ser conceptual, perfil, pre-factibilidad, factibilidad, operacional, etc.

Al considerar el tiempo para el proceso de planificación minera, este puede dividirse en corto, mediano o largo plazo. El tiempo está relacionado con los grados de libertad que posee la operación. Mientras que para el corto plazo muchas variables se encuentran previamente definidas, y por lo tanto la planificación es más restrictiva, en la planificación de largo plazo la gran mayoría de las variables de decisión se encuentran abiertas, lo que permite incorporar explícitamente el estudio de las distintas estrategias de desarrollo que podría tomar la operación. En la planificación minera de corto plazo típicamente es utilizado un periodo de un año o menos (planes mensuales y semanales), mientras que la planificación minera de largo plazo considera al menos 5 años.

Tomando en cuenta la planificación minera de largo plazo, los planes mineros se pueden caracterizar a su vez como estratégicos o tácticos.

2.2.5. Planificación a largo plazo.

Letelier-Maturana (2012) define que *“en esta etapa de planificación se define el tamaño y vida de la mina, es decir, se definen las reservas a partir del modelo entregado por geología. Se determina el método, ritmo y secuencia de explotación. Para esto, se utilizan software de optimización”*.

2.2.6. Planificación a corto plazo.

Letelier-Maturana (2012) define que *“en esta etapa se produce retroalimentación hacia la planificación de largo plazo de modo de redefinir algunos conceptos y generar los proyectos que permitan alinearse con el plan minero. El aporte de la planificación de corto plazo al proceso de planificación es fundamental desde el punto de vista de la definición de indicadores operacionales (Rubio, 2006)”*.

Vargas -Vergara (2015) indica *“que mientras la planificación de largo plazo típicamente se encarga de maximizar el valor del proyecto, la planificación de corto plazo está comúnmente asociada a un objetivo basado en las metas de producción con límites máximos o mínimos de ciertos constituyentes químicos críticos”*

2.3. Fase II. Revisión geológica del yacimiento.

Definir la estructura del yacimiento corresponde a la etapa inicial de la presente investigación que es modelar y estimar recursos mineros, utilizando la información obtenida de la campaña de sondajes de la concesión “EL PODEROSO 2” como la base de datos creada a partir de las campañas del año 2014-2015, el proceso de modelamiento se realiza mediante las herramientas que el software Leapfrog geo provee.

Para el desarrollo de la investigación se considera la siguiente metodología.

1.-Confección de la malla de sondajes (9 sondajes 2014 - 4 sondajes 2015).

2.-Campaña de sondajes, extracción de testigos de cada sondaje.

3.-Descripción de testigos.

4.-Base de datos

5.-Definir la unidad a modelar.

Recolección de datos de los trabajos realizados por IAMGOLD

Los trabajos realizados por IAMGOLD en la concesión EL PODEROSO 2 comprende:

- Geología: Mapeo de 136 hectáreas a las escalas 1:5,000 y 1:2,500.
- Geoquímica: Colección de 56 muestras de suelo y 121 muestras de roca.

➤ Geofísica: Ejecución de un programa de geofísica consistente en:

- 21.3 km. de magnetometría
- 21.3 km. de espectrometría
- 10.8 km de IP

➤ Perforación 2014: Ejecución de 9 sondajes diamantinos con un total de 1988.30 metros.

➤ Perforación 2015: Ejecución de 4 sondajes diamantinos con un total de 1984.50 metros.

Geología

Se describe ampliamente las características litológicas, de alteración, de mineralización, estructurales y geofísicas de la concesión, por tanto la categorización de recursos geológicos y reservas mineras es una de las etapas más críticas en la evaluación de un proyecto minero. El financiamiento e inversiones dependen de la cantidad (tonelaje) y calidad (ley) de los recursos y reservas. Es también uno de los procedimientos más subjetivos en la evaluación, la clasificación queda sujeta a la opinión experta de un especialista en evaluación de yacimientos(Angulo-Argote, 2018).

Sondajes de perforación diamantina.

La perforación diamantina se ejecutó con una maquina perforación LF-70 entre los meses de diciembre del 2014 y de Marzo y Mayo del

2015 en la concesión EL PODEROSO 2 el primer programa de perforación consiste en 9 sondajes diamantinos de 1988.30 metros y el segundo programa de perforación consistente 4 sondajes diamantinos de 1984.50 metros

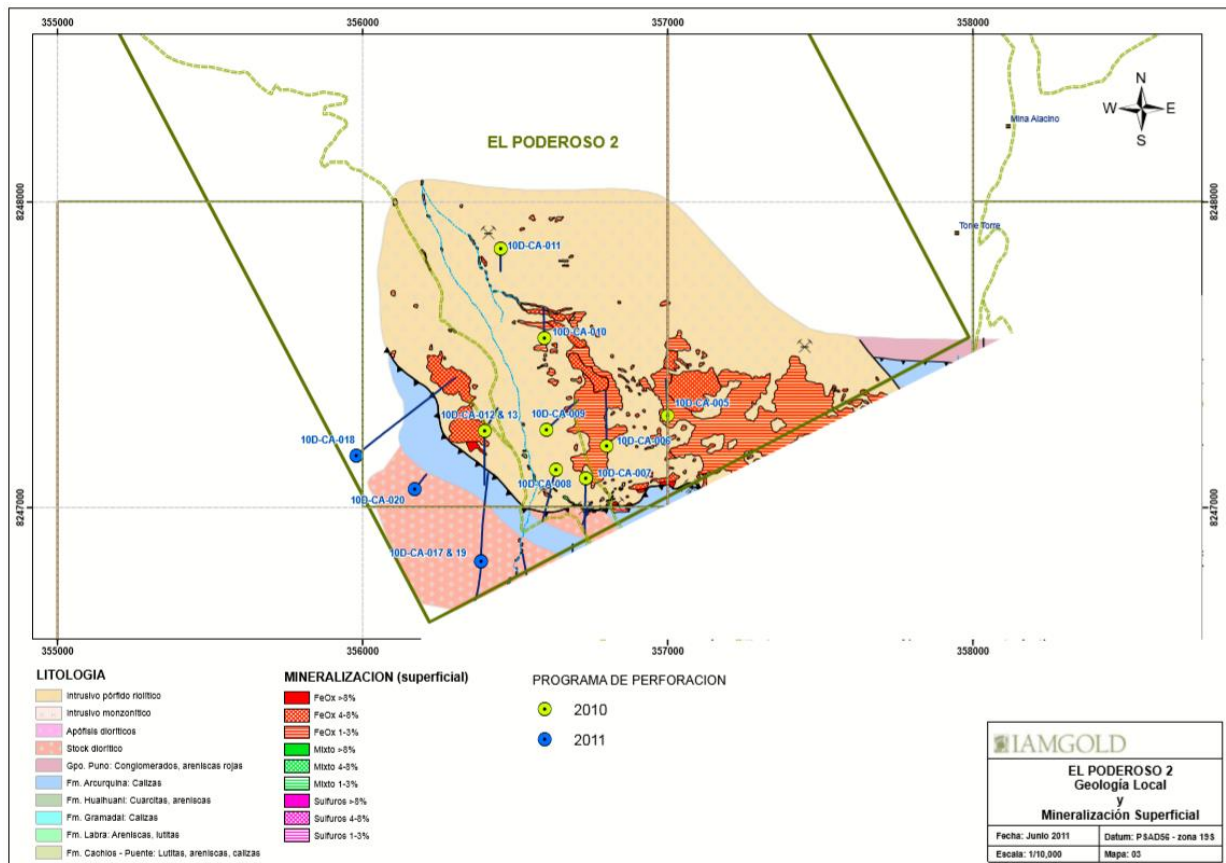
distribuidos en 4 pozos profundos. El objetivo fue continuar prospectando mineralización aurífera diseminada en un domo riolítico con alteración argílica y fílica.

Tabla 1. Programa total de perforación, Coordenadas UTM, PSAD 56, zone 19

Program	Plataforma	Tarjeta	Pozo	Fecha	Este	Norte	UBICACION FINAL (GPS)			Profundida
							Altura	Azimut		
	5	Catahui	10D-CA-	18-Aug-2014	356999	824730	444	N360°	-60°	250.00
	6	Catahui	10D-CA-006	22-Aug-2014	356799	824720	441	N360°	-45°	271.50
	7	Catahui	10D-CA-	27-Aug-2014	356731	824709	439	N180°	-55°	338.00
	8	Catahui	10D-CA-	30-Aug-2014	356633	824712	436	N195°	-45°	250.00
	9	Catahui	10D-CA-	1-Sep-2014	356602	824725	434	N045°	-45°	200.00
	1	Catahui	10D-CA-010	3-Sep-2014	356595	824755	434	N360°	-45°	143.00
	1	Catahui	10D-CA-	5-Sep-2014	356452	824784	430	N180°	-50°	115.80
	1	Catahui	10D-CA-	8-Sep-2014	356400	824725	435	N180°	-45°	250.00
	1	Catahui	10D-CA-	9-Sep-2014	356400	824725	435	N030°	-60°	170.00
								Sub Total		1988.30
	1	Catahui	11D-CA-	08-April-2015	356388	824682	440	N360°	-60°	600.00
	1	Catahui	11D-CA-	19-April-2015	355979	824717	435	N50°	-45°	600.00
	1	Catahui	11D-CA-	30-Apr-2015	356388	824682	440	N180°	-75°	500.00
	1	Catahui	11D-CA-020	08-May-2015	356170	824706	436	N40°	-75°	284.50
								Sub Total		1984.50
								TOTAL		3972.80

Fuente: *Informe de perforación IAMGOLD.*

FIGURA 2. Programa de perforación IAMGOLD



Fuente: IAMGOLD

2.4. Fase III. Elaboración del modelo geológico.

En esta fase se incluyen dentro del software Leapfrog Geo del total de 12 sondajes de pozos asociados al yacimiento de la concesión, coordenadas, profundidades del tope a la base, así como la litología, oxidación, mineralización, alteración y otros. Se compararon los mapas junto a un modelo tridimensional del tope del yacimiento, finalmente se interpreta los resultados obtenidos de la elaboración del modelo geológico.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A continuación se presentan los resultados más relevantes de cada pozo:

Los pozos 11D-CA-017 & 11D-CA-019. Estos pozos se perforaron desde la misma plataforma en direcciones opuestas e interceptaron 3 zonas con interesantes intervalos mineralizados de oro, teniendo como roca caja un domo riolítico con alteración predominantemente argílica y localmente brechada. (Tabla 02).

Tabla 2. Resultados relevantes de cada pozo.

Pozo	De	Hasta	Intervalo Au g/t (m)	
11D-CA-017	204	274	70	0.54
11D-CA-019	290	356	66	0.59
11D-CA-019	464	500	36	0.67

Fuente: Informe de perforación IAMGOLD.

Esta mineralización se encuentra asociada a la presencia de pirita principalmente diseminada y localmente en venillas, en este sondaje no se interceptaron valores de interés de Ag, Cu, Mo, Pb y Zn.

El pozo 11D-CA-018 se ubica a 540 metros al NW de los anteriores pozos, este pozo solo interceptó mineralización de interés en una zona de falla asociada a un enriquecimiento de pirita (15%).

Tabla 3. Resultados relevantes de cada pozo.

Pozo	De	Hasta	Intervalo Au g/t (m)	
11D-CA-018	204	2	70	0.54

Fuente: Informe de perforación IAMGOLD.

Esta mineralización al igual que la anterior no presenta valores de interés de Ag, Cu, Mo, Pb, Zn.

Según los resultados obtenidos el éxito de los proyectos de exploración y minería dependen de la comprensión integral de la geometría 3D de cada depósito mineralizado. Este conocimiento se puede obtener elaborando modelos tridimensionales para evaluar el riesgo de la exploración, proporcionar una base para

la estimación de recursos y la estabilidad de la mina.

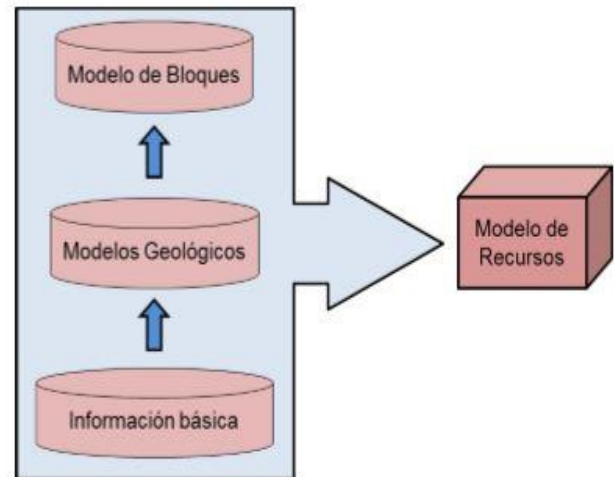
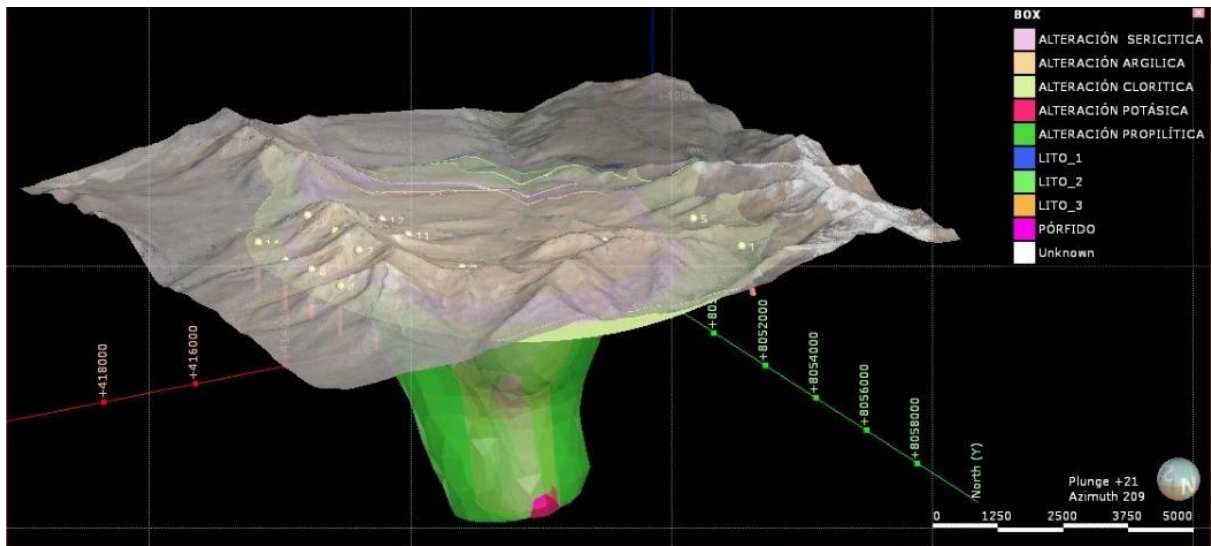


FIGURA 3. Modelo de recursos

Para la elaboración del modelo geológico del yacimiento se utilizó una base de datos provenientes de sondajes de perforación de la concesión “EL PODEROSO 2” realizado por la empresa IAMGOLD para desplegarse en un marco de referencia X-Y-Z con la meta de obtener una visualización rápida del modelo geológico 2D/3D que los datos representan, la información ha sido debidamente depurada, validada, procesada y desplegada en el software Leapfrog, que posibilita una distribución geológica espacial de datos litológicos, topográficos, estructurales de alteración entre otros.

FIGURA 4. Modelo geológico software Leapfrog



Fuente: IAMGOLD

Intercepta mineralización aurífera, pero las características de distribución leyes y asociación a sulfuros la hacen sub económica.

En este contexto resulta importante la investigación científica ya que para interpretar cada modelo geológico, se toma la información proporcionada por: Los logueos de los taladros, el mapeo geológico de superficie y los logueos de detritos, ya que se concuerda que para el diseño del modelo Geológico 3D de las zonas de alteración se ha usado los datos de logueo, mapeos superficial e interpretaciones de secciones verticales, pero principalmente del logueo geológico (Huachaca-Encalada, 2018)

Diversos autores (Pérez-Strutz, 2011; Romero-Baylón, 2015) han destacado que la elaboración de modelos geológicos es importante para la evaluación de recursos,

Cálculo de reservas, el diseño, el método de explotación, la planificación minera y la definición del proceso metalúrgico a utilizar, dado que determina la viabilidad del proyecto minero.

IV. CONCLUSIONES

En el programa de perforación en la concesión EL PODEROSO 2 se intercepto mineralización aurífera, pero sus características de distribución, leyes y asociación a sulfuros la hacen sub económica para el interés de IAMGOLD y por ende en este trabajo se comprueba la importancia que merece la elaboración de un modelo geológico de un yacimiento en la etapa de exploración de un proyecto minero, la aplicación de estas técnicas permite jerarquizar los yacimientos de interés con un menor grado de incertidumbre y plantea futuros lugares de exploración, estas técnicas de exploración permiten optimizar tiempos y costos durante la etapa trabajo de campo.

Un trabajo de gabinete detallado permite plantear una clara lista de actividades necesarias para posteriores investigaciones de campo, se puede integrar y correlacionar datos litológicos, estructurales y otras evidencias de cada yacimiento de interés; el análisis de zonas anómalas térmicas por medio del procesamiento de imágenes satelitales, para interpretar cada modelo geológico, se toma la información proporcionada por: Los logueos de los taladros, el mapeo geológico de superficie y los logueos de detritos.

Con los resultados obtenidos del modelo geológico ya diseñado se puede realizar la planificación minera de corto plazo típicamente utilizado en un periodo de un año o menos (planes mensuales y semanales), mientras que la planificación minera de largo plazo considera al menos 5 años.

Los modelos geológicos nos permiten tener el conocimiento tentativo de un yacimiento, pero no son 100% representaciones de la realidad, estos modelos se modifican y verifican en el transcurso de las fases de la exploración y explotación.

Para futuras investigaciones se recomienda el uso de software de modelamiento minero-geológicos en superficie y subterránea.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angulo-Argote, J. D. (2018). *metodología para la optimización de la malla de*

muestreo de corto plazo de lateritas niquelíferas. 2. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/159302/ Metodología-para-la-optimización-de-la-malla-de-muestreo-de-corto-plazo-de-lateritas-niquelíferas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bugueño-Canales, F. I. (2017).

Caracterización y agregación de modelos geológicos para una exploración minera temprana. 147. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/144278/Caracterización-y-agregación-de-modelos-geológicos-para-una-exploración-minera-temprana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Estevez-Cruz, E., Gomez-Gonzales, O., &

Cuador-Gil, J. Q. (2005). *Modelaje geológico y de recursos del yacimiento pastelillo utilizando el krijeado de indicadores*. 21. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223516049001>

Huachaca-Encalada, J. M. (2018). *Estudio y*

modelamiento geológico de las zonas de alteración hidrotermal de la mina pampa de cobre-Chapi. 94. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6626>

Letelier-Maturana, I. beatriz. (2012). *Impacto de la incertidumbre del modelo geológico*

- en un proyecto minero. 89. Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111566/cf-letelier_im.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Naranjo-Cabello, oscar I. (2017). *Modelamiento geológico y estimación de recursos, yacimiento La Niña, Tongoy, cemento Melón S.A. 01*, 116. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148670/Modelamiento-geologico-y-estimacion-de-recursos-yacimiento-La-Niña-Tongoy- Cementos Melón.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Núñez-Parihuaman, W. (2007). *Modelamiento geológico para la estimación de recursos minerales en Toquepala*. 87. Retrieved from http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11853/1/nunez_pw.pdf
- Pérez-Strutz, C. M. (2011). *Modelamiento geológico estocástico con simulación geoestadística*. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104332>
- Romero-Baylón, A. A. (2015). *Aplicación del modelo geológico en la gestión por procesos para la extracción de oro de sulfuros, en las Minas del Perú*. 142. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/978380?origin=crossref>
- Tituana-Barén, K. S. (2014). *Modelo de bloques del depósito de cobre ESPOL-X para la selección del método de explotación minera utilizando herramientas Informáticas*. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91608/D-70049.pdf>
- Vargas -Vergara, M. A. (2011). *Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla incorporando restricciones operacionales y de mezcla*. 145. Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-vargas_mv/pdfAmont/cf-vargas_mv.pdf