

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Estimación de los recursos minerales para calcular la ley equivalente y
Cut Off del proyecto Hilarión – Compañía Minera Milpo S.A.A. –
Ancash**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de minas

Autor:

Bach. Christian Armando RIVERA HUALLPA

Asesor:

Mg. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Estimación de los recursos minerales para calcular la ley equivalente y
Cut Off del proyecto Hilarión – Compañía Minera Milpo S.A.A. –
Ancash**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Vicente César DAVILA CORDOVA
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°082-JUIFIM-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: RIVERA HUALLPA, Christian Armando

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Estimación de los Recursos Minerales para Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión – Compañía Minera Milpo S.A.A. - Áncash.

Asesor:

Ing. SANTIAGO RIVERA, Julio César

Índice de Similitud: 23%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 06 de marzo 2024



Firmado digitalmente por AGUIRRE ADAUTO Agustín Arturo FAU
2015460046 scdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 00.03.2024 20:11:59 -05:00

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

A Dios, mi roca eterna, por guiarme en cada paso de este camino y darme la fuerza para perseverar. A mis padres **Ángel y Gloria**. Este logro es un testimonio de su inmenso amor y dedicación hacia conmigo, a mi princesa Lyanna, tus risas, curiosidades e infinita capacidad de amar son la inspiración detrás de cada esfuerzo en mi vida. Esta tesis es un pequeño testimonio de todo lo que hago, lo hago pensando en ti.

A mi esposa Cindy, gracias por apoyarme en todo momento. Eres la melodía que da ritmo a mi vida y la paz en medio de la tormenta.

AGRADECIMIENTO

A mis padres **Ángel y Gloria** Agradezco por las lecciones de vida que me han impartido y por el cariño que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar completamente. Esta tesis es un tributo a su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes.

RESUMEN

El proyecto “Hilarión” cuenta con un recurso mineral marginal, su explotación demandará inversiones considerables básicamente asociados a la construcción de la presa de relaves y a su plan de accesibilidad.

Se propone optimizar el Cut Off, por economía de escala. La forma más efectiva de conseguir un nivel bajo de Cut Off, es incrementando la producción para bajar los costos fijos. También mediante la optimización del diseño de mina, con una alta mecanización de sus operaciones. Esta estrategia esta soportada en las características geológicas del yacimiento, donde su ubicación respecto a las labores de accesibilidad y al desarrollo simultaneo de varios frentes, facilitan la implementación de esta estrategia.

Se desarrolla la Investigación en relación a cuatro capítulos que son los siguientes: Capitulo I. Planteamiento del Problema.

Capitulo II. Marco Teórico.

Capitulo III. Metodología y Técnicas de Investigación. Capitulo IV. Resultados y Discusión

Palabras claves: Recursos Minerales, Ley Equivalente, Cut Off.

ABSTRACT

The “Hilarión” project has a marginal mineral resource, its exploitation will require considerable investments (1) basically associated with the construction of the tailings dam and its accessibility plan.

It is proposed to optimize the Cut Off, for economy of scale. The most effective way to achieve a low level of Cut Off is by increasing production to lower fixed costs. Also by optimizing the mine design, with high mechanization of its operations. This strategy is supported by the geological characteristics of the site, where its location with respect to accessibility tasks and the simultaneous development of several fronts, facilitate the implementation of this strategy.

The investigation is developed in relation to four chapters, which are as follows:

Chapter I. Statement of the Problem.

Chapter II. Theoretical framework.

Chapter III. Research Methodology and Techniques. Chapter IV. Results and discussion

Keywords: Mineral Resources, Equivalent Grade, Cut Off.

INTRODUCCION

Compañía Minera MILPO S.A.A., propietaria del yacimiento polimetálico de “Hilarión”, requiere realizar la Estimación de los Recursos Minerales para Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del proyecto Hilarión, para luego lograr una producción de 10 000 TPD.

Hilarión es un yacimiento de skarn polimetálico de Zn-Pb-Ag-(Cu) ubicado en la franja mineralizada de la cordillera Chaupijanca. La localidad de Hilarión se encuentra en el departamento de Huallanca, provincia Bolognesi, departamento de Áncash, a 80 kilómetros al sur de Huaraz.

Hilarión se extiende por 20,504 hectáreas en 70 propiedades mineras; los trabajos de exploración realizados hasta el momento han cubierto el 10% del área total.

Se perforaron 246 mil metros del proyecto, y se cubieron 94.7 metros de 3.71% de zinc, 0.74% de plomo y 30.99 g/T de plata

El presente trabajo de investigación consolida los resultados de los análisis realizados en el ámbito de la planificación como; estimación de la reserva, aspectos geotécnicos, diseño minero, programa de avance, método de explotación, programa de producción y servicios generales mina, asociado al desarrollo de la ingeniería de Factibilidad para la explotación del yacimiento Hilarión.

INDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del problema.....	8
1.3.1.	Problema general	8
1.3.2.	Problemas específicos	8
1.4.	Formulación de objetivos	8
1.4.1.	Objetivo general	8
1.4.2.	Objetivos específicos.....	8
1.5.	Justificación de la investigación.....	9
1.6.	Limitaciones de la investigación	9

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	10
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	15
2.3.	Definición de términos básicos	26
2.4.	Formulación de hipótesis.....	31
2.4.1.	Hipótesis general	31
2.4.2.	Hipótesis específicos	31
2.5.	Identificación de las variables	31

2.5.1. Variable independiente	31
2.5.2. Variable dependiente	31
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	32

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación	33
3.2. Métodos de la investigación	34
3.3. Diseño de la investigación.....	34
3.4. Población y muestra	34
3.4.1. Población	34
3.4.2. Muestra	34
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos	34
3.5.1. Técnicas	34
3.5.2. Instrumentos.	35
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	35
3.7. Tratamiento estadístico.....	35
3.8. Orientación ética filosófica y epistémica	36

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	45
4.2. Prueba de hipótesis	51
4.3. Discusión de resultados	51

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Página.
Ilustración 1. Ubicación del Proyecto Hilarion	2
Ilustración 2. Mapa Geológico	5
Ilustración 3. Mapa Geológico Distrital	6
Ilustración 4. Etapas de una estimación de recursos	16
Ilustración 5. El método estándar de secciones transversales para calcular volúmenes A es una representación de un cuerpo dividido por secciones no paralelas. B, vista en planta del sistema de construcción de las perpendiculares h1 y h2 desde sus respectivos centros d	20
Ilustración 6. A, un diagrama de bloque que sigue la regla de los puntos más ceranos: B, trazando los bloques de acuerdo con la misma regla	22
Ilustración 7. Metodología de secciones transversales Reservas tanto en la sección como en línea. A, formación de bloques auxiliares de acuerdo con la regla de cambios graduales. B, conformación de bloques auxiliares de acuerdo con la regla de puntos más cercanos.	23
Ilustración 8. Isopacas	25
Ilustración 9. Mapa de isotenores.....	26
Ilustración 10. Agrupación de Cuerpos por Isoleyes (Vista Longitudinal).....	39
Ilustración 11. Agrupación de Cuerpos por Isoleyes (Vista en Planta).....	40
Ilustración 12. Distribución de Potencias por Cuerpos Mineralizados	41
Ilustración 13. Distribución de Potencias por Cuerpos Mineralizados	41
Ilustración 14. Agrupación de Sectores Por Potencias y Método de Explotación Vista Isométrica.....	43
Ilustración 15. Agrupación de Sectores Por Potencias y Método de Explotación Vista Planta	44

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	32
Tabla 2. Estadística Básica de Potencias por Cuerpos Mineralizados	42
Tabla 3. Reporte de Recursos por Tipo de Minado.....	44
Tabla 4. Resumen de Recurso Mineral Proyecto Hilarión (Med + Ind.....	47
Tabla 5. Resumen Del Recurso Mineral Proyecto Hilarión	47
Tabla 6. Balance Metalúrgico Proyectado - Proyecto: Hilarión Sub Level Longitudinal Relleno	48
Tabla 7. Balance Metalúrgico Proyectado - Proyecto: Hilarión Bench and Fill Stoping.....	48
Tabla 8. Precios de Metales Proyectados	49
Tabla 9. Valores Unitarios Sub Level Longitudinal Relleno	49
Tabla 10. Valores Unitarios Bench And Fill Stoping.....	49
Tabla 11. Estructura de Costos por Método de Explotación	50
Tabla 12. Valor de Mineral (Nsr) y Zinc Equivalente Sub Level Longitudinal Relleno.....	51
Tabla 13. Resumen de los Valores de la Ley Equivalente en Zn	52
Tabla 14. Resumen de los Valores de la Ley Equivalente en Zn Bench and Fill Stoping.....	52
Tabla 15. Valor de Mineral (Nsr) y Zinc Equivalente Bench and Fill Stoping.....	52
Tabla 16. Resumen de la Reserva por Método de Explotación Sub Level Longitudinal con Relleno	53
Tabla 17. Resumen de la Reserva por Método de Explotación Bench And Fill Stoping.....	53
Tabla 18. Resumen Total.....	53
Tabla 19. Recurso Mineral Contenido en el Puente de Protección	54
Tabla 20. Factor de Recuperación en la Reserva por Método de Explotación Sub Level Longitudinal con Relleno	54
Tabla 21. Factor de Recuperación en la Reserva por Método de Explotación Bench And Fill Stoping	55
Tabla 22. Total Factor de Recuperación.....	55

Tabla 23. Factor de la Dilución en la Reserva por Método de Explotación Sub Level Longitudinal con Relleno	55
Tabla 24. Factor de la Dilución en la Reserva por Método de Explotación Bench And Fill.....	56
Tabla 25. Total Factor de Dilución.....	56
Tabla 26. Reserva Minable por el Método de Explotación Sub Level Longitudinal Con Relleno	57
Tabla 27. Reserva Minable por el Método de Explotación Bench And Fill Stoping.....	57
Tabla 28. Reserva Minable Proyecto Hilarión	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Página.

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Anexo 2. Secuencia de Explotación

Anexo 3. Sección Transversal de los Métodos de Explotación

Anexo 4. Secuencia de la Ventilación – Chimeneas

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El proyecto “Hilarión” cuenta con un recurso mineral marginal, su explotación demandará inversiones considerables, básicamente asociados a la construcción de la presa de relaves y a su plan de accesibilidad.

Se requiere optimizar el Cut Off, por economía de escala. La forma más efectiva de conseguir un nivel bajo de Cut Off, es incrementando la producción para bajar los costos fijos. También mediante la optimización del diseño de mina, con una alta mecanización de sus operaciones. Esta estrategia esta soportada en las características geológicas del yacimiento, donde su ubicación respecto a las labores de accesibilidad y al desarrollo simultaneo de varios frentes, facilitan la implementación de esta estrategia.

Otro aspecto importante que soporta esta estrategia es la seguridad (necesidad de mantener la estabilidad local y global de la excavación), lo que

condiciona a la obtención de leyes según el aporte de los tajeos que irán minándose según esta secuencia, por seguridad se recomienda privilegiar los aspectos relacionados a mantener la estabilidad de la excavación.

El sustento teórico para la determinación del Cut Off, está en identificar la ley mínima de cabeza en la explotación, que genere un valor del mineral y que iguale a su costo de producción y más los gastos de administración y ventas.

El cálculo del Cut Off, y aportes se realiza en el desarrollo de proyecto.

1.2. Delimitación de la investigación

Ubicación

El Proyecto Hilarión se encuentra ubicado en el Distritos de Huallanca, Huasta y Aquia, que pertenecen a la Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash a 80 km al Sur de Huaraz y a 13 km al Sur Oeste de la localidad de Huallanca en las coordenadas $77^{\circ} 00'$ longitud Oeste y $09^{\circ} 59'$ latitud Sur, entre 4 500 y 5 100 m.s.n.m. de altitud.

Ilustración 1. Ubicación del Proyecto Hilarion



Geología Regional

El marco geológico del proyecto La franja clasto-sedimentaria mesozoica del rumbo andino es presentada por Hilarión. En su base se encuentran lutitas y areniscas de grano fino con niveles de carbón (Fm. Oyon), mientras que sobreyacen niveles de cuarcitas de la Fm. Chimú, seguidas de calizas grises de la Fm. Santa. Además, se encuentran secuencias de lutitas en la Fm. Carhuas y una secuencia carbonatada en la Fm. La Fm. Pariatambo, la Fm. Pariahuanca y la Fm. Jumasha se encuentran en la parte superior. Los diques de composición dacítica a riodacita y diques de composición diorítica a granodiorita se cortan an estas secuencias, que salen del stock en dirección NW-SE en forma de sills (J. Jacay, 2008), lo que provoca un halo de skarn en los bordes.

Tres grandes sobrecorrimientos longitudinales con dirección NO-SE de extensiones regionales se formaron como resultado del tectonismo. Se conocen como fallas inversas de bajo ángulo Falla La Unión, San Marcos y Yanashayash.

Estas fallas inversas de bajo ángulo son corrimientos que traslapan las unidades cretácicas y han desarrollado pliegues, cuyos ejes tienen dirección NO-SE que controlan el emplazamiento de varios pulsos magmáticos relacionados con las alteraciones y mineralizaciones. A este trend se ha denominado franja Chaupijanca (A. Salas, 2009), que alberga importantes minas y proyectos polimetálicos de Zn-Ag-Pb-(Cu), como: Atalaya, Hilarión, El Padrino, San Martín, Mía, Eureka, la tendencia se conoce como Chaupijanca (A. Salas, 2009), y en ella se encuentran importantes minas y proyectos polimetálicos de Zn-Ag-Pb-(Cu), como Atalaya, Hilarión, El Padrino, San Martín, Mía, Eureka, mina Pachapaqui y Pucarrajo en el nortina Pachapaqui y Pucarrajo hacia el norte.

Geología local

El Proyecto Hilarión tiene dos sectores.

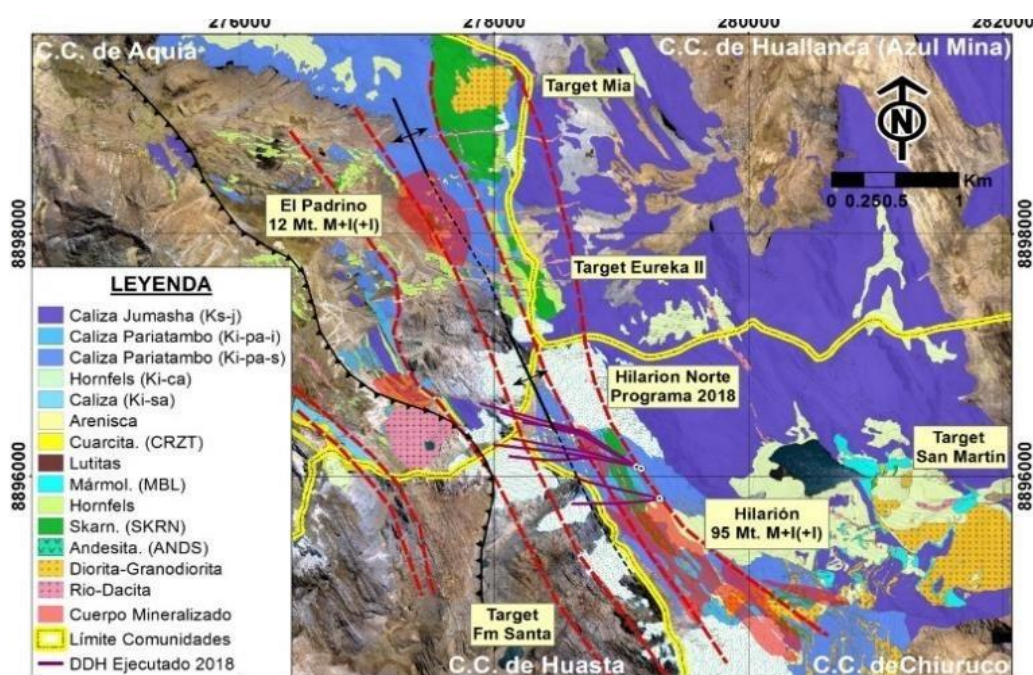
Sector Hilarión

En Hilarión se muestran secuencias sedimentarias del Cretáceo Inferior-Superior, la Formación Pariatambo. El miembro inferior de esta unidad estratigráfica está formado por horizontes decimétricos de calizas granulares con textura nodular y laminar. La secuencia superior de la Formación Pariatambo está compuesta por lutitas intercaladas con calizas mudstone. Esta unidad se basa en una secuencia de paquetes calcáreos fuertes de la formación Juamasha, que corresponde al flanco este de un gran anticlinal que se muestra en la zona del proyecto. El horizonte favorable que mineraliza en Hilarión es principalmente el miembro inferior de la formación Pariatambo, que es reemplazado por calcosilicatos y luego depositado con sulfuros. El stock Hilarión y un conjunto de diques con una orientación NO-SE forman Hilarión. Los stocks tienen una composición diorítica-granodiorítica y los diques tienen una composición dacita a riodacita (PFT-PQF). Los pulsos magmáticos se alinean claramente con la falla regional Yanashallas. Los intrusivos son responsables del metamorfismo y posterior metasomatismo con mineralización de sulfuros (Zn-Pb-Ag) (Meinert, 1981). Un halo metasomático en Harry tiene una longitud de hasta 2.0 km y un ancho de 0.5 km. En Hilarión se encuentran más granates andradíticos que grosularia, así como piróxenos (diopsido). Los sulfuros presentes incluyen esfalerita y su variedad marmatita, galena y argentita, además de pirita, pirrotita y trazas de arsenopirita.

Sector El Padrino

El contexto geológico de El Padrino es similar al de Hilarión, ya que se encuentra en la continuidad norte de Hilarión a 2 km (Figura 2). El Padrino presenta secuencias estratigráficas similares a las de Hilarión, ya que en la cercanía a la falla Yanashalla se pueden observar estratos volcados de la Formación Carhuaz (lutitas), Formación Santa (calizas) y Formación Chimu (cuarcitas) (J. Jacay, 2008, J. Bueno 2010).

Ilustración 2. Mapa Geológico

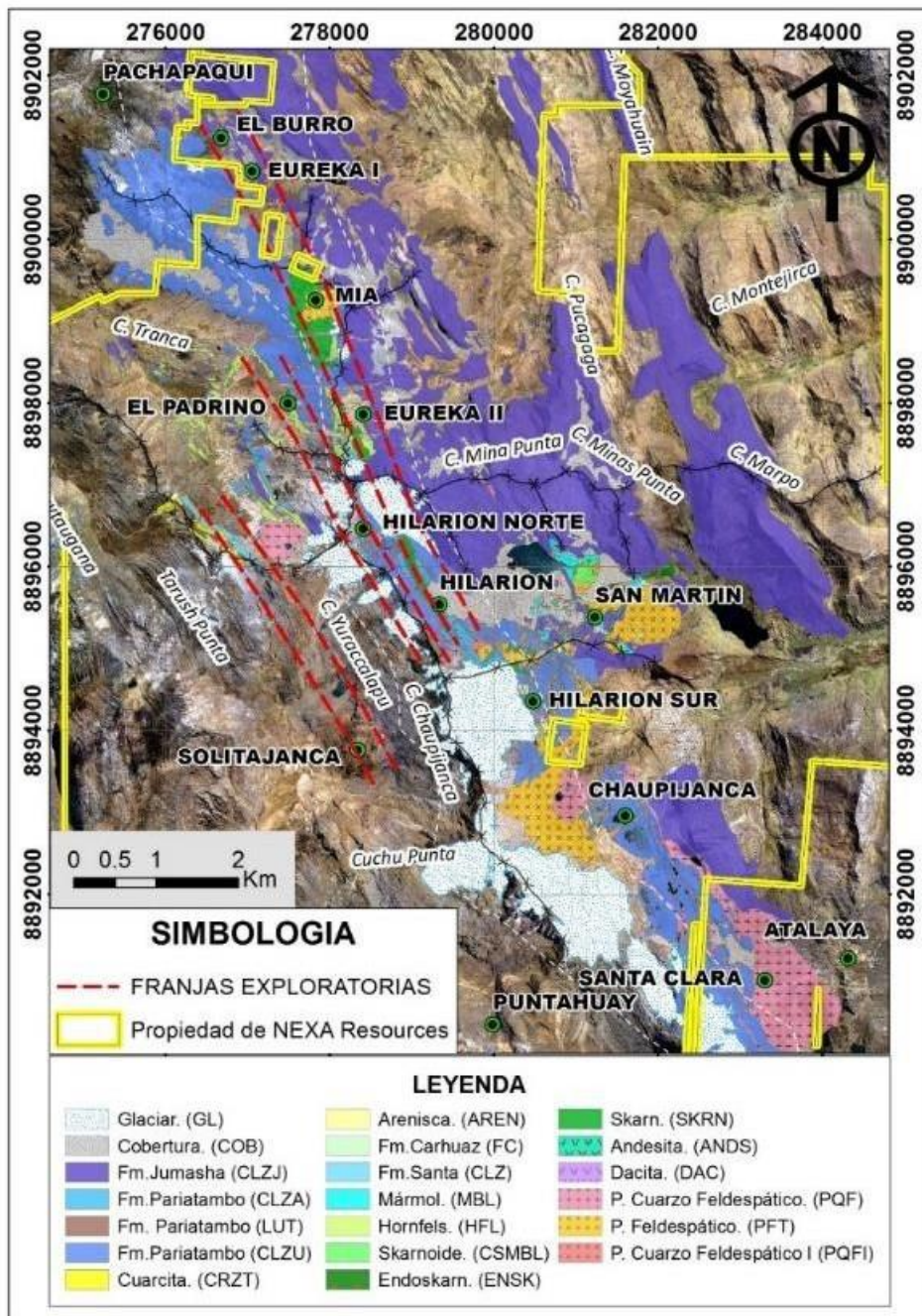


Fuente: Geologia Hilarión

Situado en la Franja Chaupijanca, el Padrino se encuentra en el flanco oeste del anticlinal. Las intrusiones de El Padrino incluyen stock El Padrino y diques con dirección NO-SE; los diques E-O son más comunes después de la mineralización y se componen principalmente de dacitas y riodacitas.

El Padrino tiene un halo metasomático que mide hasta 2 km de largo y 0.6 km de ancho (Figura 3).

Ilustración 3. Mapa Geológico Distrital



Fuente: Geología Hilarion.

En El Padrino, la mineralogía del skarn indica una mayor presencia de granates de la variedad grosularia en comparación con la andradita, así como piroxenos (diopsido). Los sulfuros presentes incluyen esfalerita, galena, argentita y pequeñas cantidades de calcopirita y molibdenita, además de la pirita, pirrotita y trazas de arsenopirita.

Mineralización: estilos, potencial y recursos

Sector Hilarión

- **Mineralización**

Los cuerpos de skarn contienen principalmente calcosilicatos cálcicos progradados formados por granates (andradita) y piroxenos (diopsido), así como una variedad de minerales relacionados con el skarn retrógrado, entre los que se destaca la Hedenbergita. Los sulfuros se encuentran principalmente en zonas con alteración retrograda. En la Formación Pariatambo, la mineralización se encuentra en contacto con los stock y diques con un rumbo NO-SE y un buzamiento subvertical al NE. Los cuerpos mineralizados se ubican en el mismo rumbo que los diques y tienen una longitud de 100 a 2000 metros, con una potencia de 3 a 65 metros de ancho. Los minerales económicos incluyen esfalerita (principalmente de la variedad marmatita), galena, argentita y calcopirita, así como sulfuros de ganga. La mineralización de estos cuerpos no es uniforme; se presentan rellenando espacios en forma de parches, diseminados y en venillas asociadas a calcita. Las brechas de skarn con matriz de sulfuros y el skarn con textura bandeada también se observan. La granulometría del skarn muestra una relación directa con la mineralización; el skarn grueso muestra un mejor reemplazamiento de sulfuros que el skarn de granulometría fina, lo que es un control importante a tener en cuenta.

- **Recurso mineral**

En Hilarión, se descubrieron 33 cuerpos mineralizados en una franja mineralizada que tiene un ancho de entre 300 y 500 metros y una longitud de 800 a 2,000 metros. Es importante destacar que la franja está abierta hacia el

norte y el sur. Se utilizaron datos de 244 kilómetros de sondajes diamantinos realizados entre 2005 y 2017. Los recursos previstos son de 94.70Mt, 3.71% Zn, 0.74% Pb y 30.99g/TAg. (N. Lecuyer, 2017. En 2018 se llevaron a cabo 6 mil metros de sondajes dirigidos (Sistema Devico), lo que permitió identificar un potencial de 30 Mt al norte de Hilarión y se ratificó la continuidad.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es factible realizar la estimación de los Recursos Minerales para Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo S.A.A. – Áncash?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿La estimación de los Recursos Minerales permitirá calcular la ley equivalente del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo?
- b) ¿La determinación de los Recursos Minerales permitirá calcular el Cut Off del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar la estimación de los Recursos Minerales para Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo S.A.A. – Áncash.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Realizar la estimación de los Recursos Minerales para calcular la ley equivalente del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo.
- b) Determinar los Recursos Minerales para calcular el Cut Off del

1.5. Justificación de la investigación

Para determinar la Ley Equivalente del Zinc, el metal importante del mineral contenido en el depósito mineralizado de "Hilarión" Se ha estimado previamente el Cut-Off del proyecto y los valores unitarios del elemento presente en el mineral del yacimiento.

Después, se buscarán las equivalencias de Pb y Ag, que se expresarán en %Zn. Los valores equivalentes de Pb y Ag se pueden sumar al valor unitario de zinc para obtener las leyes equivalentes de zinc, que se utilizan para estimar la "Reserva Mineral", los objetivos principales del presente proyecto de investigación.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones que se tuvieron fueron con respecto a los cuerpos mineralizados donde se muestra la irregularidad de las potencias a lo largo de su orientación y elevación, se tuvo que realizar un agrupamiento de zonas en base a su distribución espacial (3D) a distintos niveles, considerando para esto, todo el recurso mineral interpretado por Milpo, es decir, Recursos Medidos, Indicados e Inferidos, en base a este agrupamiento se pudo superar el mencionado inconveniente.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Antecedentes nacionales.

- **(Briones W., 2020).** de la Universidad Privada del Norte, desarrolla su tesis “Estimación de recursos minerales de oro y plata, mediante evaluación geológica superficial, en un área del caserío Tuyupampa, Cajamarca, 2020”, Detalla que: Tuyupampa es un caserío en el distrito de La Encañada de la provincia de Cajamarca. Se distingue por presentar una significativa diversidad minera, resultado de la actividad magmática que ha dado lugar a varios depósitos minerales, entre los que destacan proyectos mineros como Michiquillay y El Galeno. El objetivo de esta investigación, motivado por los antecedentes mineralógicos y las pruebas geológicas, es estimar los recursos minerales de oro y plata en un área específica del pueblo mencionado, utilizando una evaluación geológica superficial, para determinar si estos

recursos son ventajosos para la industria minera. Para lograrlo, se llevaron a cabo campañas exploratorias en el área, lo que permitió identificar zonas de alteración, una de argilización-oxidación y una de sulfuración. Se recopilaron 20 muestras de roca alterada de los afloramientos, de las cuales se seleccionaron las 10 más representativas para practicar análisis por absorción atómica. Los hallazgos permiten estimar las leyes promedio para el oro en la zona de óxidos de 1.24 gramos por tm de aluminio (0.04 oz por tc de aluminio), la plata en la zona de sulfuros de 7.33 gramos por tm de aluminio (0.22 oz por tc de aluminio) y el oro en la zona de sulfuros de 58.75 gramos por tm de aluminio (1.72 oz por tc de aluminio). Los hallazgos sugieren que estos recursos minerales favorables para la industria minera.

- **(Martel S., 2021).** de la Universidad Nacional de Cajamarca, presenta su tesis “Estimación de Reservas Minerales de Oro y Plata de la Veta Filomena – Sancos – Lucanas - Ayacucho.”; La veta Filomena es propiedad de la empresa minera SOTRAMI S.A. y se encuentra en el centro poblado de Santa Filomena en el distrito de Sancos, provincia de Lucanas, región y departamento de Ayacucho; es un yacimiento hidrotermal filoniano con vetas angostas que produce principalmente oro y plata como subproductos. Actualmente produce 2,600 TMS/mes, lo que representa el 80% de la producción total de la mina. El objetivo de la investigación es estimar las reservas minerales de oro y plata de la veta porque la mina no tiene una estimación de reservas que le permita planificar adecuadamente su explotación en Filomena; El cartografiado geológico, el muestreo sistemático de labores, la interpretación y la definición de los clavos mineralizados se llevaron a cabo para evitar la estimación de reservas y recursos, utilizando la

norma internacional canadiense NI 43-101, que establece una guía para la presentación o divulgación de proyectos mineros que respalden los proyectos de exploración, recursos y reservas mineras. La evaluación de reservas resultó en 111,808 TMS con leyes de 0,53 oz/tc Au y 0,80 oz/tc Ag para un ancho diluido de 0,88 m. Estas reservas nos darían 65,280 oz de oro y 98,925 oz de plata finos, pero el 74% de los recursos mencionados no ingresaron a reserva debido a su inaccesibilidad.

Antecedentes internacionales

- **(Laura R., 2020)**. de la Universidad de Concepción - Chile, presenta tesis de investigación “Estimación de los Recursos Minerales”. La estimación de los recursos minerales es un paso crucial para evaluar la viabilidad de un proyecto minero. Es la descripción, el estudio y la clasificación de los recursos contenidos en el potencial yacimiento en examinar que se realizan allí. Por lo tanto, la viabilidad de un depósito puede verse afectada por una buena metodología de análisis. Los dominios geometalúrgicos son áreas dentro del depósito que tienen características específicas que las hacen distinguibles e identificables. Estos caracteres generan la posibilidad de estimar a través de algoritmos determinísticos, como el reverso de la distancia, o geoestadísticos, como las muchas variaciones de kriging, dentro de vecindades con información que ya está limitada por su igualdad y que debería mejorar la calidad de las estimaciones. Por lo tanto, este estudio compara las estimaciones dentro de un depósito polimetálico cuando se realizan utilizando dominios geometalúrgicos y cuando no se utilizan. El método de trabajo se compone de dos casos de estudio. El primer caso, conocido como caso simulado, implica la creación de 100 depósitos que se

han dividido previamente en dominios geometalúrgicos, y las variables se simulan dentro de estos dominios. Luego, se realizan estimaciones dentro de dichos dominios y sobre la base completa utilizando sondajes, y los resultados se comparan con la base original. El segundo, conocido como "caso real", es una estimación del modelo de bloques de un yacimiento de polímero utilizando los mismos escenarios y algoritmos. En ambos casos se realiza una clasificación de recursos y un análisis económico que se aplican. Finalmente, la estimación a través de dominios geometalúrgicos es mejor en el caso simulado el 99% de las veces, con una disminución promedio en el RMSE del 10.8% para el cobre, una disminución del 10.4% para el kriging ordinario, una disminución del 10.4% para el co-kriging ordinario y una disminución del 10.4% para el kriging ordinario; para el oro, con un 7.6% para los algoritmos de kriging y un 8.1% para el inverso de la distancia; mientras tanto, la precisión estimada del tipo de roca aumentó un 5,2 % para el inverso de la distancia y un 4,7 % para el cokriging indicador y ordinario. Además, la clasificación de recursos tiende a entregar bloques con menor incertidumbre y estimados de beneficio económico más confiables como resultado de la menor varianza de kriging.

- **(Valverde V, 2016).** Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador, desarrolla la tesis “Estimación de Reservas Minerales y Propuesta de Diseño Preliminar de Explotación del Bloque 2 del sector “X7” Mina LAS PARALELAS utilizando herramientas informáticas”. Detalla que: Una de las etapas más cruciales a la hora de evaluar un depósito mineral es la estimación de recursos; este proceso determina en gran medida el valor industrial y la viabilidad del proyecto y requiere un alto nivel de precisión y

responsabilidad. En la Mina LAS PARALELAS, la empresa agrícola minera AGRIMROC S.A realiza labores de exploración, explotación y refinación de oro, sin realizar una valoración previa de los bloques de explotación, lo que genera incertidumbre sobre el depósito y una planificación inadecuada de las labores mineras. La investigación actual tiene como objetivo estimar las reservas mineras del bloque 2 del sector "X7" de la mina LAS PARALELAS de la empresa Agrícola Minera AGRIMROC S.A., ubicada en la provincia del Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez vía San Gerardo, y sugerir un sistema de explotación utilizando herramientas informáticas para optimizar la organización de la mina de las características geométricas y geomecánicas del yacimiento.

- El estudio comenzó con una exploración topográfica del área y una recolección de muestras. Se tomaron 36 muestras en el lado derecho del sector "X7" en una galería de avance de aproximadamente 110 metros. Los datos de la potencia de la veta VII oscilaron entre 0.10 y 0.80 metros, con un buzamiento promedio de 33° y un azimut de 197° . El método pentaédrico exclusivo del software RecMin ideal para cuerpos vetiformes, desarrollado por el Dr. César Castañón y difusor del método el Ing. Yhonny Ruiz, se utilizó para validar la información de la campaña de muestreo para determinar la distribución de las leyes de Au y luego analizar su comportamiento para obtener la capa o superficie de la veta que facilite la creación del modelo de bloques. Este método no solo permite estimar las leyes de Au, sino también la potencia de la veta, lo que facilita la obtención fácil de las reservas del bloque de explotación mediante el método de inverso a la distancia. Se estimaron 6,658 toneladas de reservas totales, de las cuales

1,426,95 toneladas corresponden a las reservas probadas. Esta cantidad se categorizó según el alcance máximo del semivariograma, que se basa en la certeza de la continuidad del mineral en ese trayecto. Después, se modelaron las operaciones mineras de acceso actuales de la empresa y se crearon las tareas finales del bloque en explotación. útiles.

2.2. Bases teóricas - científicas

Estimación de Recursos Minerales

Método de Secciones.

Si se desea calcular las reservas de un depósito utilizando los métodos convencionales, es necesario emplear un modelo que muestre la forma irregular geológica de varios volúmenes, expresando adecuadamente su tamaño, forma y distribución. Esto se debe a que los estudios topográficos y geológicos han demostrado la existencia y forma del depósito. Se basa en la geología, los criterios económicos y las técnicas mineras, aunque a veces es un poco subjetivo.

Metodología para la Estimación de Recursos Minerales

Las metodologías de estimación de recursos van desde las que se basan únicamente en información estadística convencional (polígonos, seccionales, inversos de distancia, etc.) hasta las que incorporan las características espaciales de los datos capturados in-situ (kriging) y sus variantes. En general, la elección del método más adecuado para la estimación de reservas depende directamente de varios factores, incluida la geología del depósito, el método de exploración, la disponibilidad y la confiabilidad de los datos que se utilizarán para el estudio, los objetivos del cálculo y el nivel de precisión requerido.

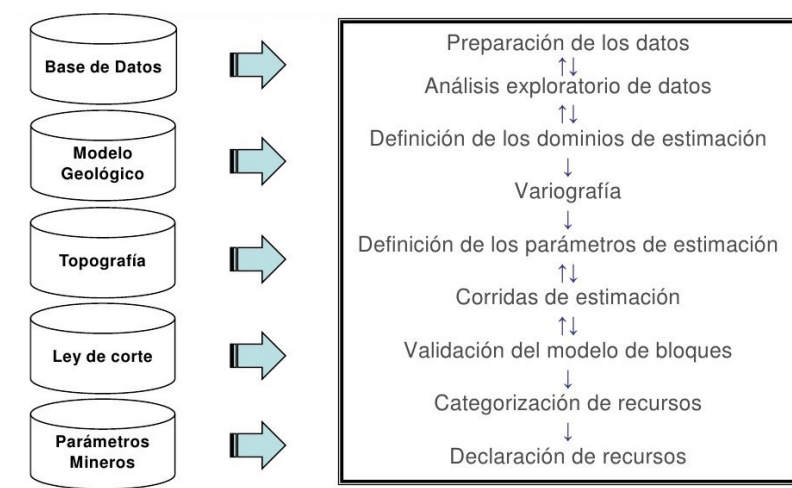
El método más simple, que no requiere planos especiales, se elige si los cálculos son preliminares o se requieren inmediatamente. Si los cálculos son

esenciales para el diseño de una operación, la selección del método dependerá del sistema de exploración que se esté considerando como más viable, ya que la ley mínima explotable, la recuperación, la dilución, la eficiencia del equipo, la mano de obra y los costos unitarios variarán directamente. Cuando se elimina la extracción selectiva del mineral marginal en una operación a tajo abierto, un método simple puede ser el más adecuado.

Dado que la información recopilada y utilizada es limitada, las estimaciones no constituyen determinaciones ni cálculos precisos. Estos pronósticos son valores esperados.

Etapas de una Estimación de Recursos

Ilustración 4. Etapas de una estimación de recursos



Preparación de Datos – Integridad de Datos

Al inicio de los trabajos, se debe verificar que los datos estén intactos.

Problemas comunes:

- Datos desaparecidos
- Corrupción de datos
- Problemas de duplicación de datos
- Introducción de errores de redondeo Los controles deben incluir:

- Conteos
- Estadísticas básicas

Verifique la precisión de los valores extremos

Procedimientos para la Estimación de Reservas

Para realizar un cálculo de reservas, el cuerpo mineral primero se delinearé y luego se subdividirá en segmentos o bloques de diferentes grados de confiabilidad.

La forma irregular del cuerpo mineral se reemplaza gráficamente por una forma imaginaria y auxiliar, con la superficie de base coincidiendo con el plano de una sección longitudinal. En ese momento, este cuerpo auxiliar será reemplazado por una o más figuras geométricas simples y sólidas que indicarán el volumen de tal prisma, que se puede calcular utilizando fórmulas geométricas sencillas.

El cuerpo mineral se divide en bloques utilizando un método escogido.

Las áreas y volúmenes de cada bloque se determinan para calcular las reservas del cuerpo mineral completo. Luego, los volúmenes se convierten en toneladas de mineral crudo y se obtienen las leyes promedio de los minerales comerciales.

Finalmente, clasificar los elementos de acuerdo con la tabulación de resultados en categorías como positivas, probables y posibles.

Crítica General de los Métodos Tradicionales de Estimación de Leyes

- Demasiado geométricos
- Son empíricos
- No consideran la estructura del fenómeno mineralizado Por estructura comprendemos lo siguiente:

- La continuidad de las leyes: Existen casos desfavorables en los que las leyes son erráticas, mientras que otros casos más favorables en los que las leyes son regulares.
- La posibilidad de que existan anisotropías, es decir, direcciones en las que la variación de leyes es más favorecida.
- Los métodos de estimación tradicionales no proporcionan el error de estimación; en cambio, dan un solo valor, como $z_{Cu} \hat{S} = 1.22\%$. La magnitud del error determinará la calidad de la estimación decidirá si se necesitan más sondeos.

En general, estos enfoques convencionales experimentan el fenómeno conocido como sesgo condicional, que se traduce en una sobreestimación de las leyes altas y una subestimación de las leyes bajas.

Popoff ha dividido las técnicas convencionales en cuatro categorías, es decir:

- Grupo I: Metodología de área y factores promedio. A su vez, este grupo lo divide en:
 - a) Método de los bloques geométricos o geológicos, y
 - b) Método de los bloques análogos
- Grupo II: Metodología para la minería de bloques.
- Grupo III: Métodos de secciones transversales: que incrementa el método estándar, lineal e isoclasa
- Grupo IV: Metodologías analíticas que incluyen triángulos y prismas poligonales.

Método de las Secciones Transversales

La división del cuerpo mineralizado en bloques mediante la construcción de secciones geológicas en intervalos a lo largo de líneas que cruzan el cuerpo o también en diferentes niveles de acuerdo con los trabajos de explotación, el propósito de los cálculos y la naturaleza del depósito es el paso inicial en la aplicación de los métodos de secciones transversales. De acuerdo con los requisitos geológicos y mineros, los intervalos pueden ser constantes o variables de una sección a otra. Hay tres diferentes enfoques para la construcción de bloques, como:

A. Método Standard:

La regla de los cambios graduales es la base de este enfoque. Cada bloque interno está rodeado por dos partes y una superficie lateral irregular. Una sección y una superficie lateral limitan los bloques de los extremos. Las partes pueden estar paralelas entre sí o no, y pueden estar desde verticales hasta horizontales.

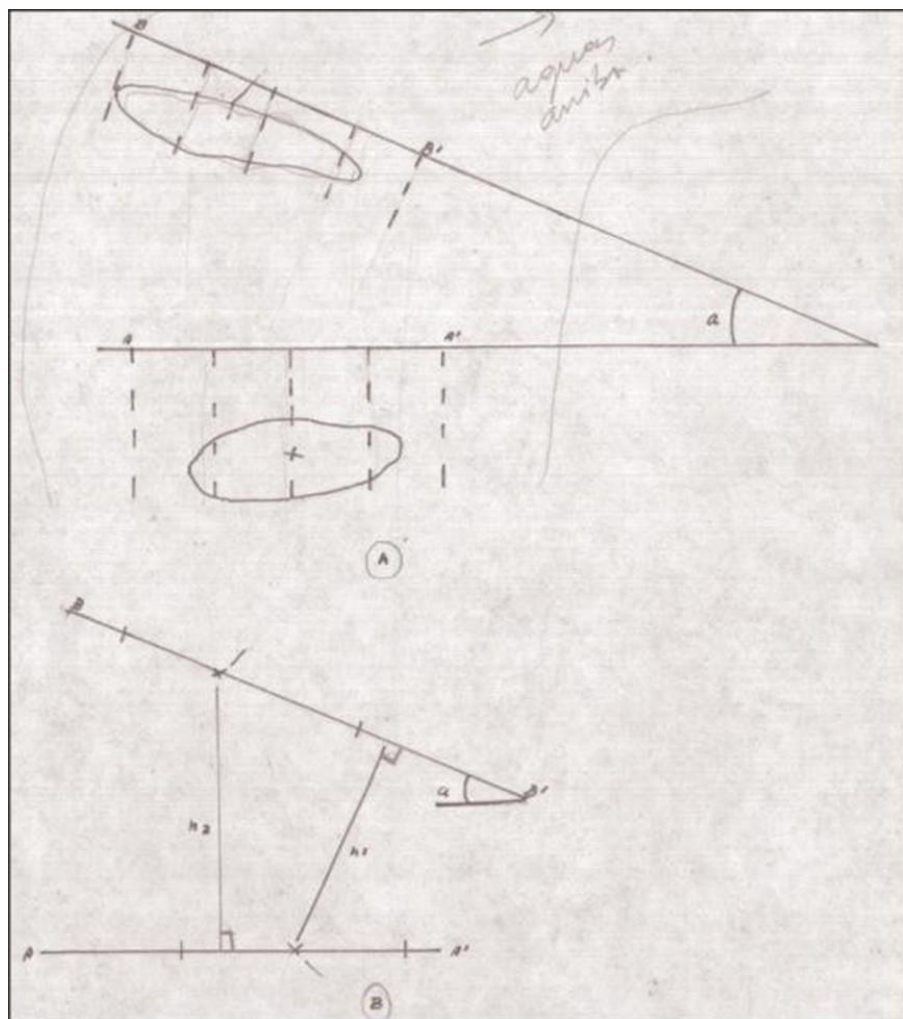
Las secciones verticales, también conocidas como vallas, se utilizan principalmente en exploración, mientras que las secciones horizontales se utilizan en minería.

Cuando las secciones son paralelas, el método estándar calcula las reservas de la siguiente manera:

- Establecer el área de las secciones.
- Calcular los factores promedio para cada sección.
- calcular el volumen y el contenido de metal de cada bloque.
- Ordenar los resultados de cada bloque por categoría y calcular los factores promedio de todo el cuerpo.

La regla de los cambios graduales, la de los puntos más cercanos o el promedio aritmético se utilizan para determinar los factores promedio de cada sección. De vez en cuando, cuando existe una relación inversa entre el tenor y el espesor, es necesario calcular el tenor promedio mediante la ponderación de los espesores.

Ilustración 5. El método estándar de secciones transversales para calcular volúmenes *A* es una representación de un cuerpo dividido por secciones no paralelas. *B*, vista en planta del sistema de construcción de las perpendiculares h_1 y h_2 desde sus respectivos centros *d*



Las fórmulas de geometría de sólidos conocidas, como la fórmula de área mediana, la fórmula de pirámides y conos truncados, la fórmula de cuña y cono, la fórmula prismoidal y la fórmula de Bauman, se utilizan para calcular volúmenes.

Cuando las secciones no son paralelas, se utilizan técnicas diferentes de las que se describieron anteriormente. Este caso es de interés en la minería porque las secciones converjan o divergen debido a la variabilidad en el rumbo de los cuerpos mineralizados.

Si el ángulo de intersección entre las secciones es menor de 10° , se puede utilizar la fórmula dada por Zolotarev:

$$V = \frac{(S1 + S2) (h1 + h2)}{(2) (2)}$$

Las áreas mineralizadas de cada sección son S1 y S2, y las longitudes de las perpendiculares trazadas desde el centro de gravedad de cada sección hasta el otro son h1 y h2. En general, los resultados de la fórmula de Zolotarev son ligeramente diferentes de los de la fórmula del área mediana.

La fórmula de Zolotarev debe corregirse mediante el factor $\alpha/\sin \alpha$ cuando el ángulo de divergencia entre las secciones es mayor de 10° . El factor α está dado en radianes. La fórmula se convierte entonces en:

$$V = \frac{\alpha (S1 + S2) (h1 + h2)}{(\sin \alpha) (2)(2)}$$

Cuando las áreas de las secciones difieren más de cuatro veces, la fórmula pierde precisión. Algunos creen que las fórmulas que se ven producen un error sistemático por exceso al calcular las reservas. En el caso de un fragmento de cuerpo en forma de anillo, si su centro coincidiera con la intersección de las secciones, la fórmula sería precisa.

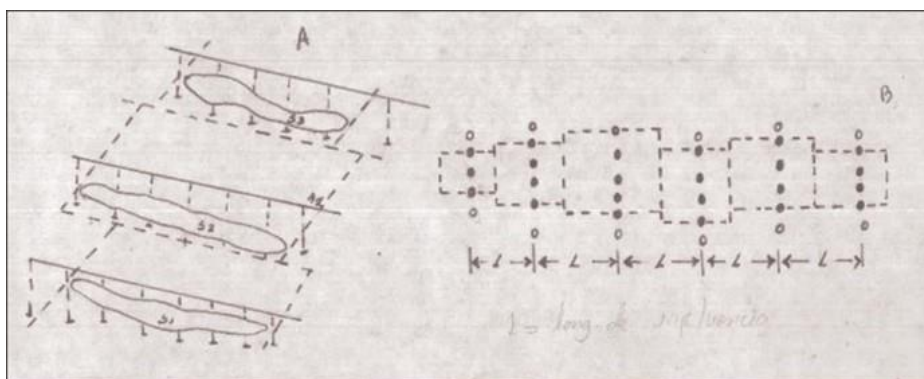
En ocasiones, es difícil encontrar el centro de gravedad de cada sección, y se pueden utilizar técnicas gráficas para lograrlo. El método más sencillo es dibujar el área en un cartón y encontrar su centro de gravedad colgando la figura resultante en un hilo.

Hay formas sencillas de calcular las reservas en el caso de secciones paralelas.

B. Método Lineal.

Este método para calcular reservas construye bloques utilizando la regla de los puntos más cercanos.

Ilustración 6. A, un diagrama de bloque que sigue la regla de los puntos más cercanos: B, trazando los bloques de acuerdo con la misma regla



Este procedimiento implica que cada bloque descansa sobre una sección, cuya longitud de influencia se extiende por mitades hasta las secciones contiguas. El tonelaje de mineral Q, que es igual a las reservas de metal P, generalmente se calcula multiplicando el área A por las reservas lineales de mineral q1 y las reservas de metal p1, o sea:

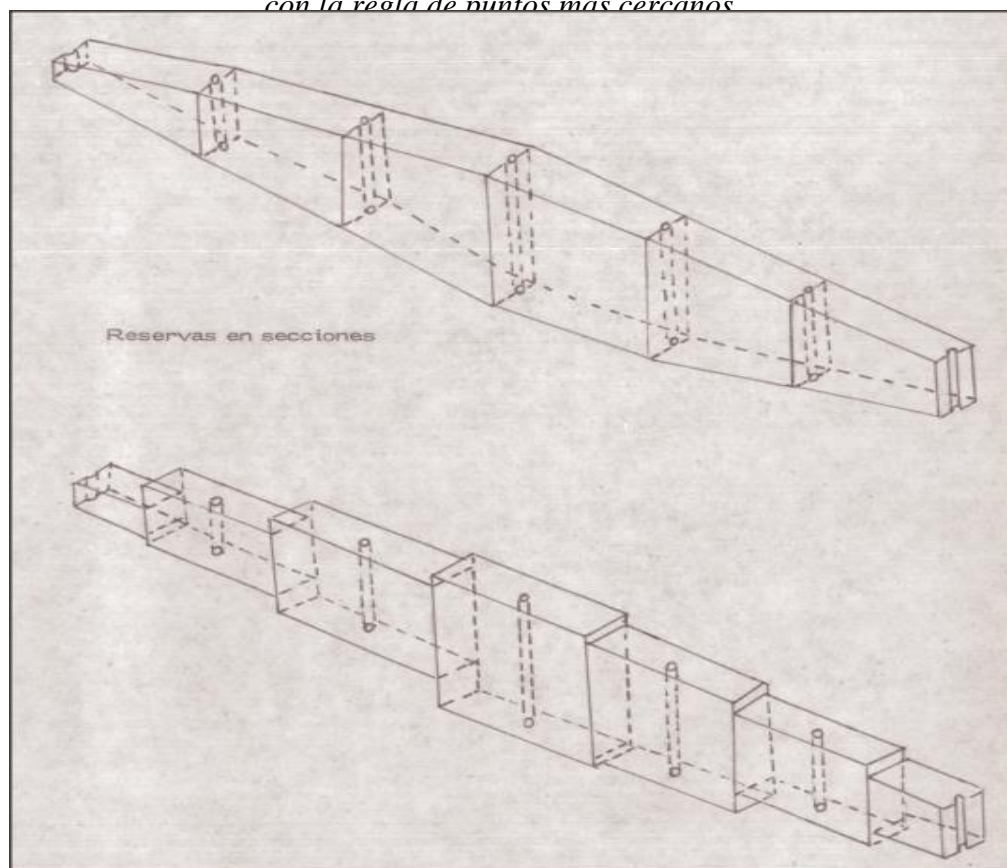
$$Q = q_1 A \text{ y } P = p_1 A$$

En ocasiones, las reservas de metal y mineral se expresan en volumen, lo que lleva a la transformación de las fórmulas anteriores.

En el cálculo de las reservas de aluviones, se utiliza el método lineal, en el que la exploración se lleva a cabo en etapas; las líneas de exploración se trazan perpendicularmente al cauce del río y los trabajos se distribuyen a lo largo de esa línea. La construcción de los bloques cambia si se agregan otras líneas de exploración entre las trazadas inicialmente, lo que reduce las distancias entre

secciones y áreas de influencia. Sin embargo, las reservas permanecen sin cambios.

Ilustración 7. Metodología de secciones transversales Reservas tanto en la sección como en línea. A, formación de bloques auxiliares de acuerdo con la regla de cambios graduales. B, conformación de bloques auxiliares de acuerdo con la regla de puntos más cercanos



La geología del depósito se ilustra gráficamente utilizando los métodos de secciones transversales. En general, el procedimiento es sencillo y rápido, pero se necesitan diagramas y secciones auxiliares si se desea una mayor precisión. Si se colocan o trazan las secciones en intervalos cortos, se puede mejorar la precisión de los cálculos.

Evite ubicar secciones de manera arbitraria. Su construcción no debe basarse en interpretaciones hechas a distancias que no son apropiadas para el tipo de depósito.

La elección de una fórmula depende de la ubicación de las secciones, el tamaño y la forma de las áreas mineralizadas y las distancias entre secciones.

El método de las secciones transversales se puede utilizar para calcular con buena precisión los cuerpos minerales uniformes en espesor y tenor, o aquellos cuyos cambios son graduales. En ocasiones, se construyen dos juegos de secciones a ángulo recto una de otra en cuerpos grandes con valores distribuidos uniformemente, como en los inventarios y las diseminaciones. En estos juegos, uno controla al otro.

El método puede usarse cuando los yacimientos son irregulares, pero con discreción. Cuando se requiere el cálculo de varios componentes y hay variaciones en los tenores de cada uno de ellos, el método no funciona. Desde el punto de vista del diseño de los métodos mineros, las secciones transversales horizontales situadas en niveles u horizontes son preferibles.

C. Método de las Isolíneas

Las isolíneas son curvas que unen todos los puntos que tienen el mismo valor, como los puntos de la misma elevación en un mapa topográfico. Las isolíneas se utilizan ampliamente en ingeniería para mostrar la distribución de valores visualmente.

La técnica utiliza la regla de los cambios graduales para construir isolíneas y encontrar los valores intermedios entre puntos de valor conocidos mediante interpolación. Las isolíneas son representaciones de algunas características de los cuerpos minerales.

Las líneas forman una superficie imaginaria que es la representación gráfica de valores que siguen los principios de la geometría de sólidos y analítica. Las raíces de estas superficies topo son susceptibles de agregar,

sustraer, multiplicar, dividir, diferenciar, integrar, involucionar y extraer.

En la evaluación de yacimientos, las isocurvas se utilizan con mayor frecuencia para calcular espesores, tenores y factores promedios. Solo se requiere un mapa de isopacas (curvas de igual espesor) para calcular el volumen y el tonelaje. Una unidad de reserva en un mapa como este se compone del producto del espesor en ese punto y del área. El tonelaje se puede obtener utilizando un factor adecuado.

Los cálculos pueden ser difíciles cuando el espesor del cuerpo mineral es irregular. En el caso de que el área de espesor h_2 se divida en dos partes, S_{21} y S_{22} , el volumen de la tajada entre h_1 y h_2 será.

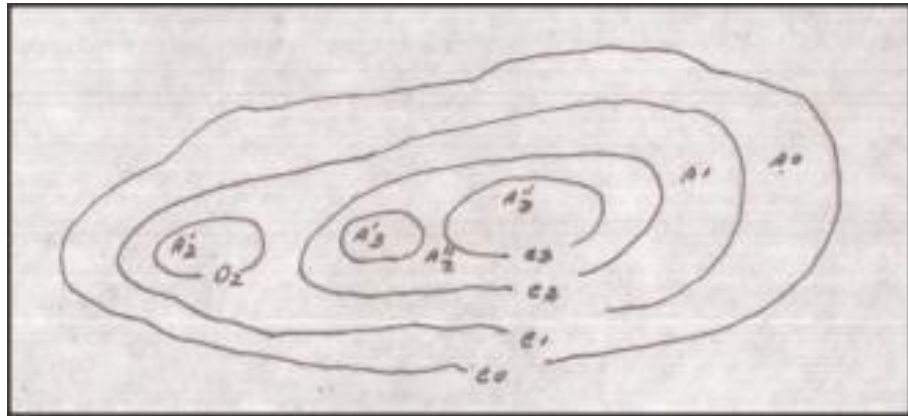
$$V = \frac{(S_1 + (S_{21} + S_{22})) \cdot h_2}{2}$$

Ilustración 8. Isopacas



Se puede crear un mapa de isotenores para calcular el tenor promedio. La siguiente ilustración muestra cómo se ponderan las áreas delimitadas por líneas isotenores.

Ilustración 9. Mapa de isotenores.



La expresión proporciona el tenor promedio:

$$C_{pr} = \frac{c_0 A_0 + c/2 (A_0 + 2A_1 + 2A_2 + \dots + A_n)}{A_0}$$

Las fórmulas anteriores contienen los términos:

h = intervalo de espesor constante entre isolíneas
S₀ = área encerrada por la línea de contorno h₀
C₀ = tenor mínimo en el mineral
c = intervalo de tenor constante entre isolíneas
A₀ = área del cuerpo mineral de tenor c₀ o mayor.
A₁ = área del cuerpo mineral de tenor c₀ + c y tenores

Se pueden encontrar toneladas de reservas de metal multiplicando las topografías de los mapas de isopacas e isotenores y creando mapas de reservas lineales. El significado geométrico de las reservas lineales se ilustra mediante un lingote ficticio en el que todas las partículas de metal se han asentado sobre el plano del mapa.

2.3. Definición de términos básicos

Boca Mina: Boca o entrada de una mina.

Buzamiento (DIP): es el ángulo que forma una veta, estrato o manto con respecto a la horizontal y se mide en un plano vertical.

Caballo: Es el área estéril de gran tamaño que se encuentra dentro de la veta, que generalmente está hecha del mismo material que las rocas encajonantes.

Caja Piso: Es la roca debajo de la veta.

Caja Techo: Es la roca que está encima de una veta inclinada.

Constituyentes esenciales de los criaderos son: la ganga, la mena y el estéril. **Contactos litológicos:** Que normalmente forman las cajas de techo y piso de una veta.

Criadero, Yacimiento o Depósito Mineral: Parte o parte de la corteza terrestre donde se formaron sustancias minerales útiles por procesos geológicos y que pueden ser explotadas con beneficio económico, utilizando los medios técnicos disponibles.

Cuerpo (ORE BODY): Son depósitos de minerales que son grandes e irregulares y carecen de forma o tamaño definidos.

Depósitos primarios y secundarios. Los primeros están relacionados con el proceso de formación original de las rocas. La alteración de los primeros da como resultado la formación de segundos minerales.

Desmonte: Es cualquier cosa inútil y sin valor económico.

Diaclasas: Las fracturas que no han sufrido desplazamiento y que suelen aparecer en la masa rocosa se denominan juntas. **Diseminaciones.** Son yacimientos mineralizados donde la masa rocosa contiene granos minerales dispersos.

Espaciado: Es la distancia entre dos discontinuidades adyacentes que se encuentra en línea recta. Esto influye en el tamaño de los bloques de roca intactos. Los bloques con más espacio serán más grandes y los bloques con menos espacio serán más pequeños.

Estratificación: Es una superficie de roca sedimentaria que separa capas de igual o diferente litología. Las rocas formadas por metamorfismo de sedimentos también pueden contener estas rocas.

Explotación. Es un proceso de minado en el que el mineral valioso se extrae mediante una variedad de métodos de explotación para que pueda ser utilizado en una planta concentradora.

Fallas: Las grietas se han movido. Estas son fracturas pequeñas que se encuentran en áreas cercanas a la mina o estructuras importantes que pueden extenderse por toda la mina.

Ganga. Área de minerales no valiosos que están relacionados con la parte legal. Este concepto es relativo porque cambia con el tiempo, las cotizaciones y la ley del mineral.

Hilos. Vetillas muy delgadas de mineral que se cruzan entre sí.

Investigaciones Geotécnicas. - Es un cronograma de investigaciones geotécnicas que usa perforaciones diamantinas para establecer los parámetros y características hidrogeológicas de los materiales que se hallan en la zona de estudio.

Lentes. Es la forma del yacimiento lenticular cuya fuerza disminuye hacia su contorno. Los lentes medición en decenas de metros.

Mantos. La mayoría de los cuerpos mineralizados en forma tabular tienen una gran potencia en comparación y se encuentran en una posición horizontal o ligeramente inclinada menor de 30o.

Masa Rocosa: Es el medio in situ que contiene diversos tipos de discontinuidades, como fallas, diaclasas, estratos y otros rasgos estructurales.

Matriz rocosa. - Material rocoso que no presenta discontinuidades o bloques rocosos intactos entre discontinuidades. A pesar de ser considerada continua, es heterogénea y anisótropa, y está ligada a la fábrica, textura y estructura, minerales.

Mena. Parte más valiosa del mineral a partir del cual se pueden extraer uno o más metales en un precio razonable.

Mineral. La mena y la ganga son dos elementos inorgánicos de origen natural que forman la corteza terrestre y tienen un valor económico. Además, es una sustancia inorgánica.

Minería. Parte de la industria que se ocupa de la búsqueda, extracción, beneficio y venta de minerales y rocas rentables.

Orientación: Es la posición de la discontinuidad en el espacio, y su rumbo y buzamiento la describen. Un grupo de discontinuidades que se presentan con una orientación similar y son aproximadamente paralelas se denomina un "sistema" o una "familia" de discontinuidades.

Perfil geotectónico: Es el conjunto de tareas que incluyen la investigación del subsuelo. el análisis y las sugerencias para el diseño y la construcción del subsuelo.

Perfil litológico: Es la sección de la geología que estudia la composición y estructura de las rocas, incluido el tamaño del grano, las características físicas y químicas, las estructuras metamórficas, entre otras cosas. Incluye también su composición, textura, tipo de transporte y material cementante.

Perforación: Es el primer paso en el proceso de preparación de una voladura. El objetivo es abrir huecos cilíndricos en la roca llamados taladros, que albergarán al explosivo y sus componentes iniciadores.

Persistencia: Es el tamaño o la extensión de una discontinuidad. La masa rocosa será más estable con menor persistencia y menos estable con mayor persistencia.

Pliegues: Las intrusiones de roca ígnea de forma tabular, que generalmente se presentan empinadas o verticales, son estructuras en las que los estratos se presentan curvados.

Potencia. El ancho o espesor de un yacimiento mineralizado medido perpendicular a las cajas.

Productividad. - Es la relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos.

Relleno: Los materiales dentro de la discontinuidad La masa rocosa es menos competente en materiales suaves, pero más competente en materiales duros.

Roca intacta: Es el bloque que se encuentra entre las discontinuidades y se puede representar mediante una muestra de mano o un trozo de testigo utilizado en ensayos de laboratorio.

Roca meteorizada: Es la desintegración de minerales y rocas que sucede sobre o junto de la superficie terrestre cuando estos materiales ingresan en contacto con la atmósfera, hidrósfera y la biósfera.

Rumbo (STRIKE). Es la orientación de una veta, estrato o manto inclinado con relación al norte magnético en un plano horizontal.

Veta o Filon. Son pequeñas ranuras llenas de mineral en la corteza terrestre que generalmente están inclinadas más de 30o y tienen un desarrollo regular en longitud, ancho y profundidad

Yacimiento de Mineral. Compuesto de uno o más minerales que contiene sustancias metálicas aprovechables cualquiera que sea su tamaño o forma que presenta el conjunto.

Zonas de corte: Son bandas de material de varios metros de espesor donde ha fallado la roca.

Zonificación geomecánica. - proceso de separación de áreas con masas de roca con condiciones geomecánicas y comportamiento similares.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Realizar la estimación de los Recursos Minerales para Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo S.A.A.

2.4.2. Hipótesis específicos

- a) Estimar los Recursos Minerales para calcular la ley equivalente del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo.
- b) Determinar los Recursos Minerales para calcular el Cut Off del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

X: Estimación de los Recursos Minerales del Proyecto Hilarión.

2.5.2. Variable dependiente

Y: Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacionalización de Variables.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Estimación de los Recursos Minerales del Proyecto Hilarión	La estimación de recursos incluye metodologías que utilizan solo información estadística convencional (polígonos, seccionales, inversa de la distancia, etc.) y otras que incorporan las características espaciales de los datos capturados <i>in-situ</i> (kriging) y sus variantes. En general, la elección del método más adecuado para la estimación de reservas depende directamente de varios factores, incluida la geología del depósito, el método de exploración, la disponibilidad y la confiabilidad de los datos que se utilizarán para el estudio, los objetivos del cálculo y el nivel de precisión requerido.	Planeamiento Minero Plan de Minado	Reserva Mineral Cubicación Recursos Minables
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión	Se requiere Calcular la Ley Equivalente y optimizar el Cut Off, por economía de escala. La forma más efectiva de conseguir un nivel bajo de Cut Off, es incrementando la producción para bajar los costos fijos. También mediante la optimización del diseño de mina, con una alta mecanización de sus operaciones. Esta estrategia esta soportada en las características geológicas del yacimiento, donde su ubicación respecto a las labores de accesibilidad y al desarrollo simultaneo de varios frentes, facilitan la implementación de esta estrategia.	Compañía Minera Milpo - Ancash	Ley Equivalente Cut Off Secuencia de Minado

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

- Fundado en la Estimación de los Recursos Minerales, se determina que tenemos una investigación del tipo Cuantitativa.
- Aplicada: En el desarrollo de la Estimación de los Recursos Minerales para determinar la ley promedio y el Cut Off de Hilarión.
- Experimental: Por toda la información encontrada y la obtenida para desarrollar el proyecto.
- Documental: Determinada por todos los archivos proporcionados por la empresa y la elaboración de documentos durante la ejecución de la investigación.
- De campo y de laboratorio: Por los resultados obtenidos para determinar la Ley Promedio y el Cut Off.

3.2. Métodos de la investigación

Para detallar el método seguido en la investigación se detalla lo siguiente:

Método deductivo: Análisis de datos para determinar lo requerido en la investigación.

Método inductivo: Fundado en las Leyes obtenidas de mineral del Proyecto Hilarión, hasta llegar a determinar la Ley Equivalente y Cut Off, para Hilarión.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño corresponde a una investigación cuantitativa, descriptiva y de correlación, ya que se validan las leyes obtenidas hasta llegar a una equivalencia promedio para poder determinar el Cut Off del Proyecto Hilarión.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Los Recursos Minerales del Proyecto Hilarión, como son Zn-Pb-Ag, que nos permitirá establecer las equivalencias y el Cut Off, para el desarrollo y explotación de la mina.

3.4.2. Muestra

Son todos los detalles obtenidos del yacimiento Hilarión, a través de los sondeos diamantinos para identificar los cuerpos mineralizados y su valor económico para validar el Proyecto.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

3.5.1. Técnicas

Descripción de las técnicas empleadas

- Recopilación y Análisis de Datos

Prospección, cateo, mapeo geológico y sondeo diamantino.

- **Observación directa y toma de datos**

A través del mapeo geológico se realizaron observaciones directas de toda la zona que corresponde al Proyecto Hilarión, para establecer la secuencia geológica del yacimiento.

- **Búsqueda de Información Bibliográfica**

Mediante el Internet, se obtuvo información básica de los trabajos a efectuar, que sirvieron como herramientas para elaborar nuestra secuencia de trabajo.

3.5.2. Instrumentos.

Materiales

- Planos topográficos.
- Mapeos geológicos anteriores.
- Mapeos geológicos realizados.
- Equipos de Perforación Diamantina.
- Porta testigos diamantinos.
- Picota, brújula, flexómetro, mapeador, libreta de campo.
- Estación Total.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El presente estudio consolida los resultados de los análisis realizados en el ámbito de la planificación como; estimación de la reserva, diseño minero, programa de avance, método de explotación, programa de producción y servicios generales mina, asociado al desarrollo y explotación del yacimiento Hilarión.

3.7. Tratamiento estadístico

Con respecto al tratamiento estadístico de datos se empleó la Estadística descriptiva para definir su tendencia en la muestra, las acciones que se aplicaron

sobre las unidades experimentales y que son objeto de comparación para determinar las Equivalencias y el Cut Off del Proyecto Hilarión. Los cuales permitieron obtén modelo estadístico que reflejan los resultados obtenidos.

3.8. Orientación ética filosófica y epistémica

Con referencia a la ética se respetaron los derechos y la dignidad de todas las personas con las que tuvo contacto; permitiéndonos actuar con discreción, cordialidad y sentido común.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Descripción del trabajo de campo

El proyecto “Hilarión” cuenta con un recurso mineral marginal, su explotación demandará inversiones considerables (1) básicamente asociados a la construcción de la presa de relaves y a su plan de accesibilidad.

TWP propone optimizar el Cut Off, por economía de escala. La forma más efectiva de conseguir un nivel bajo de Cut Off, es incrementando la producción para bajar los costos fijos. También mediante la optimización del diseño de mina, con una alta mecanización de sus operaciones. Esta estrategia esta soportada en las características geológicas del yacimiento, donde su ubicación respecto a las labores de accesibilidad y al desarrollo simultaneo de varios frentes, facilitan la implementación de esta estrategia.

El yacimiento de Hilarión no cuenta con zonas importantes, donde se concentren leyes altas, una realidad que limita, hasta un nivel de no ser factible, la priorización de la extracción de leyes altas al inicio de la operación.

El diseño minero propuesto, y las necesidades operacionales inherentes, determinan que el inicio de la producción sea a través de la explotación de los cuerpos ubicados en los niveles inferiores, y en forma ascendente hacia los niveles superiores. Asimismo, la explotación considera una secuencia de minado en retirada, dejando los espacios vacíos (producto de la extracción del mineral), rellenos en forma longitudinal al avance de la explotación. Estas actividades son requeridas para tener un mejor control tanto de la dilución como de las inflexiones de la estructura mineralizada, y en respuesta a la presencia de diques paralelos a la mineralización.

Otro aspecto importante que soporta esta estrategia es la seguridad (necesidad de mantener la estabilidad local y global de la excavación), lo que condiciona a la obtención de leyes según el aporte de los tajeos que irán minándose según esta secuencia, por seguridad se recomienda privilegiar los aspectos relacionados a mantener la estabilidad de la excavación.

Para el proyecto “Hilarión”, TWP ha propuesto dos métodos de explotación, por lo tanto, la estimación de reservas demandará el cálculo y uso de 2 Cut Off diferenciados, por método de explotación y por tasa de producción. Los métodos de explotación propuestos son los siguientes:

- Sub Level Longitudinal con relleno
- Bench and Fill Stopping.

El cálculo del Cut Off, y aportes de cada método de explotación se muestran en el desarrollo de este informe.

El sustento teórico para la determinación del Cut Off, está en identificar la ley mínima de cabeza en la explotación, que genere un valor del mineral y que iguale a su costo de producción y más los gastos de administración y ventas.

El proyecto tendrá posibilidades de ser ejecutado, cuando los ingresos (producto de la venta de concentrados), superen los costos asociados (extracción, procesamiento, y comercialización).

- (1) Inversiones que son relativamente mayores a las requeridas para un nivel de producción esperado (10 000 TPD).

Agrupación de Cuerpos por Isoleyes

Para un mejor entendimiento de las posibilidades del yacimiento en la necesidad de definir la opción de explotación selectiva o masiva se hace la agrupación de cuerpos por Isoleyes.

Ilustración 10. *Agrupación de Cuerpos por Isoleyes (Vista Longitudinal)*

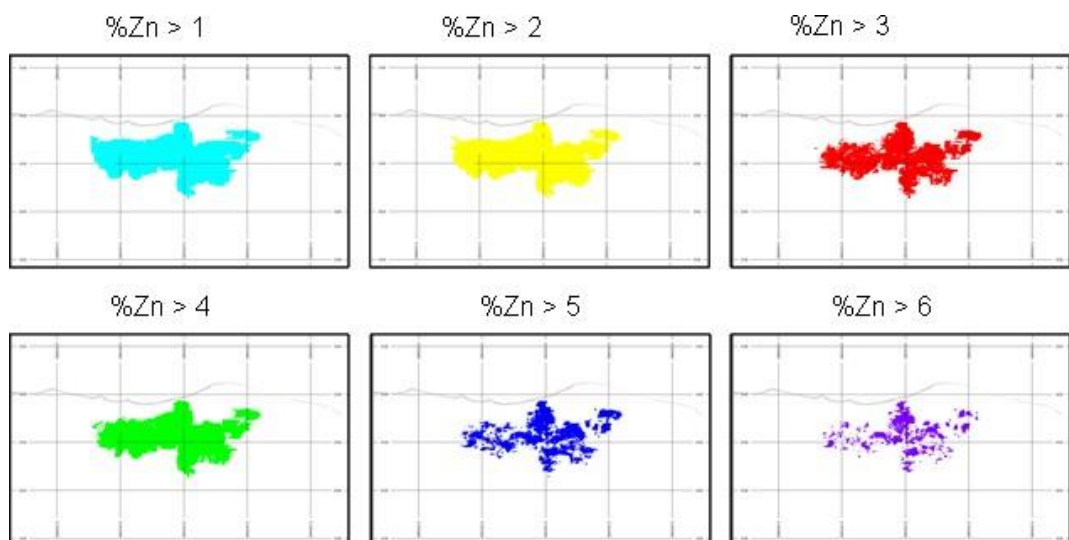
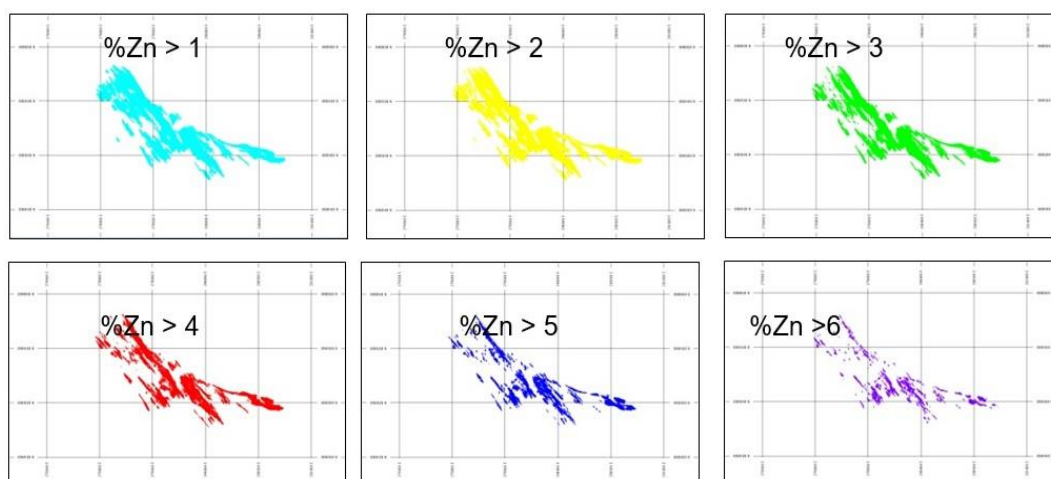


Ilustración 11. Agrupación de Cuerpos por Isoleyes (Vista en Planta)



Los resultados de este análisis muestran la dispersión de cuerpos aislados con leyes de 5 - 6% Zn, que no ayudan a la implementación de planes de producción selectivos, por lo que para el mejor aprovechamiento y beneficio de estos recursos, se acomodaran mejor planes de producción masivos.

Agrupación de Cuerpos Por Isopotencias

Los cuerpos mineralizados del Proyecto Hilarión presentan potencias variables a lo largo de su orientación y elevación.

Se realizó la agrupación de sectores y cuerpos, en base a secciones horizontales (c 24 m) y perpendiculares a la estructura mineralizada, desde los niveles 4156 hasta el 4740.

De esta agrupación o clasificación de cuerpos en base a su potencia se observó lo siguiente:

- Potencia Mínima 0.19 m, corresponde al cuerpo 23.
- Potencia Máxima 54.03 m, corresponde al cuerpo 12.
- Potencia Promedio de cuerpos angostos 1.15 m.
- Potencia Promedio de cuerpos potentes 21.49 m.

Estos detalles se muestran en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.14](#) y [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.15](#) y se complementan con la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3](#), la misma que muestran la irregularidad en las potencias para cada cuerpo mineralizado.

Ilustración 12. Distribución de Potencias por Cuerpos Mineralizados

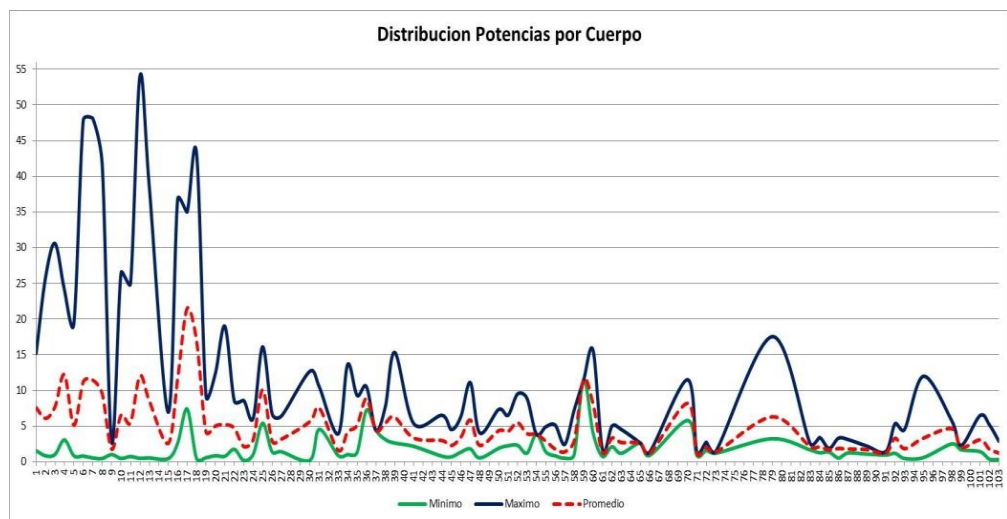


Ilustración 13. Distribución de Potencias por Cuerpos Mineralizados

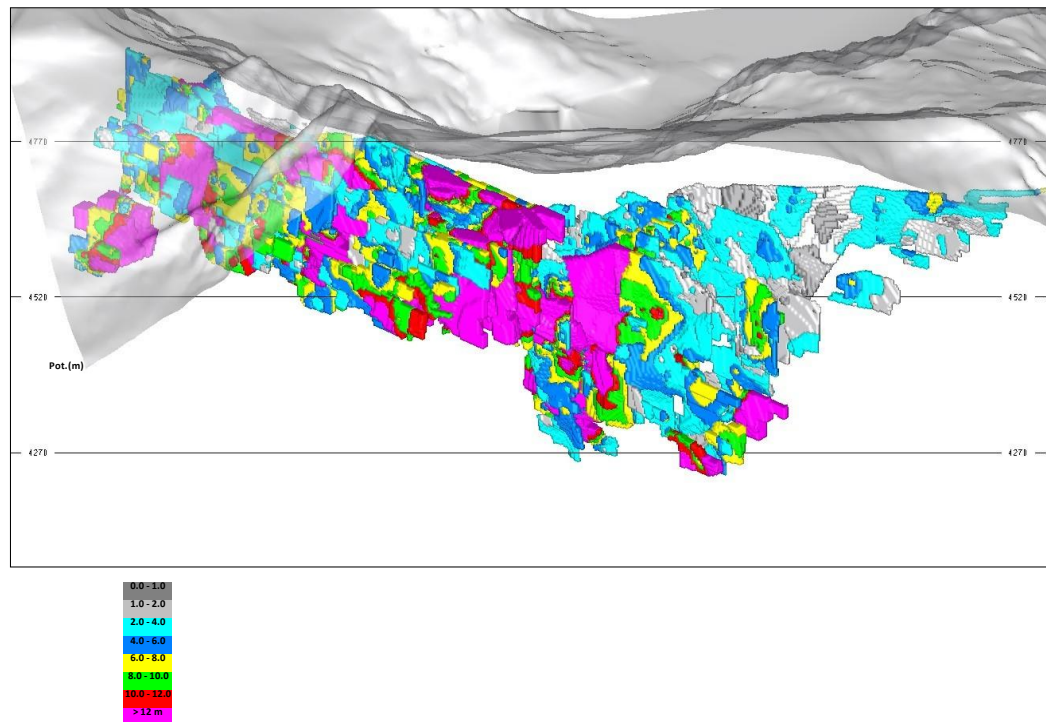


Tabla 2. Estadística Básica de Potencias por Cuerpos Mineralizados

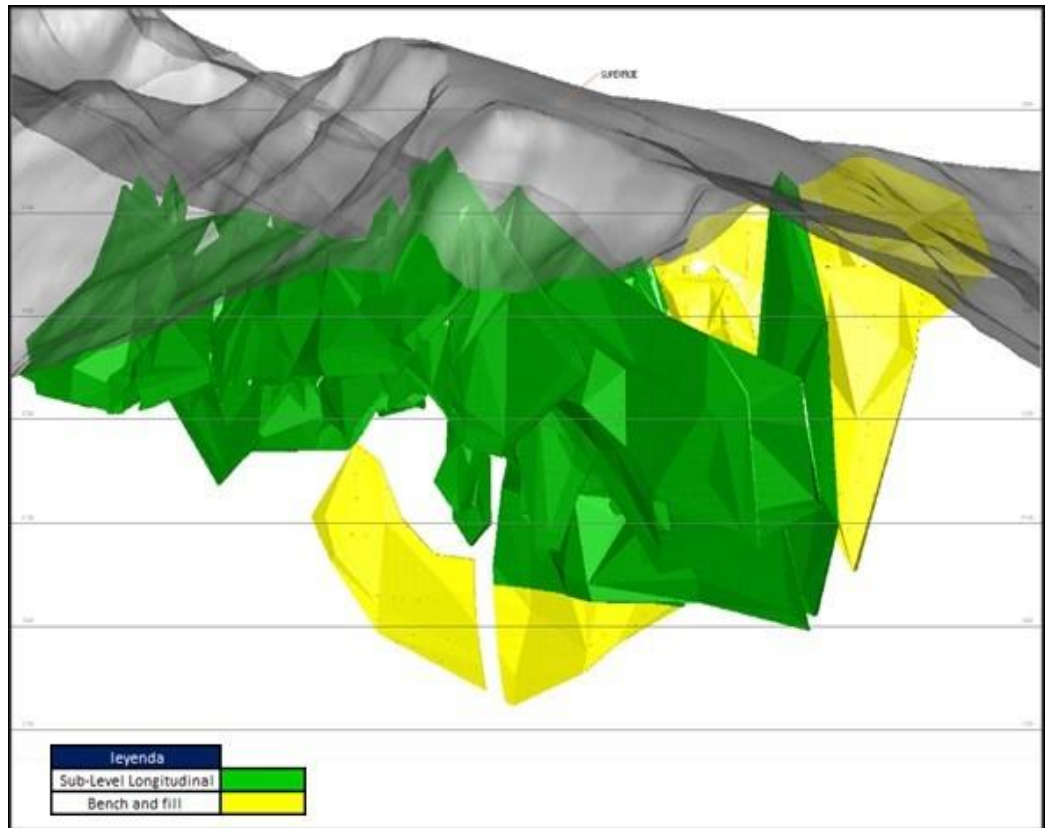
Cpo	Minimo	Maximo	Promedio	Cpo	Minimo	Maximo	Promedio
1	1.56	15.18	7.57	47	1.81	11.10	5.84
2	0.84	25.82	6.08	48	0.54	4.04	2.30
3	1.02	30.59	7.68	50	1.88	7.33	4.36
4	3.07	24.09	12.22	51	2.24	6.53	4.26
5	0.84	19.39	5.12	52	2.32	9.50	5.48
6	0.80	47.89	11.19	53	1.21	8.89	3.95
7	0.54	48.10	11.44	54	3.87	3.87	3.87
8	0.46	41.73	9.56	55	1.39	4.91	2.89
9	1.01	2.76	1.78	56	0.83	5.12	1.78
10	0.47	26.48	6.53	57	0.50	2.44	1.40
11	0.74	24.97	5.46	58	0.98	7.25	2.92
12	0.48	54.03	12.03	59	11.48	11.48	11.48
13	0.54	38.33	8.52	60	4.03	15.61	8.11
15	0.45	6.94	2.58	61	0.76	1.71	1.29
16	2.61	36.80	11.62	62	2.11	4.99	3.32
17	7.40	35.00	21.49	63	1.19	4.52	2.70
18	0.46	43.18	16.98	65	2.62	2.62	2.62
19	0.58	9.22	4.21	66	0.90	1.36	1.15
20	0.85	12.44	5.02	70	5.79	11.50	8.20
21	0.77	18.98	5.20	71	0.89	1.36	1.15
22	1.75	8.53	4.70	72	1.60	2.73	2.05
23	0.19	8.58	2.14	73	1.20	1.45	1.34
24	1.04	6.10	3.07	79	3.23	17.54	6.30
25	5.41	16.10	10.08	83	1.67	2.55	2.12
26	1.41	6.73	2.92	84	1.26	3.41	2.08
27	1.40	6.43	3.17	85	1.37	1.87	1.66
30	0.20	12.68	5.62	86	0.53	3.31	1.85
31	4.55	10.50	7.53	87	1.23	3.12	1.78
33	0.88	3.91	1.60	89	1.08	2.20	1.70
34	1.01	13.61	4.17	91	0.95	1.41	1.18
35	1.29	9.31	5.09	92	1.18	5.35	3.30
36	7.23	10.51	8.84	93	0.47	4.53	1.83
37	4.40	4.40	4.40	95	0.59	11.99	3.31
38	3.12	7.75	5.44	98	2.51	5.76	4.64
39	2.62	15.32	6.24	99	1.69	2.30	2.01
41	2.16	5.35	3.33	101	1.42	6.48	3.08
44	0.78	6.51	2.98	102	0.35	5.16	1.75
45	0.69	4.51	2.28	103	0.32	2.86	1.22
46	1.36	6.34	3.44				

Teniendo como referencia, el modelo de isopotencias de los cuerpos mineralizados (donde se muestra la irregularidad de las potencias a lo largo de su orientación y elevación), se realizó un agrupamiento de zonas en base a su distribución espacial (3D) a distintos niveles, considerando para ello, todo el recurso mineral interpretado por Milpo, es decir, Recursos Medidos, Indicados e Inferidos. En base a este agrupamiento se identificaron los cuerpos mineralizados según sus potencias para los siguientes métodos de minado:

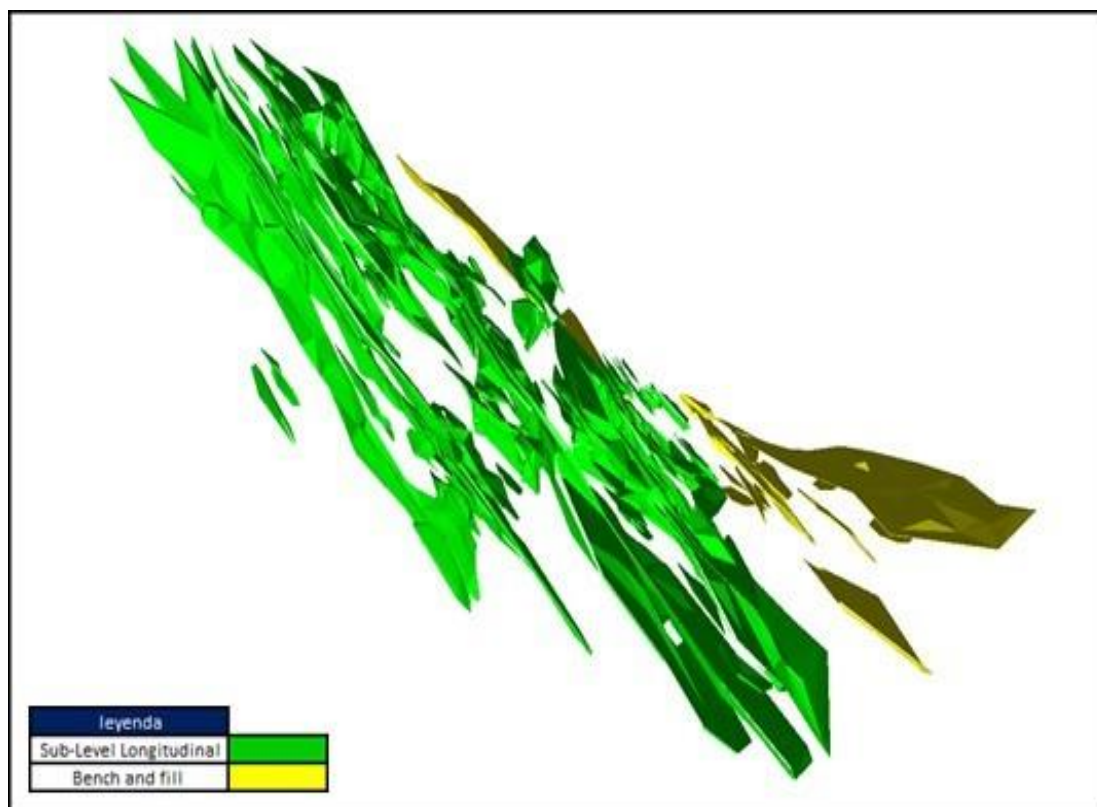
- Sub Level Longitudinal con relleno, para estructuras agrupadas con potencias mayores a 2m.
- Bench and Fill Stopping, para estructuras aisladas de potencias mayor a 1m. y con leyes altas.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.16** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.17**, muestra el Recurso Mineral donde se emplearán los métodos de explotación Sub Level Longitudinal y Bench and Fill Stopping.

Ilustración 14. Agrupación de Sectores Por Potencias y Método de Explotación Vista Isométrica



*Ilustración 15. Agrupación de Sectores Por Potencias y Método de Explotación
Vista Planta*



Reporte de Recursos Minerales por Tipo de Minado.

Habiendo identificado 02 tipos de minado para la explotación de Hilarión, se zonificaron y ordenaron los recursos para cada uno de los mismos. Observando que el 95% del Mineral, se explotará por Sub Level Stoping Longitudinal con Relleno y el 5 % con Bench and Fill.

Tabla 3. Reporte de Recursos por Tipo de Minado

TM	Cut-Off %Zn	Medido					Indicado					Medido + Indicado				
		Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %
Sub Level Longitudinal Con Relleno	0.00	15,924,175	3.32	0.96	1.24	0.03	40,717,843	3.10	0.54	0.81	0.03	56,642,018	3.16	0.65	0.93	0.03
	1.00	15,810,630	3.34	0.96	1.24	0.03	40,160,254	3.14	0.54	0.81	0.03	55,970,884	3.19	0.66	0.93	0.03
	2.00	14,078,481	3.54	0.99	1.29	0.03	32,988,358	3.47	0.54	0.84	0.04	47,066,839	3.49	0.67	0.97	0.03
	3.00	8,753,531	4.16	1.04	1.42	0.03	19,349,782	4.15	0.52	0.87	0.04	28,103,313	4.15	0.68	1.04	0.04
	3.50	6,033,354	4.58	1.06	1.51	0.03	13,056,310	4.59	0.51	0.89	0.05	19,089,664	4.58	0.68	1.09	0.04
	4.00	3,839,309	5.06	1.10	1.60	0.03	8,345,483	5.07	0.49	0.92	0.05	12,184,792	5.07	0.69	1.13	0.05
5.00	1,430,040	6.15	1.16	1.68	0.03	3,259,088	6.11	0.53	1.01	0.06	4,689,128	6.12	0.72	1.21	0.05	

TM	Cut-Off %Zn	Inferido					Med + Ind + Int				
		Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %
Sub Level Longitudinal Con Relleno	0.00	59,467,850	3.07	0.40	0.68	0.06	116,109,868	3.11	0.52	0.80	0.05
	1.00	57,310,014	3.16	0.40	0.68	0.06	113,280,898	3.18	0.53	0.80	0.05
	2.00	42,818,695	3.70	0.40	0.69	0.06	89,885,554	3.59	0.54	0.83	0.05
	3.00	24,841,943	4.59	0.40	0.71	0.07	52,945,256	4.36	0.55	0.89	0.06
	3.50	17,885,889	5.12	0.39	0.74	0.08	36,975,553	4.84	0.54	0.92	0.06
	4.00	12,518,960	5.71	0.41	0.78	0.09	24,703,752	5.39	0.55	0.95	0.07
5.00	6,289,627	6.97	0.46	0.82	0.09	10,978,755	6.60	0.57	0.99	0.07	

TM	Cut-Off %Zn	Medido					Indicado					Medido + Indicado				
		Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %
total	0.00	16,056,254	3.32	0.97	1.24	0.03	42,754,513	3.12	0.60	0.86	0.04	58,810,767	3.17	0.70	0.97	0.03
	1.00	15,940,794	3.34	0.97	1.25	0.03	42,140,714	3.16	0.60	0.86	0.04	58,081,508	3.20	0.70	0.97	0.03
	2.00	14,189,753	3.54	1.00	1.29	0.03	34,716,160	3.48	0.61	0.89	0.04	48,905,913	3.50	0.73	1.01	0.03
	3.00	8,811,992	4.16	1.05	1.43	0.03	20,527,254	4.17	0.62	0.95	0.04	29,339,246	4.17	0.75	1.09	0.04
	3.50	6,075,680	4.58	1.08	1.52	0.03	13,952,500	4.61	0.63	0.99	0.05	20,028,180	4.60	0.76	1.15	0.04
	4.00	3,869,834	5.06	1.12	1.62	0.03	9,025,884	5.09	0.65	1.04	0.05	12,895,718	5.08	0.79	1.21	0.05
5.00	1,441,416	6.15	1.18	1.69	0.03	3,653,494	6.09	0.74	1.18	0.06	5,074,910	6.11	0.86	1.52	0.06	

TM	Cut-Off %Zn	Inferido					Med + Ind + Int				
		Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %
total	0.00	67,992,687	3.02	0.42	0.71	0.07	126,803,454	3.09	0.55	0.83	0.05
	1.00	65,409,280	3.11	0.42	0.72	0.07	123,490,788	3.15	0.56	0.84	0.05
	2.00	48,012,000	3.67	0.43	0.73	0.07	96,917,913	3.59	0.58	0.87	0.05
	3.00	27,761,841	4.55	0.42	0.75	0.08	57,101,087	4.35	0.59	0.93	0.06
	3.50	19,270,599	5.13	0.44	0.81	0.10	39,298,779	4.86	0.61	0.98	0.07
	4.00	13,614,557	5.71	0.46	0.85	0.10	26,510,275	5.40	0.62	1.03	0.08
5.00	6,996,164	6.89	0.49	0.89	0.13	12,071,074	6.56	0.65	1.07	0.10	

TM	Cut-Off %Zn	Medido					Indicado					Medido + Indicado				
		Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %
Bench and Fill	0.00	132,079	3.17	2.09	1.87	0.05	2,036,670	3.49	1.93	1.85	0.06	2,168,749	3.47	1.94	1.85	0.06
	1.00	130,164	3.20	2.11	1.89	0.05	1,980,460	3.56	1.96	1.87	0.06	2,110,624	3.54	1.97	1.88	0.06
	2.00	111,272	3.51	2.19	2.03	0.05	1,727,802	3.86	2.04	1.96	0.06	1,839,074	3.84	2.05	1.96	0.06
	3.00	58,463	4.36	2.82	2.81	0.06	1,177,472	4.50	2.28	2.23	0.07	1,235,935	4.50	2.31	2.26	0.07
	3.50	42,326	4.80	3.08	3.26	0.06	896,190	4.90	2.41	2.40	0.07	938,516	4.90	2.44	2.44	0.07
	4.00	30,525	5.20	3.23	3.42	0.06	680,401	5.27	2.49	2.53	0.07	710,926	5.27	2.52	2.57	0.07
5.00	11,376	6.57	3.59	3.95	0.07	374,406	5.93	2.55	2.64	0.07	385,782	5.94	2.58	2.68	0.07	

TM	Cut-Off %Zn	Inferido					Med + Ind + Int				
		Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %	Tons	Zn %	Pb %	Ag Oz/tn	Cu %
Bench and Fill	0.00	8,524,837	2.65	0.56	0.97	0.13	10,693,586	2.82	0.84	1.15	0.11
	1.00	8,099,266	2.77	0.59	1.00	0.13	10,209,890	2.93	0.87	1.18	0.12
	2.00	5,193,905	3.45	0.65	1.11	0.15	7,032,379	3.55	1.01	1.33	0.13
	3.00	2,919,898	4.20	0.64	1.08	0.16	4,155,833	4.29	1.14	1.43	0.14
	3.50	1,384,710	5.23	1.11	1.64	0.28	2,323,226	5.09	1.65	1.97	0.19
	4.00	1,095,597	5.63	1.07	1.65	0.31	1,806,523	5.49	1.64	2.01	0.21
5.00	706,537	6.18	0.78	1.46	0.43	1,092,319	6.10	1.41	1.89	0.31	

Fuente: Milpo

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Cálculo del Cut-Off y NSR Proyecto Hilarión

El proceso de estimación de la reserva mineral del proyecto "Hilarión", que forma parte del inventario de recursos medidos más recomendados, revisados

y validados por Milpo. Los que fueron calculados utilizando un modelo de bloques de dimensiones 4x4x4m para un corte referencial de 3.0% de Zn.

Los procedimientos para estimar la Ley de Corte o Corte y el valor del mineral, NSR (Retorno Neto de Fundición), se desarrollan a continuación. Para el “Proyecto” por cada método de explotación.

Los parámetros utilizados se muestran como siguen:

- Inventario de recursos medidos más indicados (Leyes);
- Pruebas metalúrgicas;
- Balance metalúrgico proyectado;
- Precios proyectados de metales;
- Valorización de los concentrados;
- Valores unitarios;
- Valores equivalentes;
- Ley equivalente en Zn;
- Valor del Mineral (NSR US\$/TM);
- Estimación de Costos; y
- Cálculo del Cut Off.

Resumen del Recurso Mineral

Los resultados de la estimación de recursos minerales obtenidos por Milpo para una Cut off de 3.5%, se muestra en la Tablas siguientes:

Tabla 4. Resumen de Recurso Mineral Proyecto Hilarión (Med + Ind)

Cut Off % Zn	Medido					Indicado					Medido + Indicado				
	tons	Zn%	Pb%	Ag opt	Cu%	tons	Zn%	Pb%	Ag opt	Cu%	tons	Zn%	Pb%	Ag opt	Cu%
0.00	16,056,248	3.32	0.97	1.24	0.03	42,754,496	3.12	0.60	0.86	0.04	58,810,744	3.17	0.70	0.97	0.03
1.00	15,940,788	3.34	0.97	1.25	0.03	42,140,700	3.16	0.60	0.86	0.04	58,081,488	3.20	0.70	0.97	0.03
2.00	14,189,747	3.54	1.00	1.29	0.03	34,716,154	3.49	0.61	0.89	0.04	48,905,901	3.50	0.73	1.01	0.03
3.00	8,811,988	4.16	1.05	1.43	0.03	20,527,258	4.17	0.62	0.95	0.04	29,339,246	4.17	0.75	1.09	0.04
3.50	6,075,677	4.58	1.08	1.52	0.03	13,952,502	4.61	0.63	0.99	0.05	20,028,179	4.60	0.76	1.15	0.04
4.00	3,869,832	5.06	1.12	1.62	0.04	9,025,878	5.09	0.65	1.04	0.05	12,895,710	5.08	0.79	1.21	0.05
5.00	1,441,413	6.15	1.18	1.69	0.03	3,633,490	6.09	0.74	1.18	0.06	5,074,903	6.11	0.86	1.32	0.05

Fuente: Recuso mineral - Milpo.

Tabla 5. Resumen Del Recurso Mineral Proyecto Hilarión

Cut Off % Zn	Inferido					Med + Ind + Inf				
	tons	Zn%	Pb%	Ag opt	Cu%	tons	Zn%	Pb%	Ag opt	Cu%
0.00	79,046,810	3.03	0.47	0.75	0.06	137,857,554	3.09	0.57	0.84	0.05
1.00	76,232,835	3.12	0.47	0.76	0.06	134,314,323	3.16	0.57	0.85	0.05
2.00	56,349,712	3.67	0.49	0.78	0.07	105,255,613	3.59	0.60	0.89	0.05
3.00	32,761,714	4.52	0.51	0.83	0.08	62,100,960	4.35	0.62	0.95	0.06
3.50	22,856,133	5.08	0.54	0.89	0.09	42,884,312	4.85	0.65	1.01	0.07
4.00	16,119,706	5.64	0.58	0.94	0.10	29,015,416	5.39	0.67	1.06	0.08
5.00	8,124,362	6.81	0.64	1.03	0.12	13,199,265	6.54	0.72	1.14	0.09

Fuente: Recuso mineral - Milpo.

Balance Metalúrgico Proyectado

Se hizo el balance metalúrgico proyectado para las leyes del recurso medido más indicado, para una producción de 10 000TPD, para los dos métodos de explotación, tomando como referencia los resultados de las pruebas metalúrgicas hechas en los laboratorios de CERTIMIN y SGS. Estos balances metalúrgicos se hicieron en coordinación con Milpo.

Tabla 6. Balance Metalúrgico Proyectado - Proyecto: Hilarión Sub Level Longitudinal Relleno

PRODUCTO	TMS	ENSAYES				CONTENIDO METALICO				RECUPERACION %				RATIO
		%Pb	%Zn	%Cu	OzAg/IM	IM Pb	IM Zn	IM Cu	Oz Ag	Pb	Zn	Cu	Ag	
CABEZA	28,103,311.00	0.68	4.15	0.04	1.04	191,102.51	1,166,287.41	11,241.32	29,227,443.44	100	100	100	100	
CONC.PLOMO	312,016.39	63.60	3.26	0.18	68.00	167,240.78	10,171.73	361.63	21,217,114.37	87.31	0.87	3.00	72.39	90.07
CONC.ZINC	2,081,558.63	0.22	49.18	0.39	2.10	4,579.43	1,023,710.53	8,118.08	4,371,273.11	2.40	87.18	12.22	14.96	13.50
RELAVES	29,709,739.99	0.08	0.52	0.01	0.14	19,282.30	132,405.14	2,567.62	3,639,059.96	10.09	11.35	22.79	12.45	
Cabeza cal.	28,103,311.00	0.68	4.15	0.04	1.04	191,102.51	1,166,287.41	11,241.32	29,227,443.44	100.00	100.00	100.00	100.00	

Tabla 7. Balance Metalúrgico Proyectado - Proyecto: Hilarión Bench and Fill Stopping

PRODUCTO	TMS	ENSAYES				CONTENIDO METALICO				RECUPERACION %				RATIO
		%Pb	%Zn	%Cu	OzAg/IM	IM Pb	IM Zn	IM Cu	Oz Ag	Pb	Zn	Cu	Ag	
CABEZA	1,235,935.00	2.31	4.50	0.07	2.26	28550.10	55617.08	865.15	2793213.10	100	100	100	100	
CONC.PLOMO	36,428.77	68.88	6.00	0.25	68.23	25092.14	2185.73	91.07	2485535.16	87.89	3.93	10.53	88.98	33.93
CONC.ZINC	101,354.85	2.87	49.25	0.65	0.05	2908.88	49917.26	658.81	5067.74	10.19	89.75	6.15	0.18	12.19
RELAVES	1,098,151.38	0.05	0.32	0.01	0.28	549.08	3514.08	115.28	302610.20	1.92	6.32	13.32	10.83	
Cabeza cal.	1,235,935.00	2.36	4.50	0.07	2.26	28550.10	55617.08	865.15	2793213.10	100.00	100.00	100.00	100.00	

Valorización de los Concentrados

Los resultados del balance metalúrgico permitieron obtener las calidades esperadas de los concentrados del mineral "Hilarión", así como la recuperación y los índices de concentración. Los análisis químicos de las pruebas metalúrgicas reportaron ausencia de niveles penalizables por presencia de contaminantes.

Entonces tomando las condiciones de comercialización proporcionados por Milpo, se efectuó la valorización de estos.

Precios Proyectados de Metales

Se tomó el promedio de los precios proyectados, proporcionados por Milpo, para el periodo 2015 al 2029, periodo que corresponde al agotamiento de la reserva minable (15 años).

Tabla 8. Precios de Metales Proyectos

AÑO	ZN	PB	AG	AU	CU	CU-LB	MO	MO-LB
	US\$/Tn	US\$/Tn	US\$/Onz	US\$/Onz	US\$/Tn	US\$/Lb	US\$/Tn	US\$/Lb
2015	2,441	2,400	23.79	1,363	7,210.0	3.270	33,069.3	15.0
2016	2,514	2,300	22.49	1,285	6,634.0	3.009	33,069.3	15.0
2017	2,574	2,248	19.62	1,164	6,577.0	2.983	33,069.3	15.0
2018	2,482	2,217	19.14	1,155	6,591.4	2.990	33,069.3	15.0
2019	2,390	2,186	18.66	1,146	6,605.8	2.996	33,069.3	15.0
2020	2,299	2,155	18.18	1,137	6,620.2	3.003	33,069.3	15.0
2021	2,207	2,124	17.70	1,128	6,634.6	3.009	33,069.3	15.0
2022	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
2023	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
2024	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
2025	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
2026	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
2027	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
2028	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
2029	2,115	2,093	17.22	1,119	6,649.0	3.016	33,069.3	15.0
PROMEDIO	2,255	2,158	18.49	1,155	6,671.0	3.026	33,069.3	15.0

Fuente: Precios proporcionado por Milpo.

Valores Unitarios

La contribución de cada elemento al valor del mineral se determinó mediante la producción de concentrados y los índices de concentración de cada tipo de concentrado.

El cuadro siguiente muestra los resultados de los valores unitarios para cada elemento, por cada onza o porcentaje de ley.

Tabla 9. Valores Unitarios Sub Level Longitudinal Relleno

VALORES UNITARIOS POR ELEMENTO		
1% Zn	US\$	8.366
1% Pb	US\$	10.557
1Onz Ag	US\$	6.693
1Onz Au	US\$	0.000

Tabla 10. Valores Unitarios Bench And Fill Stopping

VALORES UNITARIOS POR ELEMENTO		
1% Zn	US\$	8.155
1% Pb	US\$	14.129
1Onz Ag	US\$	10.669
1Onz Au	US\$	0.000

Estimación de Costos para el Proyecto

La estimación de costos se ha realizado teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Tasa o nivel de producción;
- Diseño de mina (longitud de transporte);
- Métodos de explotación;
- Medio de extracción;
- Sitio del yacimiento;
- Aspectos de responsabilidad social y medioambiental;
- Informes de minas tipo.

Tabla 11. Estructura de Costos por Método de Explotación

Costo de Producción Proyecto Hilarion		Costo de Producción Proyecto Hilarion	
SUBLEVELLONGITUDINAL(RELLENO)	US\$/TON	BENCHANDFILLSTOPING	US\$/TON
Mina	9.74	Mina	14.54
Geología(Tal_Reconoc-Desarrollo)	1.82	Geología(Tal_Reconoc-Desarrollo)	2.05
Preparación	1.53	Preparación	7.93
Explotación	6.39	Explotación	4.57
ManoObra(Supevicion)	0.15	ManoObra(Supevicion)	0.24
Perforación	0.49	Perforación	1.30
Voladura	0.46	Voladura	0.40
Acarreo	0.35	Acarreo	0.60
AireComprimido	0.05	AireComprimido	0.05
Bombeo/Drenaje	0.08	Bombeo/Drenaje	0.13
Ventilacion	0.40	Ventilacion	0.42
Transporte	0.61	Transporte	0.63
Faja	0.47	Faja	0.47
Camiones	0.42	Camiones	0.47
Relleno	3.73	Relleno	0.69
Detritico	0.35	Detritico	0.69
EnpastaCementado	5.99	EnpastaCementado	0.00
VoladuraSecundaria	0.07	VoladuraSecundaria	0.09
PlantaConcentradora	4.55	PlantaConcentradora	4.55
RecrecimientodePresaRelave	2.75	RecrecimientodePresaRelave	2.76
Mantenimiento	4.07	Mantenimiento	4.10
MantenimientoPlanta	0.58	MantenimientoPlanta	0.58
MantenimientoMina	3.49	MantenimientoMina	3.52
ServiciosTécnicos	0.33	ServiciosTécnicos	0.37
MedioAmbiente	0.28	MedioAmbiente	0.31
RecursosHumanos	0.36	RecursosHumanos	0.40
AdministracióndeCampamento	0.29	AdministracióndeCampamento	0.32
Seguridad	0.10	Seguridad	0.11
RelacionesComunitarias	0.11	RelacionesComunitarias	0.13
Costo de Producción Unitario	22.60	Costo de Producción Unitario	27.60
Gastos de Transportes CC		Gastos de Transportes CC	0.18
Comercialización Lima	0.18	Comercialización Lima	
Costos Total Unitario	22.78	Costos Total Unitario	27.78

Tabla 12. Valor de Mineral (Nsr) y Zinc Equivalente Sub Level Longitudinal Relleno

NSR(US\$/TM) =	8.366 *%Zn +	10.557 *%Pb +	6.693 *OzAg/tm
-----------------------	---------------------	----------------------	-----------------------

Zn Equivalente =	%Zn +	1.262 *%Pb +	0.800 *oz Ag/ tm
-------------------------	--------------	---------------------	-------------------------

4.2. Prueba de hipótesis

Mediante la determinación de las variables Independiente y dependiente, que fueron identificadas en la Investigación y a través de las cual se acepta la hipótesis: Realizar la estimación de los Recursos Minerales para Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión de la Compañía Minera Milpo S.A.A.

- **H0:** Estimación de los Recursos Minerales del Proyecto Hilarión.
- **H1:** Calcular la Ley Equivalente y Cut Off del Proyecto Hilarión.

4.3. Discusión de resultados

Ley Equivalente y Cut Off

La Ley Equivalente del Zinc, el metal principal del mineral contenido en el depósito mineralizado de "Hilarión". Se ha estimado previamente el Cut-Off del proyecto y los valores unitarios de cada elemento presente en el mineral del yacimiento.

Después, se determinaron las equivalencias de Pb y Ag, que se expresaron en %Zn. Después de sumar los valores equivalentes de Pb y Ag, se obtuvieron las Leyes de Zinc equivalentes, que se utilizaron para estimar la "Reserva Mineral".

Tabla 13. Resumen de los Valores de la Ley Equivalente en Zn

LeydeZn	1.935%	1.935%
LeydePb	0.317%	0.400%
LeydeAg	0.485Oz/tm	0.388%
LeydeAu	0.000Oz/tm	0.000%

Tabla 14. Resumen de los Valores de la Ley Equivalente en Zn Bench and Fill Stopping

COSTOTOTAL(27.78US\$/TM)		
Elementos	CUTOFF	ZNEQUIVALENTE
Ley de Zn	1.338%0.68	1.338%
Ley de Pb	7%0.672Oz/tm	1.190%
LeydeAg	0.000Oz/tm	0.879%
LEYDEZINCEQUIVALENTE		0.000%

Valor del Mineral, NSR (US \$/TM)

Para calcular el valor del mineral, se utilizará la Formula Variable NSR (US\$/TM), que es la suma de los factores resultantes de la relación del Aporte Total Unitario de cada elemento entre su ley de cabeza correspondiente y la ley de cada metal contenido en el mineral de cabeza.

Las fórmulas para calcular el valor de un mineral (NSR) y el Zn equivalente para el proyecto “Hilarión” son las siguientes:

Tabla 15. Valor de Mineral (Nsr) y Zinc Equivalente Bench and Fill Stopping

NSR(US\$/TM) =	8.155 *%Zn +	14.129 *%Pb +	10.669 *OzAg/tm
-----------------------	---------------------	----------------------	------------------------

Zn Equivalente =	%Zn +	1.733 *%Pb +	1.308 *oz Ag/tm
-------------------------	--------------	---------------------	------------------------

Calculo de la Reserva Mineral del Proyecto Hilarión

Se desarrolla la manera y se forma la estimación para el Cut-Off correspondiente a cada método de explotación, con dimensiones de bloques de 4x4x4 metros, tamaño usado originalmente en la estimación de Recursos Minerales en el software Minesight el cual nos da los siguientes resultados:

Tabla 16. Resumen de la Reserva por Método de Explotación Sub Level Longitudinal con Relleno

Cut-Off Zneq	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	13,514,227	5.66	3.39	0.98	1.30	0.03	47.39

Cut-Off Zneq	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	33,241,470	4.69	3.30	0.56	0.86	0.04	39.27

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	46,755,697	4.97	3.33	0.68	0.98	0.03	41.62

Tabla 17. Resumen de la Reserva por Método de Explotación Bench And Fill Stopping

Cut-Off Zneq	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	130,307	9.32	3.20	2.11	1.88	0.05	75.96

Cut-Off Zneq	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	1,718,153	8.96	3.35	1.89	1.79	0.06	73.10

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	1,848,460	8.99	3.34	1.91	1.80	0.06	73.30

Tabla 18. Resumen Total

TOTAL PROBADO + PROBABLE							
Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn	
48,604,157	5.13	3.33	0.73	1.01	0.04	42.82	

Estimación de la Reserva Minable

Para estimar la reserva minable, se han tomado en cuenta los siguientes factores:

- Cuerpos agrupados por potencias, para sus respectivos métodos de explotación.
- Cut off por método de explotación, considera el Costo Total (Incluidos los costos de transporte de concentrados, los gastos de comercialización, la parte proporcional de los gastos administrativos corporativos, etc.)
- Dimensiones de bloque de 4x4x4 metros.
- El recurso (Medido + Indicado) contenido en el escudo o puente de protección encima del nivel 4744 a superficie, no se considera como parte de la reserva por recomendaciones Medio Ambientales de protección a la superficie glaciaria.

Tabla 19. Recurso Mineral Contenido en el Puente de Protección

Cut-Off %Zn	Medido					Indicado					Medido+Indicado				
	Tons	Zn%	Pb%	AgOz/T	Cu%	Tons	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	Tons	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu
0.00	1,610,268	3.60	1.12	1.16	0.02	2,183,382	4.00	1.31	1.41	0.02	3,793,650	3.83	1.23	1.30	0.0
1.00	1,576,392	3.66	1.13	1.17	0.02	2,166,563	4.03	1.32	1.41	0.02	3,742,955	3.87	1.24	1.31	0.0
2.00	1,392,817	3.94	1.20	1.24	0.02	1,949,921	4.30	1.33	1.44	0.02	3,342,738	4.15	1.28	1.36	0.0
3.00	1,016,910	4.45	1.26	1.34	0.02	1,587,187	4.69	1.35	1.50	0.02	2,604,097	4.60	1.32	1.44	0.0
3.50	751,252	4.86	1.18	1.38	0.02	1,290,906	5.02	1.39	1.57	0.02	2,042,158	4.96	1.31	1.50	0.0
4.00	516,501	5.38	1.12	1.45	0.02	987,231	5.42	1.48	1.66	0.03	1,503,732	5.40	1.35	1.59	0.0
5.00	267,589	6.25	1.11	1.57	0.02	583,730	6.07	1.64	1.89	0.03	851,319	6.13	1.47	1.79	0.0

- El factor de recuperación de la reserva (FRR), por método de explotación:
 - 90% Sub level longitudinal con relleno.
 - 85% Bench and Fill Stopping.

Tabla 20. Factor de Recuperación en la Reserva por Método de Explotación Sub Level Longitudinal con Relleno

Cut-Off Zneq	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	12,162,804	5.66	3.39	0.98	1.30	0.03	47.39

Cut-Off	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn

Zneq							
2.72%	29,917,323	4.69	3.30	0.56	0.86	0.04	39.27

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	42,080,127	4.97	3.33	0.68	0.98	0.03	41.62

Tabla 21. Factor de Recuperación en la Reserva por Método de Explotación Bench And Fill Stopping

Cut-Off Zneq	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	110,761	9.32	3.20	2.11	1.88	0.05	75.96

Cut-Off Zneq	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	1,460,430	8.96	3.35	1.89	1.79	0.06	73.10

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	1,571,191	8.99	3.34	1.91	1.80	0.06	73.30

Tabla 22. Total Factor de Recuperación

TOTAL PROBADO + PROBABLE							
Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn	
43,651,318	5.12	3.33	0.73	1.01	0.04	42.76	

- El factor de dilución por método de explotación:
 - 10% Sub level longitudinal con relleno.
 - 10% Bench and Fill Stopping.

Tabla 23. Factor de la Dilución en la Reserva por Método de Explotación Sub Level Longitudinal con Relleno

Cut-Off	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn

Zneq							
2.72%	1,216,280	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cut-Off Zneq	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	2,991,732	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	4,208,013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 24. Factor de la Dilución en la Reserva por Método de Explotación Bench And Fill

Cut-Off Zneq	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	11,076	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cut-Off Zneq	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	146,043	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	157,119	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 25. Total Factor de Dilución

TOTAL PROBADO + PROBABLE						
Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
4,365,132	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Una vez aplicado la recuperación y la dilución en la Reserva, obtenemos la reserva minable:

Tabla 26. Reserva Minable por el Método de Explotación Sub Level Longitudinal Con Relleno

Cut-Off Zneq	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	13,379,085	5.15	3.08	0.89	1.18	0.03	43.08

Cut-Off Zneq	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	32,909,055	4.27	3.00	0.51	0.78	0.03	35.70

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
2.72%	46,288,140	4.52	3.02	0.62	0.89	0.03	37.84

Tabla 27. Reserva Minable por el Método de Explotación Bench And Fill Stoping

Cut-Off Zneq	PROBADO						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	121,837	8.47	2.91	1.92	1.71	0.04	69.06

Cut-Off Zneq	PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	1,606,473	8.15	3.04	1.72	1.63	0.05	66.45

Cut-Off Zneq	PROBADO + PROBABLE						
	Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn
3.41%	1,728,310	8.17	3.03	1.73	1.63	0.05	66.64

Tabla 28. Reserva Minable Proyecto Hilarión

TOTAL PROBADO + PROBABLE							
Tons	Zneq%	Zn%	Pb%	AgOz/Tn	Cu%	NSR\$/Tn	
48,016,450	4.65	3.02	0.66	0.92	0.03	38.87	

CONCLUSIONES

- La estimación de la reserva minable se consideró los siguientes aspectos importantes:
 - Modelo de Bloques de abril 2012 proporcionado por Milpo;
 - Dimensión de Bloques de 4x4x4m;
 - Zonificación de cuerpos por Método de Explotación:
 - Sub level longitudinal con relleno.
 - Bench and Fill Stopping.
 - El recurso (Medido + Indicado) contenido en el escudo o puente de protección encima del nivel 4744 a superficie, no se considera como parte de la reserva por recomendaciones Medio Ambientales de protección a la superficie glaciar.
 - Cut-Off equivalente al costo operativo, calculando para los 2 métodos de explotación proyectados, (2.72 %Zn equivalente para el método de minado Sub Level Longitudinal y 3.41 %Zn equivalente para el método de minado Bench and Fill Stopping), para una tasa de producción de 10,000 TPD
 - El factor de recuperación de la reserva, por método de explotación:
 - 90% Sub level longitudinal con relleno.
 - 85% Bench and Fill Stopping.
 - El factor de dilución por método de explotación:
 - 10% Sub level longitudinal con relleno.
 - 10% Bench and Fill Stopping.
- La reserva minable calculada es de 48 Millones ton, con ley de %Zn 3.02, %Pb 0.66, Ag Onz/ton 0.92, %Cu 0.03, con el propósito de maximizar el VAN o la rentabilidad del proyecto, mediante la optimización del Cut-Off, se hicieron diversas simulaciones con diferentes Cut-Off, usando el modelo de evaluación económica,

luego de este ejercicio se identificó que usando una ley equivalente de 3.5 % Zneq para los dos métodos, se logra maximizar el VAN. La reserva minable optimizada es de 35 767 614 ton, con ley de %Zn 3.21, %Pb 1.01, Ag Onz/ton 0.74

- Para el desarrollo de las labores de accesibilidad, se tomó como base la ubicación de los componentes principales del proyecto dentro de la comunidad de Aquia, contemplando minimizar los impactos ambientales y sociales entorno a la ubicación de los componentes mineros. Habiendo considerado también la ubicación de los sectores prospectivos de interés, al orientar los ejes de las principales labores de accesibilidad próximos a estos, el diseño esta desarrollado para una producción de 10 000TPD.
- Inicio de la explotación en forma ascendente desde el nivel base 4396 al nivel cabeza 4740 integrado a la planta en caverna, mediante un sistema de extracción de mineral por fajas transportadoras ubicando el chancado primario dentro de mina de manera equidistante a la mineralización del yacimiento.
- La secuencia de minado se inicia explotando los blocks primarios para luego ser rellenados con relleno en pasta, una vez que el relleno logre su resistencia máxima se procedera a minar los blocks secundarios que serán rellenados con desmonte y relleno en pasta (con bajo contenido de cemento), una vez concluido el minado de los blocks primarios y secundarios, se procederá a subir al siguiente nivel para continuar con la explotación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la ubicación de la planta de relleno debe de ser en interior mina ubicado en la zona central del cuerpo; en el Nv. 4684, desde ahí mediante bombas y tuberías el relleno será enviado a los tajos, aprovechando el flujo de gravedad, por chimeneas de servicios, los tajeos primario serán Rellenados al 4% y los tajeos secundarios al 1%.
- Se recomienda aprovechar las condiciones naturales del yacimiento para orientar los flujos de drenaje por gravedad y la ventilación en lo posible por tiro natural.
- Se recomienda Iniciar una secuencia de avance para una producción temprana, desarrollando en forma simultánea los niveles superiores 4740 (para ventilación), el nivel intermedio 4540 (Sector Hilarión), para dar acceso a las rampas y el nivel base 4350 desde la quebrada ShicraShicra.
- Se recomienda contar con un modelo de bloques geomecanico y proyectarlos al diseño de los tajeos para optimizar la secuencia de explotación en la siguiente fase del estudio.
- Se recomienda iniciar con el desarrollo del túnel de servicios y acceso por los niveles 4540 para una producción temprana.
- Se sugiere implementar un tajo piloto para ajustar las variables del diseño de Mina.
- Ejecutar sondajes exploratorios a partir de las labores principales de acceso que se desarrollaran durante la etapa pre-operativa, orientándolas hacia los sectores donde hay menor información o hay presencia de inflexiones en su geometría. Esto permitirá definir de una mejor manera las condiciones geométricas y de calidad de roca para la aplicación o no de un determinado método de explotación.

BIBLIOGRAFÍA

- "Sandstone-hosted gold deposit: A new exploration target is recognized in Perú":
Engineering and Mining Journal V, 196, N 06, p, 34-41. Nobel, D.C, Park- Li, B.,
Henderson W B., and Vidal C.E., 1997
- Hoek, E. (1999). Strength of rocks and rock masses. ISRM New Journal 5 (2), pg 12-26.
- Bath, C., y S. Duda. 1968. Secular Seismic Energy release in the circum pacific belt.
- Bernal, I., y H. Tavera. 2005. Evaluación de la sismicidad y distribución de la energía sísmica en Perú. IGP Boletín de la Sec. Geológica del Perú V 98 p 54-86
Uchucchacua” Informe Técnico BISA – Enero 1998.
- GONZALES DE VALLEJO L., INGENIERÍA GEOLÓGICA, Pearson – Prentice Hall,
Madrid.
- GAVILANES J., Hernan & ANDRADE H., Byron; INTRODUCCION A LA
INGENIERIA DE TUNELES – CARACTERIZACION, CLASIFICACION Y
ANALISIS GEOMECANICO DEL MACIZO ROCOSO. A.I.M.R. Quito-
Ecuador, 2004.
- GOODMAN Richard E. “INTRODUCTION TO ROCK MECHANICS”. Second
Edition. University of California at Berkeley, 1989.
- KARZULOVIC A. “Sistemas de Calificación y Clasificación Geotécnica de Macizos
Rocosos, Método del Índice GSI”.
- KARZULOVIC, Antonio; SISTEMAS DE CALIFICACION Y CLASIFICACION
GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS.
- CORDOVA R. David. “Asesoramiento Geomecánico Mina San Cristóbal”, Informe
visita 12 - 13 de Diciembre 2016.
- Compañía Minera Buenaventura S.A.A. – UP. Uchucchacua: Departamento de
Geología/Geomecánica – 2018

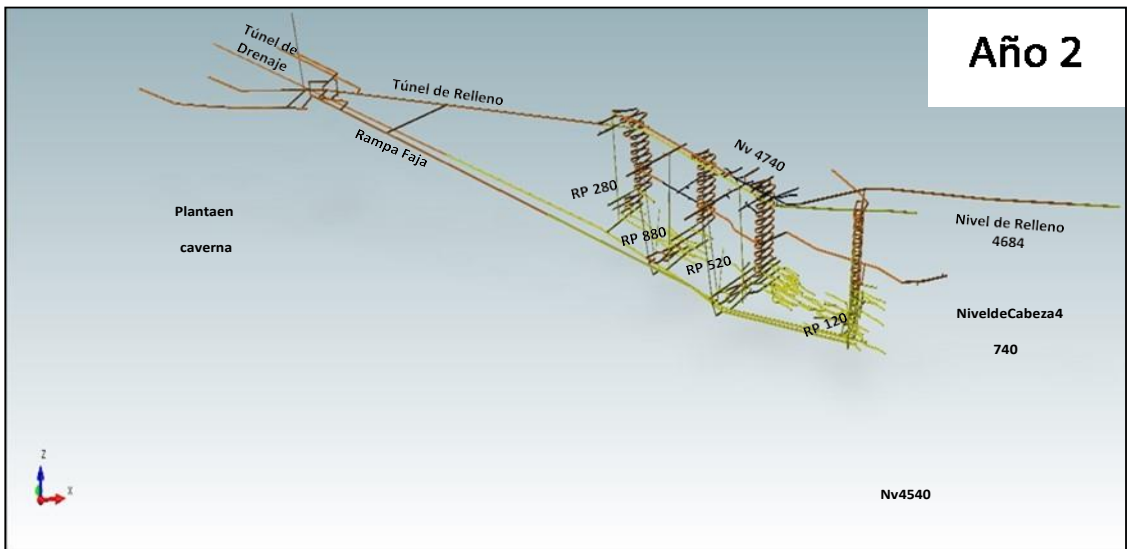
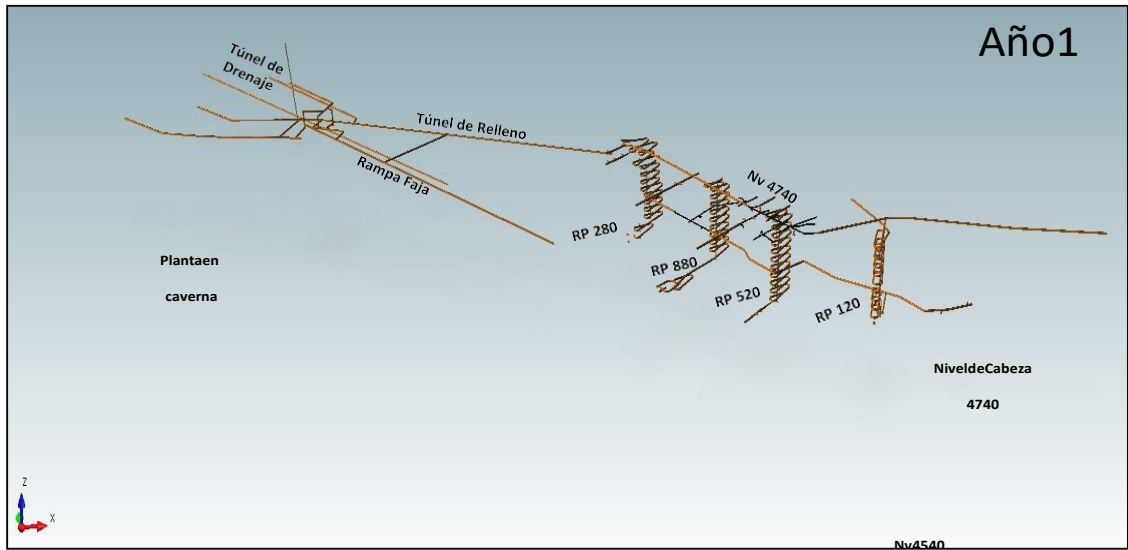
Exsa (2010). “Manual Práctico de Voladura” ultima Edición. Lima – Perú Jungen Hofler
y Jurg Schlump, “Concreto proyectado en la construcción de tuneles”
“Introducción a la tecnología básica de Concreto Proyectado, Putzmeister
(09/04)”

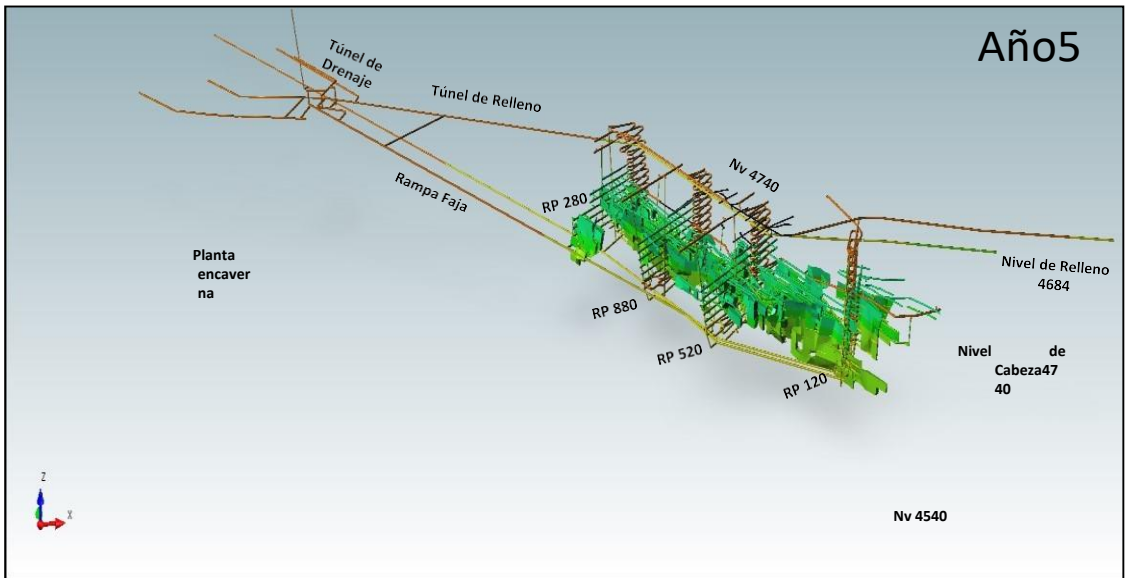
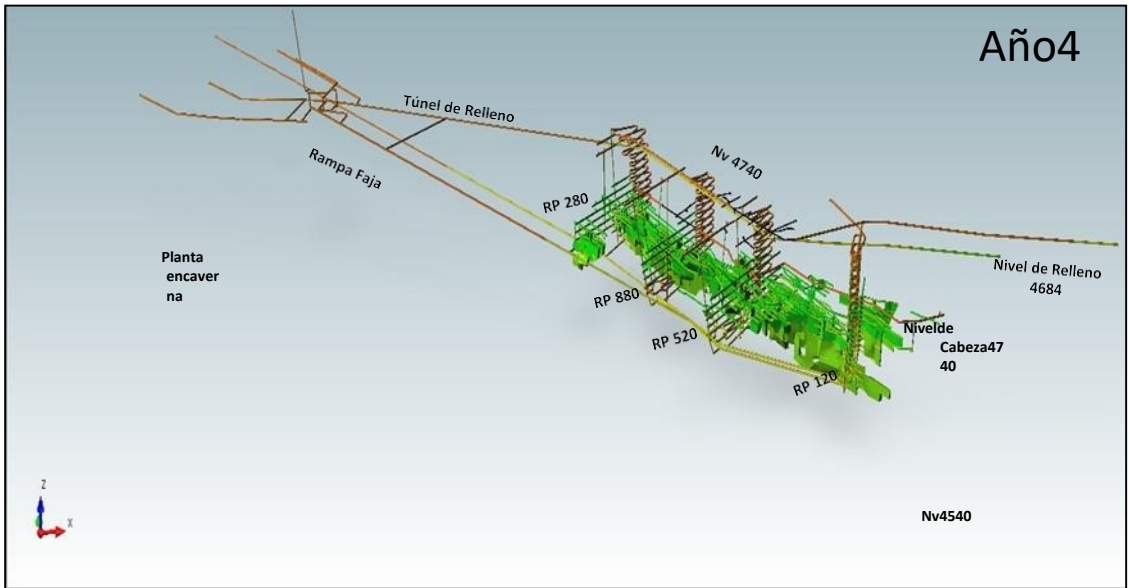
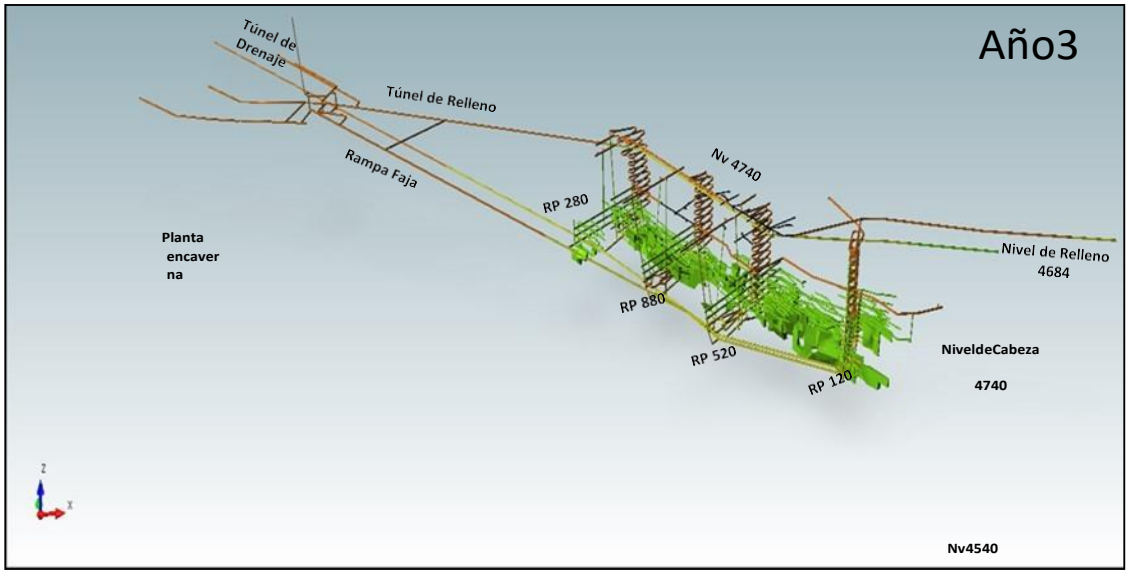
ANEXOS

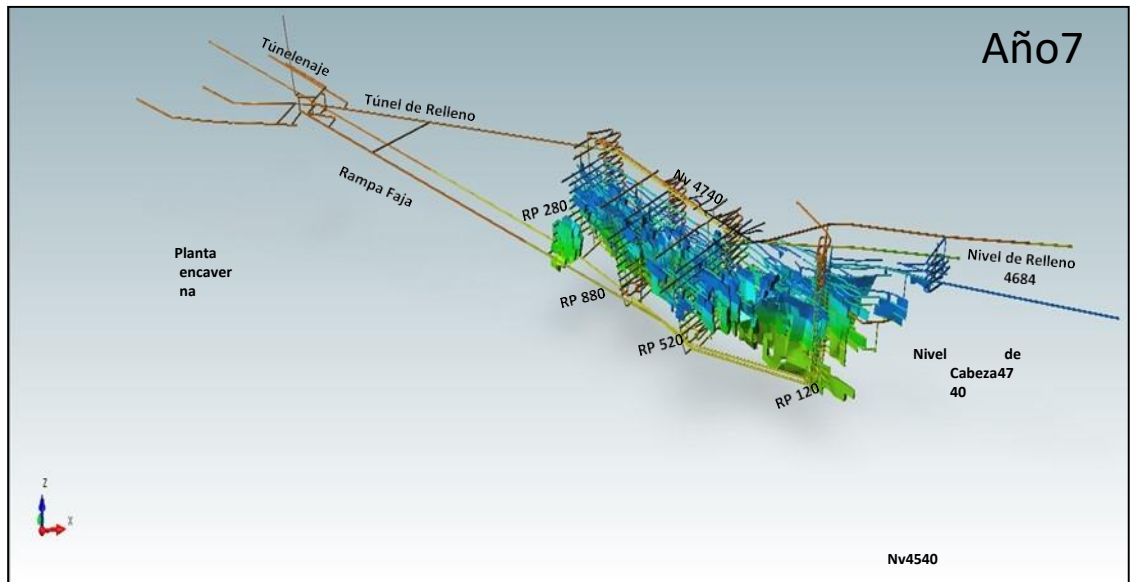
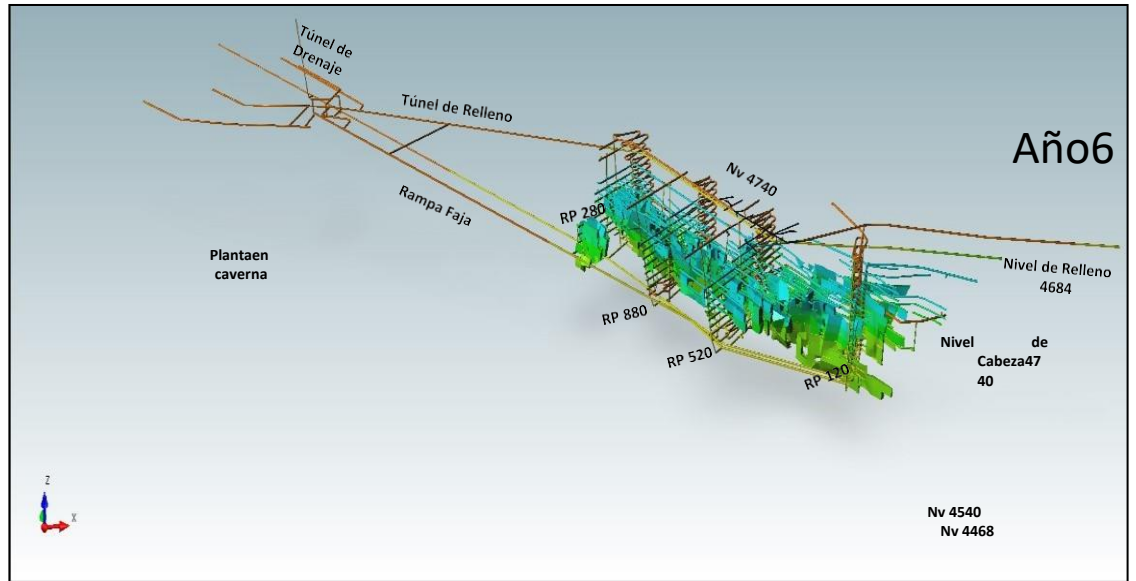
Anexo I. Matriz de Consistencia

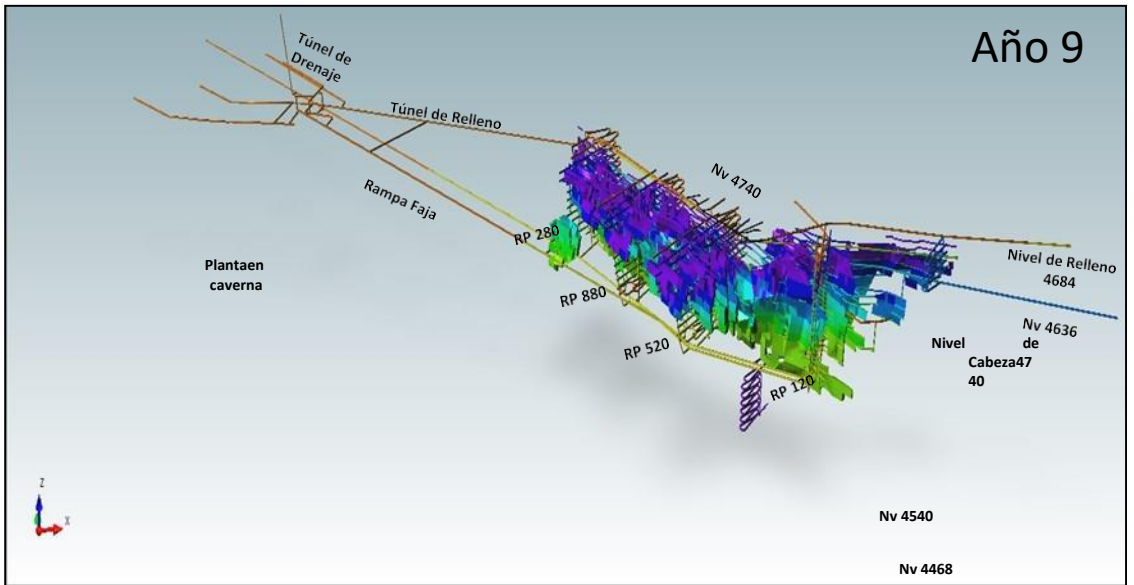
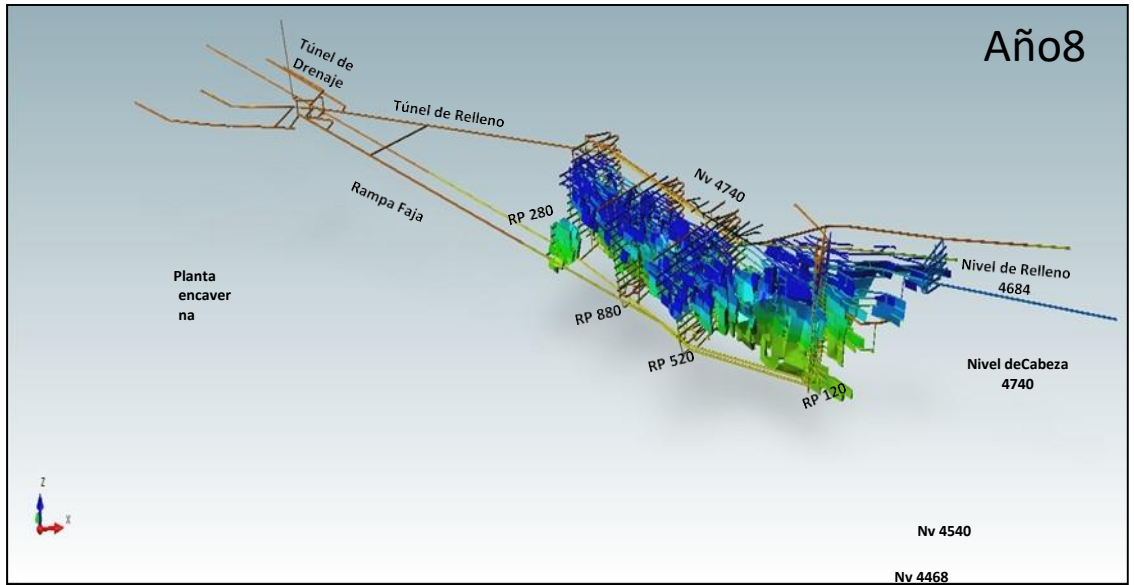
MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: Desbroce y Preparación del Banco 3 del Tajo Tentadora para Incrementar la Producción de la Mina Santa Rosa – Comarsa.						
Tesista: Bach. Cristian HUALLPA						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVEST
<p>GENERAL:</p> <p>¿Es posible efectuar el Desbroce y Preparación del Banco 3 del Tajo Tentadora para Incrementar la Producción de la Mina Santa Rosa – Comarsa?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>A. ¿La realización del desbroce de la zona del Banco 3 permitirá la explotación del Tajo Tentadora de la Mina Santa Rosa?</p> <p>B. ¿La ejecución de la preparación del área del Banco 3 del Tajo Tentadora permitirá la adecuada explotación del mineral en la Mina Santa Rosa?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Efectuar el Desbroce y Preparación del Banco 3 del Tajo Tentadora para Incrementar la Producción de la Mina Santa Rosa – Comarsa.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>A. Realizar el desbroce de la zona del Banco 3 para la explotación del Tajo Tentadora de la Mina Santa Rosa.</p> <p>B. Ejecutar la preparación del área del Banco 3 del Tajo Tentadora para la adecuada explotación del mineral en la Mina Santa Rosa.</p>	<p>GENERAL</p> <p>Al efectuar el Desbroce y Preparación del Banco 3 del Tajo Tentadora Incrementaremos la Producción de la Mina Santa Rosa – Comarsa.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>A. Con la realización del desbroce de la zona del Banco 3 permitirá la explotación del Tajo Tentadora de la Mina Santa Rosa.</p> <p>B. Con la ejecución de la preparación del área del Banco 3 del Tajo Tentadora permitirá la adecuada explotación del mineral en la Mina Santa Rosa.</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>X: Desbroce y Preparación del Banco 3 del Tajo Tentadora de la Mina Santa Rosa.</p> <p>DEPENDIENTE:</p> <p>Y: Incrementar la Producción de la Mina Santa Rosa.</p>	<p>Yacimiento Geologico</p> <p>Estructura del Yacimiento</p> <p>Compañía Minera Santa Rosa</p>	<p>Ley del Mineral</p> <p>Capacidad de Explotacion</p> <p>Parametros Geotecnicos</p> <p>Pozas de Almacenamiento o Pilas de Lixivicion</p> <p>Areas de Riego</p>	<p>TIPO:</p> <p>Aplicada.</p> <p>NIVEL:</p> <p>Evaluativa.</p>

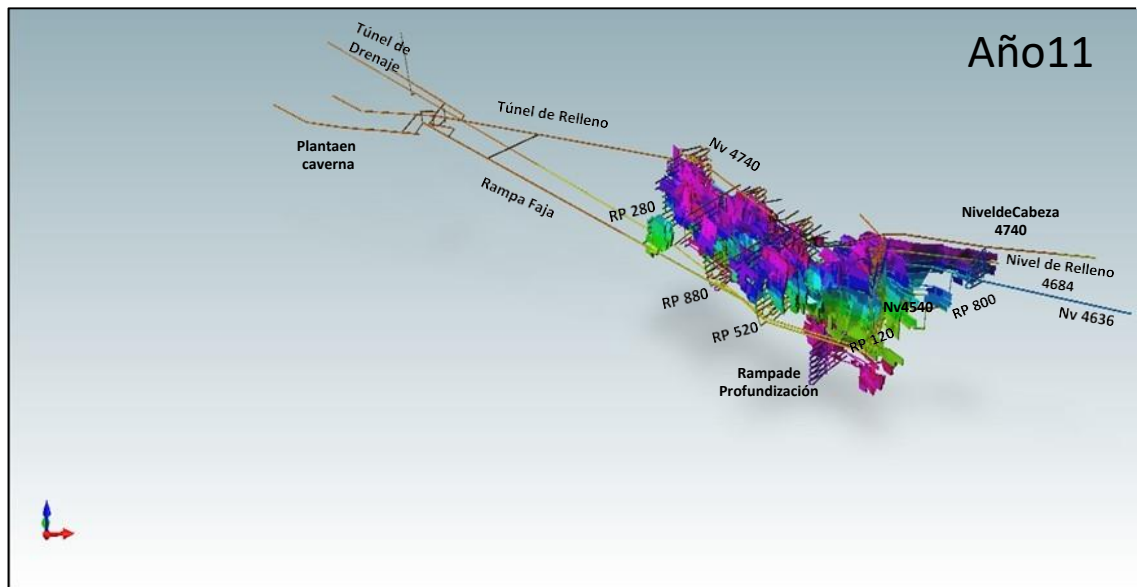
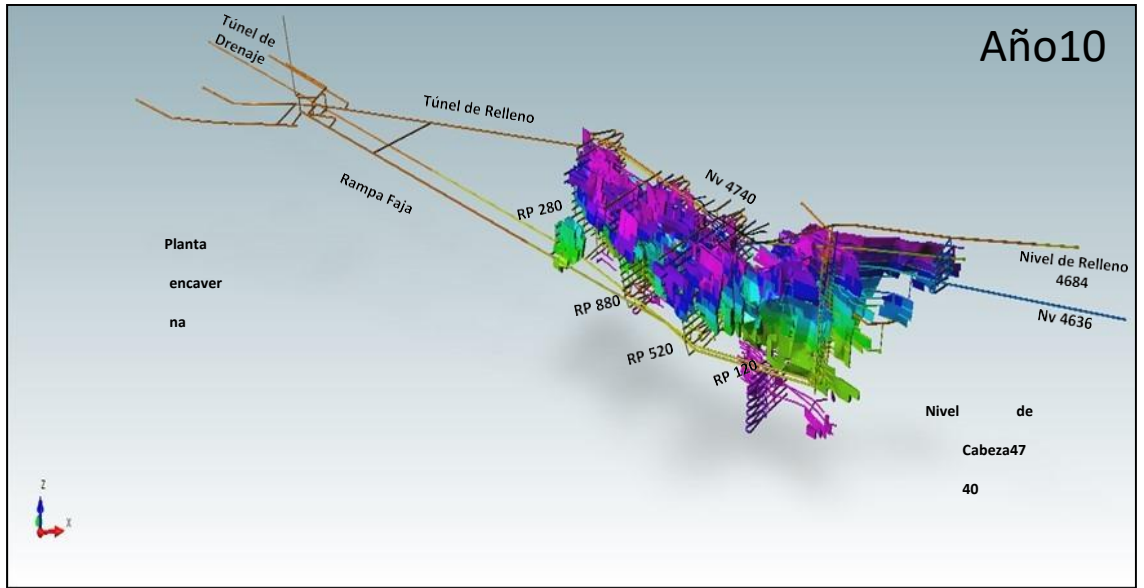
Anexo 2. Secuencia de Explotación



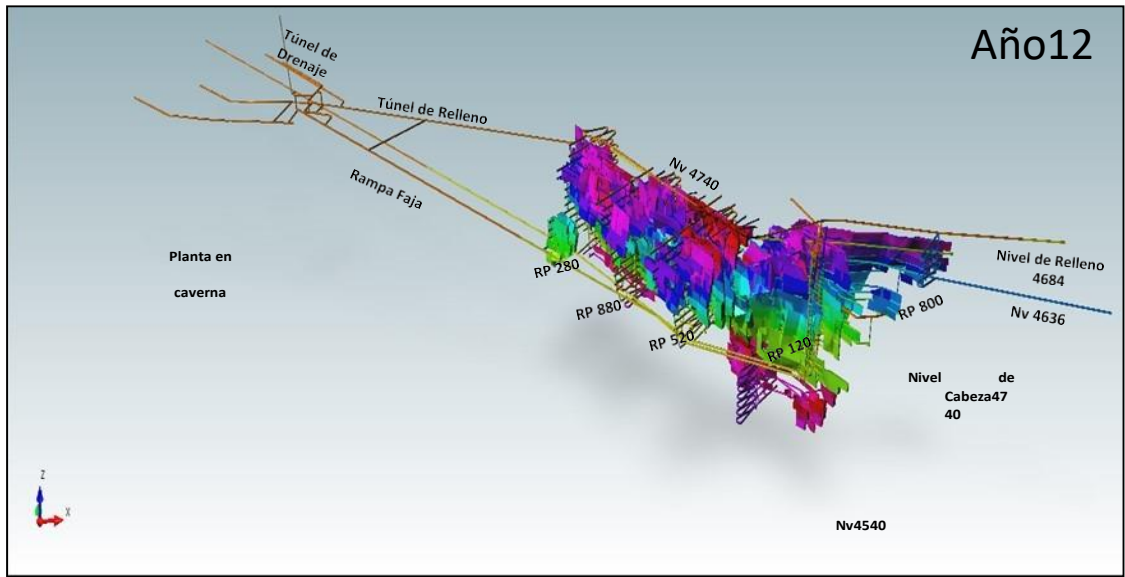








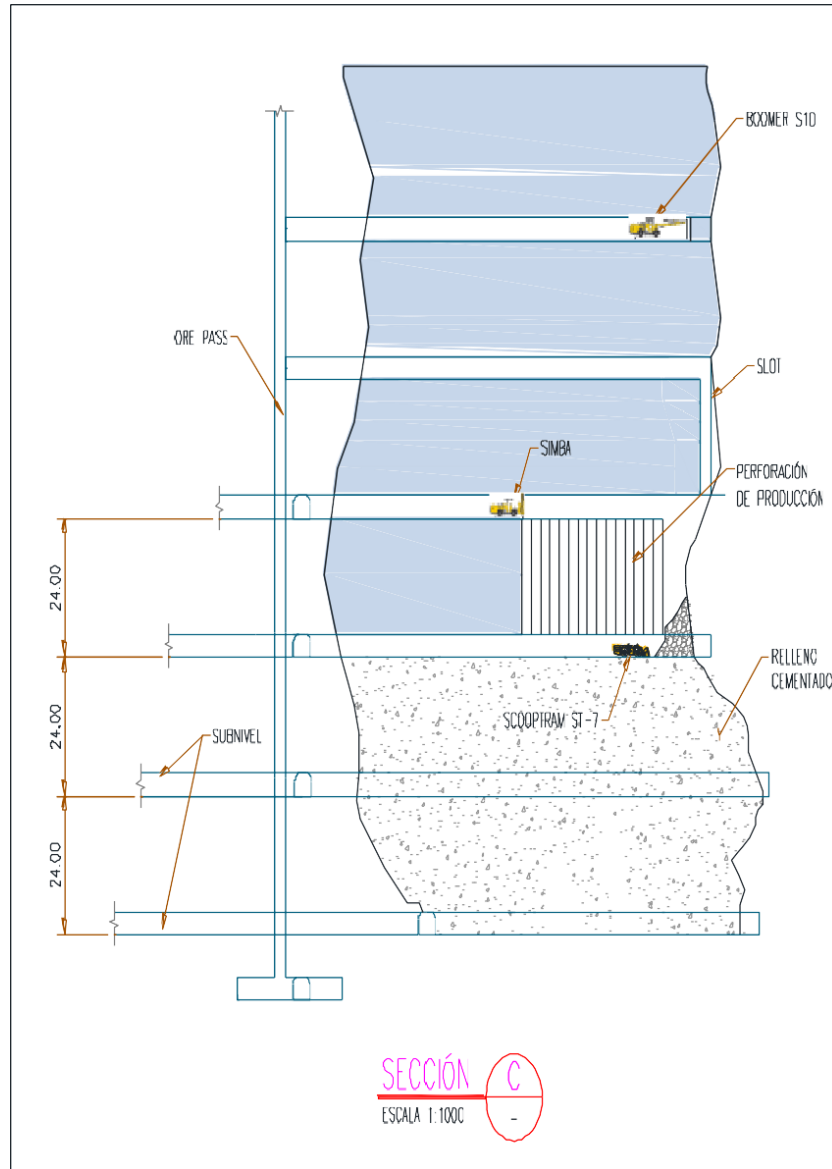
Año12



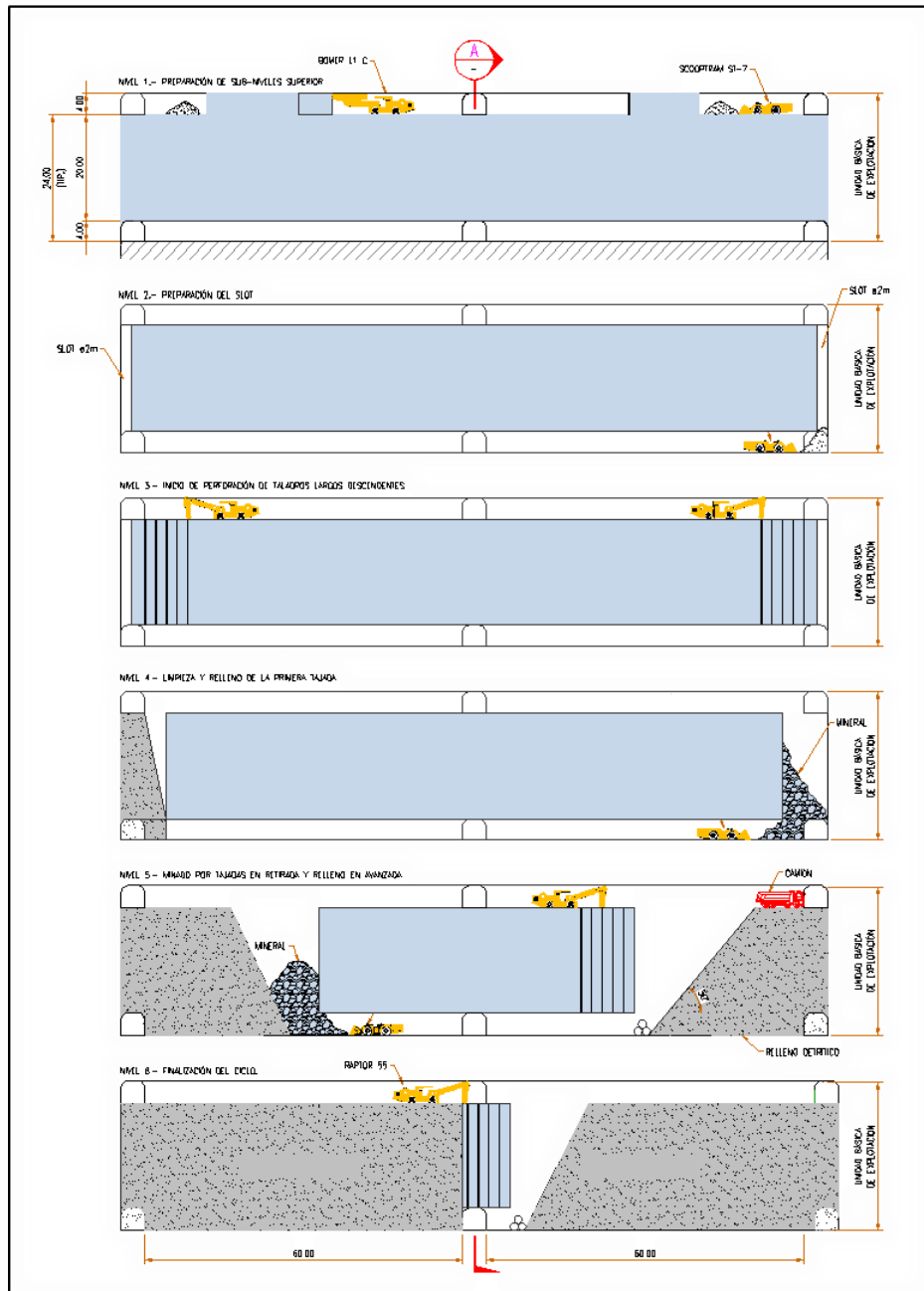
Anexo 3. Sección Transversal de los Métodos de Explotación

Método de Explotación Sub Level Longitudinal

Con Relleno.



Método de Explotación Bench And Fill.



Anexo 4. Secuencia de la Ventilación – Chimeneas.

