

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**Implementación del método de explotación Sub Level Stoping en
Sociedad Minera Austria Duvaz SAC**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Víctor Manuel GUTIÉRREZ TRAVEZAÑO

Asesor: Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

Cerro de Pasco - Perú - 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

Implementación del método de explotación Sub Level Stopping en

Sociedad Minera Austria Duvaz SAC

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA

PRESIDENTE

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO

MIEMBRO

Ing. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

MIEMBRO

DEDICATORIA:

A mi bella esposa María Del Pilar y mis adorables hijos Víctor Rafael y Víctor Miguel.

A mis amados padres Don Víctor y Doña Nelly y hermanos.

AGRADECIMIENTO

Primero, un agradecimiento especial a nuestro Señor Padre por el regalo de la vida y la libertad personal, familiar y profesional para realizar la presente Tesis. Asimismo, agradecer y reconocer el amor y motivación que siempre me brinda mi bella esposa María Del Pilar y mis dos amados hijos Víctor Rafael y Víctor Miguel, por quienes persisto en seguir adelante. También un reconocimiento a mis amados padres Don Víctor y Doña Nelly y a mis hermanos queridos, por su amor y su apoyo incondicional.

Reconocer a mi alma mater Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, donde adquirí los conocimientos académicos a través de las enseñanzas de los docentes experimentados y al intercambio de experiencias y conocimiento que ahora me permite aplicar en mi labor profesional.

Agradecer en forma especial a Sociedad Minera Austria Duvaz y sus Directivos, por darme la oportunidad de desenvolverme profesionalmente en su Unidad de Morococha y formar parte de una las legendarias empresas mineras del país con más de 115 años de vida y aporte a la comunidad y al estado peruano.



Víctor Manuel GUTIÉRREZ TRAVEZAÑO

RESUMEN

La mina Austria Duvaz, es un yacimiento polimetálico conformado por vetas angostas que venía afrontando el incumplimiento de la producción de mineral por factores geológicos y operativos. Recientemente se venía aplicando el método Corte y Relleno Ascendente (OCF) y Shrinkage (SHK) con resultados que no llegaban a lo proyectado. Por ello surgió la necesidad de evaluar y seleccionar un método de minado que permita no solo cumplir la producción, sino también incrementar la producción. Considerando las particularidades del yacimiento se opta la aplicación del método Sub Level Stopping.

El presente trabajo está orientado a demostrar a través de la Implementación del método de explotación de Sub Level Stopping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC el incremento sostenible de la Producción de Mineral (de 700 tpd a 900 tpd). El estudio y evaluación se basa en los datos e informes de la operación de la mina Austria Duvaz, así como también a modo de referencia se consideran las experiencias de otras minas. Concluyendo sobre la viabilidad de la implementación del método Sub Level Stopping (SLS) como solución integral al problema actual de la Producción de la mina Austria Duvaz.

Palabras clave: producción de mineral, método de explotación, sub level stopping

Víctor Manuel GUTIÉRREZ TRAVEZAÑO

ABSTRACT

The Austria Duvaz mine is a polymetallic deposit made up of narrow veins that had been facing non-compliance with mineral production due to geological and operational factors. Recently, the Ascending Cut and Fill (OCF) and Shrinkage (SHK) methods had been applied with results that did not reach what was projected. For this reason, the need arose to evaluate and select a mining method that allows not only to fulfill production, but also to increase production. Considering the particularities of the deposit, the application of the Sub Level Stopping method is chosen.

This work is aimed at demonstrating through the Implementation of the Sub Level Stopping (SLS) exploitation method in Sociedad Minera Austria Duvaz SAC the sustainable increase in Mineral Production (from 700 tpd to 900 tpd). The study and evaluation is based on data and reports from the Austria Duvaz mine operation, as well as the experiences of other mines as a reference. Concluding on the feasibility of implementing the Sub Level Stopping (SLS) method as an integral solution to the current problem of Production at the Austria Duvaz mine.

Keywords: mineral production, exploitation method, sub level stopping.

Víctor Manuel Gutiérrez Travezaño

INTRODUCCIÓN

La mina Austria Duvaz fue constituida en 1906 como una minera polimetálica de tipo subterránea, el yacimiento está conformada por vetas angostas. Actualmente y conforme a las características geológicas y geomecánicas del yacimiento se aplica los métodos de Corte y Relleno Ascendente (OCF) y el Shrinkage (SHK) en menor proporción.

El área central de las operaciones de mina pertenece a concesiones propias de Austria Duvaz y las áreas al Oeste y Este han sido cedidas por las compañías Minera Chinalco Perú SA y Minera Argentum SA

Al 31 de diciembre del 2017 la mina Austria Duvaz contaba con Reservas probadas y probables de 921,162 TMS con leyes 1.21 %Cu, 0.89 %Pb, 3.59 %Zn, 5.23 Oz-Ag para un horizonte de 2 años de explotación. La capacidad nominal de la Planta Concentradora es de 1,000 TMS/día.

Las principales restricciones para el cumplimiento de la producción de mineral es la variación de ley de mineral in-situ de los tajos de producción, por condiciones geomecánicas del terreno y a diversos factores operativos de la mina.

Para implementar el método de explotación, es necesario ejecutar un proceso de selección del método de explotación mediante un análisis sistemático de parámetros como son:

- ❖ Valores y Distribución de leyes de mineral.
- ❖ Propiedades geomecánicas del mineral y la roca encajonante.

El presente trabajo pretende describir la aplicación del método Sub Level Stopping (SLS) como reemplazo del método Corte y Relleno Ascendente (OCF), con el objetivo

de incrementar y cumplir la producción de mineral. Se analizará y se comparará las diferentes variables técnicas y económicas de ambos métodos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCIÓN	V
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.1 Identificación y determinación del problema	1
1.2 Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Ubicación y Accesibilidad.....	2
1.2.2. Reseña Histórica.....	4
1.2.3. Propiedades mineras	5
1.2.4. Fisiografía	6
1.2.5. Geología Regional.....	7
1.2.6. Geología Local	8
1.2.7. Geología Distrital.....	9
1.2.8. Recursos y Reservas	10
1.3 Formulación del problema	14
1.3.1. Problema principal.....	14
1.3.2. Problemas específicos	14
1.4 Formulación de Objetivos	14
1.4.1. Objetivo General	14

1.4.2. Objetivos específicos	15
1.5 Justificación de la investigación	15
1.6 Limitaciones de la investigación.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Antecedentes de estudio	17
2.2 Bases teóricas – científicas.....	19
2.2.1 Método de Explotación Subterráneo.....	19
2.2.2 Método de Explotación Shirinkage (SHK).....	19
2.2.3 Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente (OCF)	19
2.2.4 Método de Explotación Sub Level Stopping (SLS)	20
2.2.5 Selección del Métodos de Explotación	20
2.2.6 Fundamento técnico.....	23
2.3 Definición de términos básicos	23
2.4 Formulación de Hipótesis	25
2.4.1. Hipótesis General.....	25
2.4.2. Hipótesis Específicas	26
2.5 Identificación de Variables	26
2.5.1. Variable Independiente	26
2.5.2. Variable Dependiente.....	26
2.6 Definición Operacional de variables e indicadores.....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	28
3.1 Tipo de investigación	28
3.2 Métodos de investigación	29
3.3 Diseño de investigación	29
3.4 Población y muestra	29
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30

3.7	Tratamiento estadístico.....	30
3.8	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	31
3.9	Orientación ética.....	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		32
4.1.	IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUB LEVEL STOPING	32
4.1.1.	Selección del Método de Minado.....	32
4.1.2.	Evaluación Geomecánica Veta Perú, Veta La Paz 138 y Ramal La Paz Sur y	33
4.1.3.	Cálculo de Dilución, recuperación de Mineral	36
4.1.4.	Infraestructura de Diseño	38
4.1.5.	Plan de Desarrollo y Preparaciones	41
4.1.6.	Selección del Equipo y Accesorios.....	42
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	45
4.2.1.	Evaluación de Recursos y Reservas de Mineral.....	45
4.2.2.	Cálculo del Margen de Utilidad.....	48
4.2.3.	Programa de Producción y Avances.....	50
4.2.4.	Operaciones Unitarias.....	51
4.3.	Prueba de Hipótesis	57
4.4.	Discusión de resultados.....	59
4.4.1.	Ventajas del método de explotación Sub Level Stopping	61
4.4.2.	Desventajas del método de explotación Sub Level Stopping.....	61
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.- Ubicación de la mina Austria Duvaz _____	3
Figura N° 2.- Planta Concentradora de la mina Austria Duvaz_____	4
Figura N° 3.- Concesiones trabajadas por la mina Austria Duvaz. _____	5
Figura N° 4.- Geomorfología del Distrito de Morococha _____	7
Figura N° 5.- Geología Regional minero de Morococha. _____	8
Figura N° 6.- Geología del Distrito minero de Morococha _____	9
Figura N° 7.- Selección del método de minado según Nicholas _____	21
Figura N° 8.- Línea de discontinuidades - veta La Paz 138 Nv 1750 _____	33
Figura N° 9.- Grafico Estabilidad, según Potvin,1998 y Nickson, 1992 _____	34
Figura N° 10.- Estimación empírica sobre excavación, según Clark, 1988 _____	35
Figura N° 11.- Diseño de perforación del Tajos para SLS _____	40
Figura N° 12.- Diseño de Labor para Tajos SLS _____	40
Figura N° 13.- Posicionamiento del Equipo de Perforación Nautilus _____	43
Figura N° 14.- Dimensiones del Equipo de Perforación Nautilus _____	44
Figura N° 15.- Malla de Perforación SLS _____	52
Figura N° 16.- Puntos de Posicionamiento del equipo de Perforación _____	52
Figura N° 17.- Secuencia de Voladura _____	53
Figura N° 18- Diseño de Sostenimiento c/cintas Straps de 30cm- Vista en planta. ___	55
Figura N° 19.- Diseño de Sostenimiento c/cintas Straps de 30cm - Vista en sección. 56	
Figura N° 20.- Diagrama de dispersión - Coeficiente de Pearson _____	58
Figura N° 21.- Grafico de Barras: Producción trimestral de Mineral 2019 _____	60
Figura N° 22.- Grafico de barras: Producción trimestral de Mineral 2021 _____	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.- Cuadro de Recursos de Minerales por Vetas	11
Tabla N° 2.- Cuadro de Listado de Reservas de Mineral por Vetas.....	13
Tabla N° 3.- Cuadro de Resumen de Reservas de Mineral	13
Tabla N° 4.- Selección de Método de Minado según Nicholas y Marck	22
Tabla N° 5.- Cuadro de Operacionalización de Variables.....	27
Tabla N° 6.- Dilución de diseño según O'Hara	37
Tabla N° 7.- Factor de Dilución según Popov.....	37
Tabla N° 8.- Factor de Recuperación de mineral según J.S. Redpath.....	38
Tabla N° 9.- Cuadro de Evaluación de Tajos para SLS.....	39
Tabla N° 10.- Cuadro de Secciones de Labor	42
Tabla N° 11.- Parámetro para la Estimación de Reservas: Valores NSR	45
Tabla N° 12.- Parámetro para la Estimación de Reservas: Precios.....	46
Tabla N° 13.- Parámetro para la Estimación de Reservas: Factor de corrección	46
Tabla N° 14.- Estimación de Reservas minables para el método SLS	47
Tabla N° 15.- Estimación de Reservas minables para el método OCF.....	47
Tabla N° 16.- Estimación del Margen de Utilidad	48
Tabla N° 17.- Cuadros de Costos de Operación para explotación.....	49
Tabla N° 18.- Costos Operativos de explotación subterráneo	49
Tabla N° 19.- Programa de Producción 2017	50
Tabla N° 20.- Programa de Avances 2017	51
Tabla N° 21.- Cuadro Producción Histórica de mineral.	60

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

A los problemas de la producción de mineral por factores operativos y geológicos como el agotamiento de reservas, se suma la vida restante que le queda a la mina Austria Duvaz (estimado a Diciembre 2021), los métodos tradicionales como Corte de Relleno Ascendente (OCF) y Shrinkage (SHK) aplicados hasta entonces en el diseño y explotación de la mina no han permitido cumplir con los objetivos y compromisos de Sociedad Minera Austria Duvaz SAC, por tal motivo surgió la necesidad de reformular (seleccionar) **el método de explotación que permita incrementar la producción de mineral**, como resultado de este proceso selectivo y con la participación de un equipo multidisciplinario se evaluó bajo ciertas condiciones geológicas, geomecánicas y técnicas- económicas la mejor alternativa. El proceso de implementación sería totalmente nuevo en la historia de la mina Austria Duvaz, con un impacto positivo para la operación de la unidad minera que se reflejaría en una producción sostenida y en términos de mayor rentabilidad operativa.

1.2 Delimitación de la investigación

Con la implementación del método Sub Level Stopping (SLS) la Gestión operativa será sostenible en términos de producción (tonelaje de mineral) y el impacto se reflejará en la rentabilidad de la unidad minera. El presente trabajo tiene un alcance técnico económico que involucra a las áreas operativas de la mina Austria Duvaz SAC.

1.2.1. Ubicación y Accesibilidad

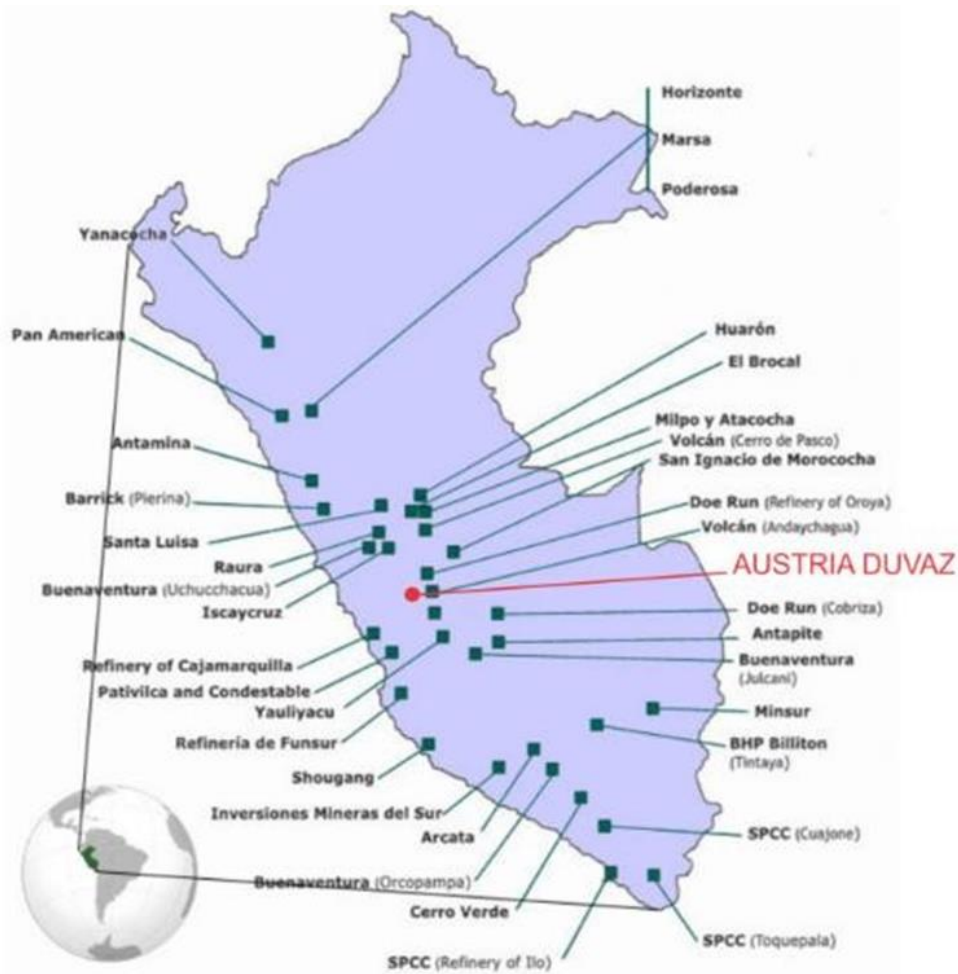
La mina se ubica en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín, a una altitud promedio de 4,500 m.s.n.m (Ver figura N°

1). Las coordenadas geográficas son:

76° 8' 23.8" Longitud Oeste;

11° 35' 46.1" Latitud Sur.

Figura N° 1.- Ubicación de la mina Austria Duvaz



Fuente: Gerencia - Mina Austria Duvaz.

Las instalaciones metalúrgicas están ubicadas aproximadamente a 8 Km. al Este de la divisoria continental, conocida como Ticlio con una elevación promedio de 4500 m.s.n.m. Por otro lado, los campamentos y las operaciones mineras están ubicadas en la zona de Tuctu.

El acceso a la mina es desde la ciudad de Lima, pasando Ticlio en el Km 143 de la carretera Central en un viaje de aproximadamente 3.5 horas. Y a 35 km al oeste de la ciudad de La Oroya en un viaje de 40 minutos aproximadamente, que también corresponde al tramo de la carretera Central del Perú.

1.2.2. Reseña Histórica

Constituido el 14 de diciembre de 1906 bajo la razón de Sociedad Minera Austria Duvaz Ltda. Uno de sus fundadores fue Don Nicolás Azalía, de origen Austriaco. En 1912 se integró como accionista Don Lisandro A. Proaño Soto.

En el año 1951, Sociedad Minera Austria Duvaz era propiedad de la Negociación Minera y Metalúrgica, Lizandro A. Proaño en un 67 % y el resto propiedad de Cerro de Pasco Corporation, llegando a producir 100 TMS/día. El mineral era enviado por ferrocarril y camiones a la planta de Tamboraque distante a 60 Km. de la unidad operativa de la mina.

En abril de 1977 adquiere en compraventa la planta concentradora de la Sociedad Minera Puquiococha SA, ver Figura N° 2. Tres (3) años después, llega a tratar 400 TMS/día con 366 trabajadores en planilla.

Figura N° 2.- *Planta Concentradora de la mina Austria Duvaz*



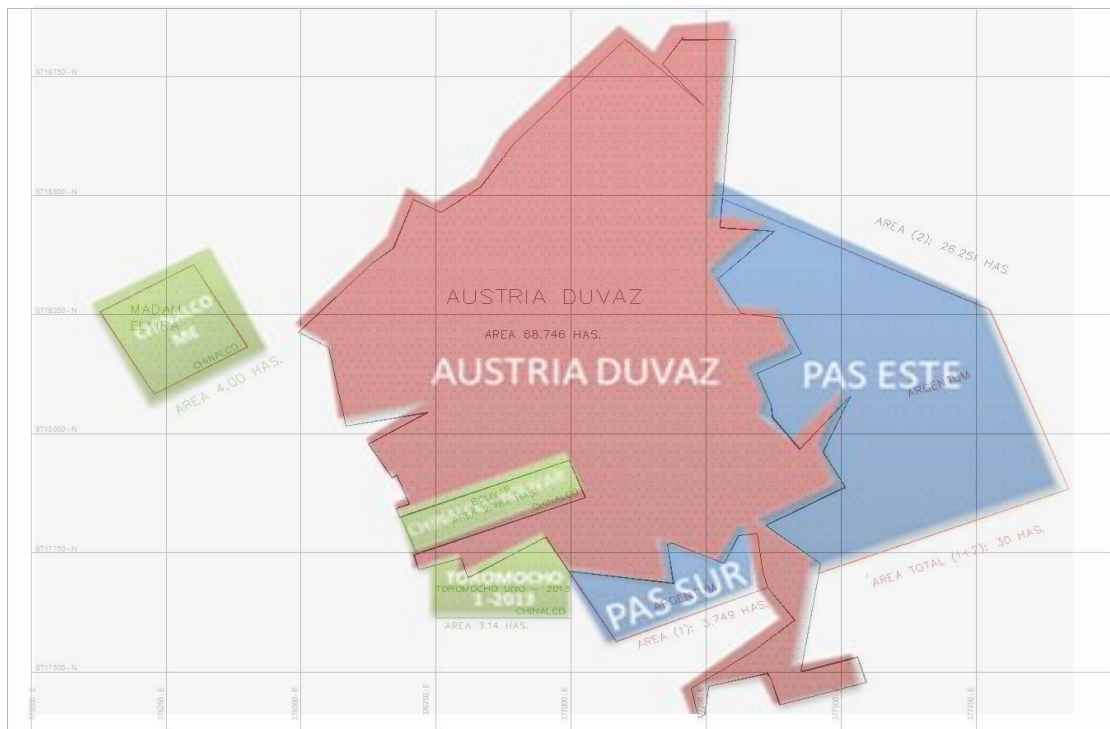
Fuente: Mina Austria Duvaz.

Hasta los últimos meses del 2016, SMAD SAC producía 700 tms/día mediante un proceso convencional de flotación diferencial, ampliando su capacidad nominal en 1,000 tms/día bajo la dirección de la familia Rodríguez Mariátegui.

1.2.3. *Propiedades mineras*

Las vetas, el cuerpo Freiberg y el manto Madam Elvira, son trabajados por Sociedad Minera Austria Duvaz SAC y se compone en total 108.67 Has. Las áreas laterales al Este y Oeste fueron cedidas por las compañías Minera Chinalco Perú SA y Minera Argentum SA Ver Figura N° 3.

Figura N° 3.- Concesiones trabajadas por la mina Austria Duvaz.



Fuente: Mina Austria Duvaz.

Los depósitos de minerales que desarrolla preparan y explota Sociedad Minera Austria Duvaz SAC y que constituyen el Inventario de Minerales en su Unidad Minera Morococha, incluye las áreas vecinas al Este y Oeste, como corresponde a las concesiones de Panaservice y Chinalco, por las que se retribuye con Regalías. Estos depósitos minerales se caracterizan por lo siguiente:

- a. Vetas con relleno de mineral de plata, cobre, plomo, zinc asociadas con cuarzo-pirita.
- b. Una zona de relleno de brecha tectónica con mineralización lenticular de plata, plomo, zinc, cobre asociado a la Falla regional Toldo-Potosí llamado “Cuerpo Freiberg”.
- c. Una zona de remplazamiento mineralizado en calizas, con relleno de pirita-chalcopyrita y con valores importantes de cobre-(plata) que remplazan calizas, que se conoce como manto Madam Elvira.

1.2.4. Fisiografía

La topografía de Morococha se caracteriza por tener elevaciones que están por lo general entre 4,400 a 5,000 m.s.n.m. La cumbre más alta de la zona es el cerro Yanasinga con 5,480 m.s.n.m.; los valles son de origen glaciar, en “U”, cuyos fondos están ocupados por lagunas escalonadas, tales como Huacracochoa, San Antonio y Huascacochoa; estrías y depósitos glaciares son evidencia de una fuerte glaciación y erosión glaciar ocurrida en la zona. Ver figura N° 4.

Figura N° 4.- Geomorfología del Distrito de Morococha



Fuente: Mina Austria Duvaz.

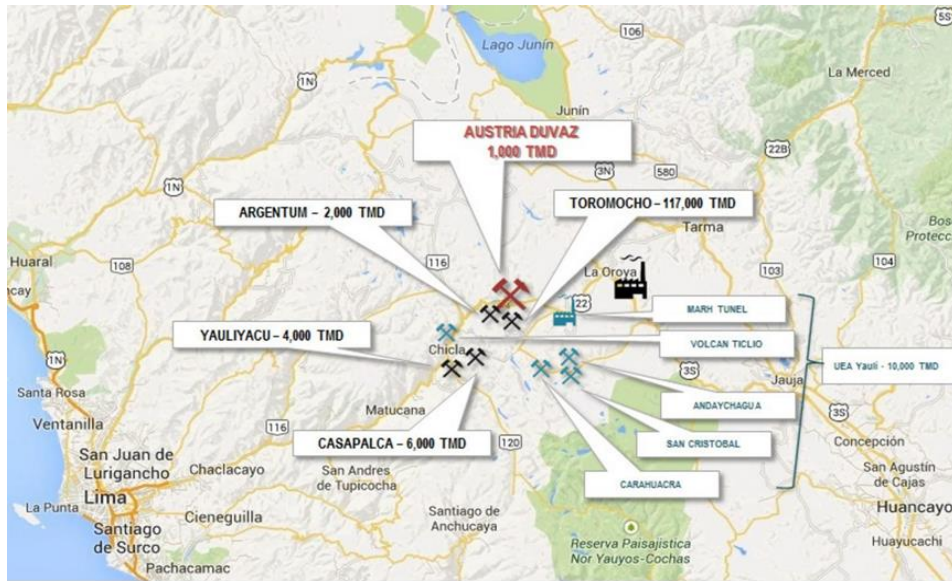
En lo geotectónico la mina Austria Duvaz corresponde a la provincia metalogénica de la cordillera Occidental, formada por batolitos y stocks que intruyeron sedimentos y volcánicos fallados del Mesozoico-Cenozoico.

1.2.5. Geología Regional

El rasgo geológico-estructural más importante del área de Morococha es un anticlinal complejo de rumbo NW-SE y cuyo eje tiene una inclinación de 10°-15° al NW, que forma la parte Norte de una estructura regional mayor, que es el domo de Yauli.

Este domo se extiende desde San Cristóbal hasta Morococha, a través del pueblo de Yauli, donde afloran principalmente rocas volcánico-sedimentarias e ígneas de edad Paleozoica y Mesozoica. En el marco circundante se puede apreciar la presencia de unidades mineras, tal como detalla la Figura N° 5.

Figura N° 5.- Geología Regional minero de Morococha.



Fuente: Dpto. Geología - Mina Austria Duvaz.

1.2.6. Geología Local

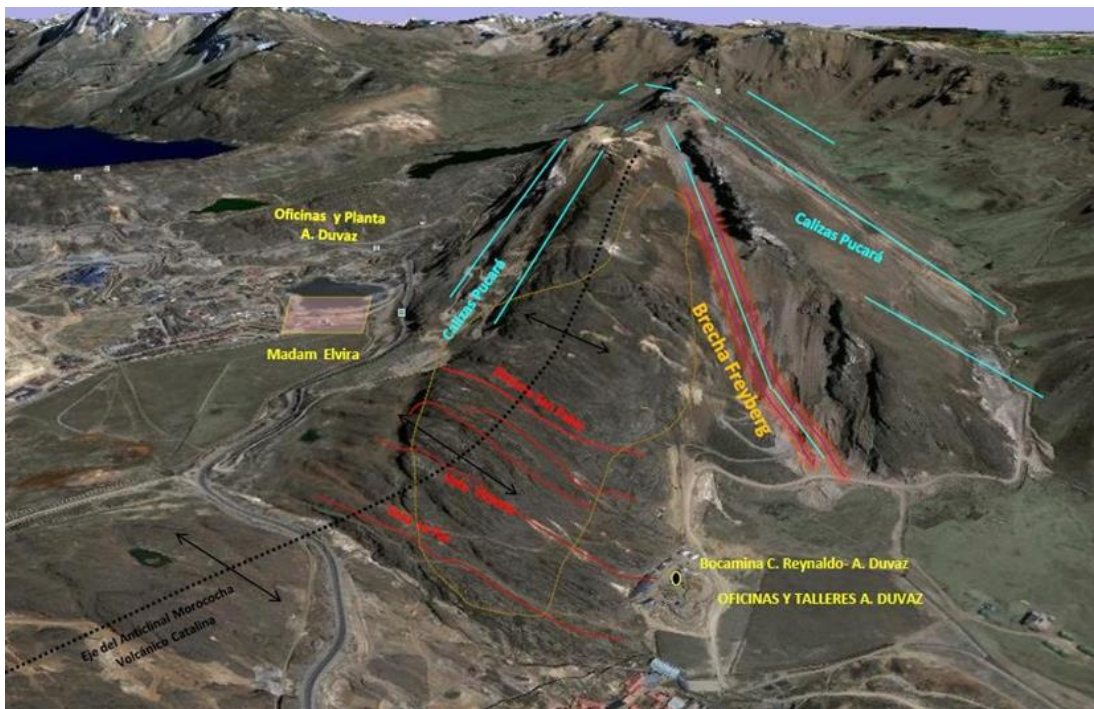
Dentro de los stocks existen vetas y diseminación y en las zonas de contacto con la caliza existen cuerpos irregulares. Los minerales de cobre que se encuentran en esta zona central son: enargita, calcopirita y tetraedrita. La esfalerita y galena son raras en la zona central. Los minerales de ganga más abundantes son: pirita y magnetita.

Alrededor de la zona central de cobre, existe una zona intermedia con mineralización de zinc-plomo. Los minerales más abundantes son esfalerita y galena, también existe calcopirita, pero en menor proporción. Los minerales de ganga más comunes son: pirita, cuarzo, rodocrosita y calcita. Esta zona intermedia de zinc-plomo, abarca los volcánicos Catalina al Este, la diorita Anticonca al Oeste, las calizas marmolizadas o algo silicatadas al Norte y el stock Potosí al Noreste la mineralización en esta zona intermedia está mayormente en vetas.

1.2.7. Geología Distrital

El rasgo estructural más importante de la geología de Morococha es un anticlinal complejo de rumbo NW - SE y cuyo eje tiene dirección 10° - 15° al NO. Este anticlinal, que localmente se le conoce como “anticlinal Morococha”, forma la parte Norte de una estructura mayor que es el domo Yauli que se extiende desde San Cristóbal al sur, hasta Morococha, a través del pueblo de Yauli, de donde toma el nombre. El distrito está ubicado en la cordillera Occidental de los Andes del Perú central. Ver figura N° 6.

Figura N° 6.- Geología del Distrito minero de Morococha



Fuente: Dpto. Geología - Mina Austria Duvaz.

1.2.8. Recursos y Reservas

- a. **Recursos Mineral Medido:** Basado en la información detallada y confiable, obtenida mediante técnicas apropiadas de exploración que representa un alto nivel de confianza con respecto al tonelaje, leyes, densidad y características del mineral. El nivel de confianza permite la aplicación de parámetros técnicos - económicos para una evaluación de la viabilidad económica.

- b. **Recursos Mineral Indicado:** Basado en la información que representa una confianza mediadamente razonable con respecto al tonelaje, leyes, densidad y características del mineral, sin embargo, es incierto confirmar la continuidad geológica, pero si lo suficientemente para asumirlas y aplicar parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de pre-factibilidad.

- c. **Recursos Mineral Inferido:** Se basa en información obtenida mediante evidencias geológicas y/o leyes asumidas, pero no verificadas en profundidad y representa un bajo nivel de confianza con respecto al tonelaje, leyes, densidad y características del mineral, por eso, es insuficiente para aplicar parámetros técnicos-económicos.

A continuación, el resumen de recursos minerales por vetas mostrada en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1.- Cuadro de Recursos de Minerales por Vetas

RESUMEN DE RECURSOS MINERALES (AL 31 DE DICIEMBRE 2016)								
Veta	Ancho veta	Ancho Minado	T.M.S.	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/TM	Valor Equivalente US\$/TM
LA PAZ 138	0.43	0.92	69,467	0.43	0.36	1.33	1.49	51.28
PERU	0.57	0.93	108,276	0.62	0.05	0.20	1.17	31.50
SPLIT PERU	0.61	0.94	66,270	0.67	0.22	1.21	1.72	56.37
SPLIT 360	0.43	0.91	27,039	0.35	0.17	0.85	1.72	40.91
RAMAL 2	0.49	0.92	62,747	0.22	0.27	1.03	1.21	36.92
RAMAL 1	0.56	0.94	69,829	0.49	0.17	1.03	2.55	54.93
LA PAZ	0.95	1.17	22,686	0.42	0.62	3.32	2.69	97.33
CUERPO MILAGROS	1.40	1.46	22,923	0.42	0.51	2.83	2.07	82.91
LA PAZ SUR	0.38	0.92	30,086	0.15	0.52	1.34	1.53	46.03
RAMAL 024	0.61	1.04	7,066	0.26	0.25	0.99	1.24	37.48
RAMAL 060	0.28	0.90	1,917	0.10	0.71	2.82	0.77	64.70
MELCHORITA	0.55	0.95	121,478	0.44	0.41	1.37	2.82	64.50
RAMAL MELCHORITA	0.59	0.94	57,916	0.33	0.65	2.12	2.78	76.21
AUSTRIA DUVAZ	0.35	0.89	25,185	0.24	0.21	1.08	1.64	41.43
VICTORIA	0.49	0.91	16,661	0.40	0.64	2.35	2.12	76.18
SAN PABLO 2	1.08	1.22	84,016	0.67	0.32	1.03	2.48	61.03
SAN PABLO 2 RAMAL 511	0.71	0.99	32,005	0.22	0.83	4.23	1.88	102.61
SPLIT SAN PABLO 2	0.71	0.99	40,210	0.36	1.02	3.73	4.06	119.18
SAN PABLO 3	0.55	0.95	27,448	0.31	0.93	3.61	3.05	106.12
HELGA	0.93	1.12	54,503	0.98	0.30	1.19	2.79	74.78
SPLIT HELGA	0.35	0.91	56,762	0.31	0.13	1.30	1.53	44.98
PATRICIA	0.41	0.91	26,310	0.39	0.67	1.77	2.66	71.35
PIRITOSA	0.43	0.91	12,743	0.30	0.26	0.83	1.65	39.70
SPLIT PIRITOSA	0.34	0.90	8,709	0.17	0.36	2.54	2.48	72.64
SAN PABLO 5	0.48	0.92	64,835	0.23	0.75	2.04	2.67	72.45
SPLIT SAN PABLO 5	0.34	0.90	28,498	0.17	0.53	2.57	1.03	62.62
SAN PABLO 5 RAMAL 370	0.59	0.94	8,597	0.20	1.15	4.63	2.06	113.96
SAN PABLO 5 RAMAL 525	0.84	1.15	39,989	0.14	0.66	2.44	3.42	81.82
FREIBERG	1.01	2.50	49,026	0.05	1.17	2.10	2.55	72.00
SPLIT RAMAL 1	0.50	0.95	15,294	0.76	0.18	1.02	2.95	66.03
RAMAL LA PAZ SUR	1.50	1.57	21,329	0.13	0.71	1.88	1.23	53.99
TOTAL RECURSOS	0.64	1.05	1,279,819	0.41	0.45	1.64	2.20	62.98

Fuente: Dpto. Geología - Mina Austria Duvaz.

Las reservas están definidas en 2 clasificaciones:

- a. **Reservas Mineral Probada:** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido, incluye los factores de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan ocurrir cuando se explota el mineral. En esta etapa se han realizado estudios de factibilidad e incluye la consideración y modificación por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales y sociales. La Reserva Mineral Probable tiene mayor confianza que la Reserva Mineral Probada.

- b. **Reservas Mineral Probable:** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias del Recurso Mineral Medido, incluye los factores de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan ocurrir cuando se explota el mineral. En esta etapa se han realizado evaluaciones apropiadas que puedan incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración y modificación por factores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, medioambientales y sociales. Estas evaluaciones demuestran que la extracción podría justificarse razonablemente.

A continuación, con la información del Dpto. de Geología de la mina Austria Duvaz se expone el resumen de reservas de mineral por vetas en la Tabla N° 2 y otro resumen de mineral clasificado por certeza en la Tabla N° 3.

Tabla Nº 2.- Cuadro de Listado de Reservas de Mineral por Vetas

RESUMEN DE RESERVAS MINERALES (AL 31 DE DICIEMBRE 2016)								
Veta	Ancho veta	Ancho Minado	T.M.S.	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/TM	Valor Equivalente US\$/TM
LA PAZ 138	0.97	1.16	166,075	1.85	0.84	2.99	5.46	158.76
PERU	1.23	1.30	55,878	2.31	0.50	1.50	3.81	128.68
SPLIT PERU	0.65	0.92	44,225	1.19	0.41	1.92	3.61	101.44
RAMAL 2	0.67	0.98	13,138	0.40	0.36	3.06	3.49	96.38
RAMAL 1	0.78	1.05	59,511	0.76	0.43	2.56	5.24	114.12
LA PAZ	1.91	1.94	245,038	1.51	0.56	3.93	5.79	164.29
LA PAZ SUR	0.83	1.08	56,037	0.17	2.02	3.81	3.63	123.40
RAMAL 024	0.41	0.90	6,536	0.46	0.68	2.64	2.15	83.41
MELCHORITA	0.71	1.04	51,186	0.73	1.15	4.38	5.95	158.12
VICTORIA	0.80	1.08	104,324	0.75	1.91	6.59	6.96	213.34
VICTORIA PISO	0.89	1.09	17,387	0.56	0.92	3.97	2.62	115.00
SAN PABLO 2	0.81	0.98	9,320	2.24	0.20	0.55	3.70	106.56
HELGA	1.73	1.76	13,522	1.12	0.16	3.48	5.26	136.77
PIRITOSA	0.65	0.98	27,327	0.64	0.38	2.97	5.38	118.25
FREIBERG	1.53	2.50	36,414	0.19	1.22	2.36	4.43	97.30
SPLIT RAMAL 1	0.49	0.95	1,610	1.53	0.10	0.65	3.12	82.04
RAMAL LA PAZ SUR	1.07	1.27	13,633	0.26	1.08	4.17	3.57	120.28
TOTAL RESERVAS	1.18	1.39	921,162	1.21	0.89	3.59	5.23	149.33

Fuente: Dpto. Geología - Mina Austria Duvaz.

Tabla Nº 3.- Cuadro de Resumen de Reservas de Mineral

RESUMEN DE RESERVAS MINERALES PROBADO - PROBABLE (AL 31 DE DICIEMBRE 2016)								
Veta	Ancho veta	Ancho Minado	T.M.S.	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/t	Valor Equivalente US\$/TM
Probado	1.20	1.42	618,616	1.24	0.86	3.45	5.30	148.25
Probable	1.13	1.31	302,546	1.14	0.94	3.88	5.09	151.52
TOTAL RESERVAS	1.18	1.39	921,162	1.21	0.89	3.59	5.23	149.33

Fuente: Dpto. Geología - Mina Austria Duvaz.

1.3 Formulación del problema

1.3.1. *Problema principal*

¿Cuál es el impacto que conlleva la implementación del método de explotación Sub Level Stopping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC con respecto a la producción de mineral?

1.3.2. *Problemas específicos*

- a. ¿Qué **consideraciones técnicas** se requiere para implementar el método de explotación Sub Level Stopping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC?
- b. ¿Cuál es el impacto en términos de **rentabilidad** al implementar el método Sub Level Stopping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC?

1.4 Formulación de Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

Determinar el **impacto** al implementar el método de explotación Sub Level Stopping (SLS) para incrementar la producción de mineral en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la viabilidad de la implementación del método de explotación Sub Level Stoping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC, partiendo de las consideraciones técnicas.
- b. Determinar el impacto de la rentabilidad al implementar el método Sub Level Stoping (SLS) incrementando la producción de mineral en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.

1.5 Justificación de la investigación

Es **aplicativo** por las referencias que se tiene de otras compañías mineras que optaron por la implementación y continuidad del método Sub Level Stoping (SLS), con el objetivo de incrementar la producción de mineral.

Es **verificable** a través del comparativo de indicadores con otros métodos de explotación y en el contexto histórico de la propia operación minera de la mina Austria Duvaz.

Es **significativo** para la Gestión Operativa en términos de producción con una alta productividad que permita cumplir los compromisos organizacionales.

Es **vanguardista**, por representar la mecanización de las operaciones en una mina con más de 100 años de operación, como es el caso de la Sociedad Minera Austria Duvaz.

1.6 Limitaciones de la investigación

La **falta de información** histórica respecto al método Sub Level Stopping (SLS) en la Mina Austria Duvaz, representó la mayor limitación al desarrollo de la presente investigación, sin embargo, hubo aportes significativos de la supervisión de mina, geología y planeamiento mina.

En el transcurso del trabajo realizado, se ha presentado eventos y situaciones desfavorables de carácter institucional y profesional que postergaron el avance de las diligencias para culminar la presente investigación. A esto se sumó la pandemia que aún sobrellevamos, que no solo afectó la salud física, sino la salud emocional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Revisado y analizado la literatura referente al método Sub Level Stoping (SLS) y las consideraciones que implica su selección e implementación en diferentes empresas mineras nacionales e internacional, se pudo plasmar una propuesta para la mina Austria Duvaz tomando en cuenta las propias particularidades geomecánicas y técnicas-operativas; se considera este estudio como referencia y guía técnica para propósitos similares; siendo otro factor la mejora operativa a través de la mecanización del proceso de minado.

A continuación, se expone algunas conclusiones obtenidas de otras experiencias operativas al aplicar el método de explotación Sub Level Stoping (SLS) en diferentes unidades mineras:

- a. Muruaga S. (2016) “**Selección de métodos de explotación para vetas angostas.**”. [Tesis Pregrado]. Santiago: Universidad de Chile. Conclusión: *“Además se cumple que para macizos rocosos de calidad regular (Q' entre 7,5 y*

- 10,0) e inclinación vertical ($80^\circ - 90^\circ$) se prefiera el método *Sublevel Stopping* para yacimientos de vetas angostas. En cambio, para macizos rocosos de mala calidad (Q' entre 5,0 y 7,5) e inclinación sub vertical ($60^\circ - 70^\circ$) se prefiere el método *Sublevel Caving*”.
- b. Gutiérrez D. (2014) “**Aplicación del método de Explotación Sub Level Stopping en manto Cobriza - Doe Run Perú - Unidad Cobriza**”. [Tesis Pregrado]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Conclusión: “*La aplicación del método de explotación Sub Level Stopping, es una gran oportunidad para revertir a la brevedad los resultados adversos del 2013, que podría brindar mejoras importantes en los resultados de seguridad, control ambiental y principalmente en incremento de producción*”.
- c. Gonzales M., Velásquez J. (2012) “**Explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con taladros largos en la Unidad de producción Uchucchacua**”. [Tesis Pregrado]. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Conclusión: “*De la evaluación técnica y económica, el incremento de la producción de mineral, en el cuerpo explotado por subniveles con taladros largos es del 100% mayor que con el que comparó, puesto que con este método se extrae 500 TCS diarias y por el método Corte y Relleno 250 TCS diarias.*”
- d. Moran J. (2008) “**Análisis técnico económico para explotar por taladros largos el tajeo 775 en la Unidad de Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S. A. A.**”. [Tesis Pregrado]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Conclusión: “*El Valor Presente Neto del proyecto usando Taladros Largos es 2'050,260.0 US \$ mayor que usando el método de corte y relleno pues el volumen de producción mensual es mayor y menor el período de explotación*”.

2.2 Bases teóricas – científicas

2.2.1 Método de Explotación Subterráneo

Se entiende como el conjunto de actividades y procesos técnicos para la explotación de las reservas de mineral que se ejecuta por debajo de una zona superficial. Existen varios factores antes de seleccionar el método de explotación apropiado para la producción de mineral, como la resistencia del macizo rocoso, forma y posición del yacimiento, longitud minable, el buzamiento, la presencia de agua, etc.

2.2.2 Método de Explotación Shrinkage (SHK)

Es un método de explotación aplicable a vetas (estructuras verticales), principalmente para explotaciones menores. Consiste en utilizar el mineral roto como piso de trabajo para seguir explotando de manera ascendente. Este mineral provee además soporte adicional de las paredes hasta que la cámara se completa y queda listo para el vaciado. Los caserones se explotan ascendentemente en tajadas horizontales, sacando solamente el 30%-35% que se esponja y dejando hasta el momento del vaciado el resto (65%-70%). Para asegurar que el mineral no quede “campaneado”, el mineral no debe tener alta presencia de material arcilloso, ni dejar mucho tiempo acumulado porque podría oxidarse rápidamente, generando cementación.

2.2.3 Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente (OCF)

Conocido también como Over Cut and Fill (OCF), que es aplicable a depósitos verticales (vetas) o depósitos de gran tamaño e irregulares. Se aplica por lo general en cuerpos de forma tabular verticales o subverticales, de espesor variable desde unos pocos metros hasta 15 o 20 metros en algunos casos. Se

prefiere a otras alternativas cuando la roca encajadora (paredes) presentan malas condiciones de estabilidad. En cambio, la roca mineralizada debe ser estable y competente. El valor del mineral debe ser valioso de modo que su recuperación compense los mayores costos del método.

2.2.4 Método de Explotación Sub Level Stoping (SLS)

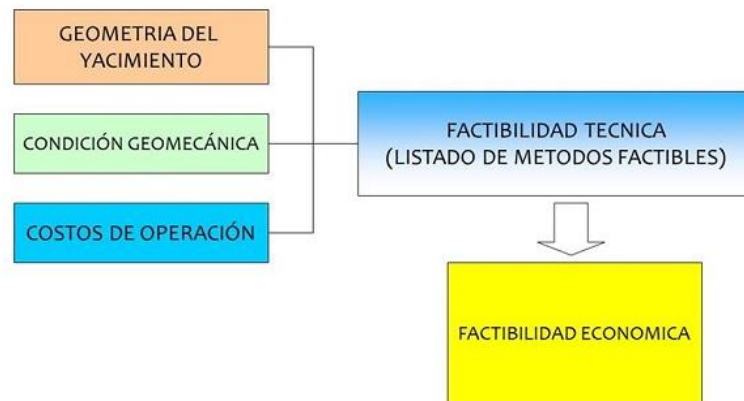
El Sub Level Stoping (SLS) es un método de explotación productiva a mayor escala que permite una gran cantidad de puntos de producción en operación al mismo tiempo, teniendo como resultado una excavación de dimensiones más grandes llamada stope. El mineral extraído se almacena y extrae en “embudos” para ser extraídos en el nivel inferior. El yacimiento se puede dividir en tajos primarios y secundarios, donde los tajos primarios se minan primero, los tajos secundarios se dejan como pilares hasta que los tajos primarios adyacentes se hayan extraído y rellenado; generalmente se instalan pernos de anclaje encima del tajo, antes de iniciar los tajos secundarios para proporcionar un soporte adicional a la masa rocosa y evitar el desprendimiento de rocas. Este método se basa en el principio de voladura de grandes cortes, que luego se rellenan para maximizar la recuperación del yacimiento.

2.2.5 Selección del Métodos de Explotación

En 1981 David Nicholas planteó una **aproximación cuantitativa para la selección del método de explotación** con su investigación “Selection Procedure - A Numerical Approach” con la que determina una escala de ponderación de los métodos de explotación. Posteriormente (1995) la Universidad de British Columbia modifica y agrega nuevos valores a la escala

del método Nicholas. Una representación de los componentes de esta metodología se aprecia en la Figura N° 7.

Figura N° 7.- Selección del método de minado según Nicholas



Referencia: NICHOLAS
(1981)

Fuente: Centro Geotécnico Internacional.

Hay que resaltar que se toma en cuenta las principales características del yacimiento de mineral y por tal razón esta metodología resulta como buena alternativa al momento de seleccionar el método de minado, para ello se aplicará la Tabla N° 4.

Tabla N° 4.- Selección de Método de Minado según Nicholas y Marck

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SEGÚN NICHOLAS Y MARCK				
Tipo de Yacimiento	Pendiente	Resistencia		Método Aplicable
		Mineral	Cajas	
Tabular estrecho	Echada	Fuerte	Fuertes	Cámaras con pilares ocasionales
				Cámaras y pilares
Tabular potente	Echada	Fuerte	Fuertes	Cámaras con pilares ocasionales
		Débil	Débiles	Rebanadas hundidas
		Fuerte	Fuertes	Cámaras abiertas
Tabular muy potente	Echada	-----	-----	Como en masas
Filones muy estrechos	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámaras de almacén
		Débil	Débiles	Rebanada rellena
				Explotación entibada
Filón estrecho	Echada	-----	-----	Como en tabulares estrechos
Potencia superior a la entibacion económica	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámara vacía
				Cámaras Almacén
				Rebanada rellena
	-----	-----	Débiles	Rebanada rellena
	-----	Débil	Fuertes	Rebanada Hundida
				Mallas cúbicas
	-----	-----	Débiles	Rebanada Hundida
				Mallas cúbicas
	Echada	-----	-----	Como en tabulares potentes o masas
Filón ancho	Vertical	Fuerte	Fuertes	Cámaras Vacías
				Cámaras Almacén
				Cámaras y Niveles
	-----	-----	-----	Rebanada rellena
	-----	-----	Débiles	Niveles hundidos
				Mallas cúbicas
	-----	-----	Fuertes	Cámaras Almacén
				Cámaras y Niveles
Masas	-----	Débil	Débiles	Niveles hundidos
		-----	Fuertes	Bloques hundidos
	-----	-----	-----	Mallas cúbicas
	-----	-----	-----	Métodos mixtos.

Fuente: “Explotación Subterránea, Métodos y casos prácticos” – U.N.A.

2.2.6 **Fundamento técnico**

Podemos justificar la necesidad de implementar el método de explotación Sub Level Stopping, es lo mencionado en la referencia de Cipriani, F. (2013). "**Transición en la aplicación del método de minado de Taladros**", que describe: "Las diversas etapas en el proceso de obtención del mineral estaban diseñadas e implementadas para una aplicación en cuerpos, lo que exigió que se rediseñen los siguientes procesos:

1. Diseño de preparaciones.
2. Diseño de nuevos esquemas de carguío y perforación de taladros de producción.
3. Redefinición de los equipos de perforación.
4. Redefinición y dimensionamiento de los equipos de acarreo.
5. Implementación de nuevos controles operacionales."

Por lo que la transición también supone no solo aspectos geológicos y geomecánicos, sino aspectos de diseño de minado, equipos y controles operacionales.

2.3 **Definición de términos básicos**

- a. **Avance:** Denominación para el laboreo lineal (metros) que pueden ser labores de acceso horizontal, rampas y verticales, como producto de la perforación-voladura.
- b. **Costos:** Es el conjunto de recursos (material, servicios, personal, otros) que se utilizan para realizar una actividad o proceso productivo.

- c. **Cruceros:** Son labores con secciones de 2.4 m. x 2.4 m en la fase de desarrollo (labores en estéril/desmonte) o de preparación (para la explotación del block mineralizado).
- d. **Dilución:** Es la pérdida de la calidad de la ley de mineral de la zona mineralizada debido a la presencia del material encajonante como resultado de la explotación.
- e. **Echaderos y chimeneas:** Son desarrollos verticales o con inclinaciones menores para la extracción de mineral, relleno, ventilación, bombeo de agua y otros servicios.
- f. **Eficiencia:** Es el uso racional de recursos para alcanzar un objetivo. A mayor eficiencia menor la cantidad de recursos que se emplearán.
- g. **Explosivos:** Son agentes químicos que generan energía (volumen de gases) a altas temperaturas para la voladura del macizo rocoso.
- h. **Galerías:** Son labores de desarrollo (conocidas como labores principales de acceso) con secciones de 2.4m x 2.4m definidas para el proceso de minado.
- i. **Malla de perforación:** Se refiere a la distribución de los taladros de perforación para una labor, de acuerdo con el terreno y al tipo de explosivo que se usará.
- j. **Niveles:** Son labores horizontales que generalmente demarcan las zonas de laboreo y están entre 100 metros de nivel a nivel.
- k. **Perforación:** Es el proceso de penetración de la broca inserto en el barreno de la máquina perforadora sobre el macizo rocoso, según el diseño de malla de perforación.
- l. **Productividad:** Definida como indicador de eficiencia y tiempo que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida.

- m. **Rendimiento:** Es la medida, indicador o cuantificación de un actividad o proceso como resultado por unidad (tiempo, metros, toneladas, US\$, etc.).
- n. **Rentabilidad:** Es la relación o capacidad de generar la mayor utilidad o ganancia de una inversión o utilización de recursos para un fin establecido.
- o. **Subniveles:** Son labores de preparación construidas para la inmediata explotación. La sección está determinada por la potencia de la veta.
- p. **Tajo/Tajeo:** Esta labor minera es considerada como una unidad de explotación propiamente dicha, donde se realiza el ciclo de minado para obtener el mineral.
- q. **Taladro:** Es el orificio perforado que se realiza en el frente de ataque (avance o explotación) como resultado de la perforación, para ser cargado con explosivos para la voladura.
- r. **Taladro Largo:** Es el orificio perforado que se realiza específicamente para chimeneas y/o explotación, la particularidad son las longitudes mayores que se alcanza.
- s. **Voladura:** Es el uso correcto del explosivo y accesorios disponibles para ser cargados de acuerdo con la malla de perforación y lograr el resultado esperado.

2.4 Formulación de Hipótesis

2.4.1. *Hipótesis General*

La implementación del método de explotación Sub Level Stoping (SLS) incrementará la producción de mineral de forma sostenida en la operación de Sociedad Minera Austria Duvaz SAC, representando mayor rentabilidad.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. Si se determina favorablemente las características geomecánicas del yacimiento de mineral entonces se implementará el método de explotación Sub Level Stopping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.
- b. Los resultados de la implementación del método de explotación Sub Level Stopping (SLS) se traducen en mayor utilidad y eso representa mayor rentabilidad para Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.

2.5 Identificación de Variables

2.5.1. Variable Independiente

Implementación del método de explotación Sub Level Stopping.

2.5.2. Variable Dependiente

Incrementar la Producción de mineral en Sociedad Minera Austria Duvaz.

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores

A continuación, en la Tabla N° 5 se describe la matriz de Operacionalización de variables con las consideraciones previamente mencionadas.

Tabla N° 5.- Cuadro de Operacionalización de Variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
Variable Independiente	Dimensión	Indicadores	Unidades
Método Explotación Sub Level Stopping	Gestión operativa	Costo unitario de Minado	US\$/tms
		% Recuperación de Mineral	%
		Reducción del tiempo de vida de tajos	Meses
Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores	Unidades
Incrementar la Producción de mineral	Explotación en Tajos	Costo unitario de Producción	US\$/tms
		% Cumplimiento de Producción	%
		Seguridad	Estable/Inestable

Fuente: elaboración propia.

También se puede remitir al Anexo A, referente a la Matriz de consistencia donde se describe las variables y los planteamientos que contempla la presente tesis.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

Según el objeto de estudio es **Aplicada** por utilizar las teorías, conocimientos, métodos y técnicas para la resolución práctica de un problema específico, en otras palabras, lograr los resultados ya demostrados en casos similares.

Para el propósito de la investigación se puede citar la definición y tipos de Investigación de la referencia de “Wikipedia, la enciclopedia libre. Investigación. (https://es.wikipedia.org/wiki/Investigaci%C3%B3n#Tipos_de_investigaci%C3%B3n):
“Investigación aplicada: Es la utilización de los conocimientos en la práctica, con el fin de aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad”

3.2 Métodos de investigación

Por el mecanismo de la investigación se emplea el método científico, por el cual se obtendrá resultados conforme las condiciones geomecánicas y técnico-económicas permita concluir a un **conocimiento general**.

3.3 Diseño de investigación

Con las variables identificadas, corresponde el diseño de investigación **Correlacional** y de carácter cuantitativo, donde las causas y efectos se conocen para observar y acentuar las variables identificadas para el estudio. *“Como dice Yin (1993), el estudio de caso no tiene especificidad, pudiendo ser usado en cualquier disciplina para dar respuesta a preguntas de la investigación para la que se aplique”*. (https://es.wikipedia.org/wiki/Estudio_de_caso).

3.4 Población y muestra

La población se compone de las labores de producción, en este caso los tajos de explotación de Sociedad Minera Austria Duvaz, de los cuales se realiza el levantamiento de información.

La muestra representativa está conformada por los tajos de explotación ubicados en la zona baja de la mina, en las vetas **La Paz 138, Ramal La Paz Sur y Perú** que comparten significativamente las mismas características geomecánicas y que están ubicados entre los Niveles 1600 - 1700 y 1750.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las principales técnicas que se aplicó son:

- a. Entrevista al personal involucrado directamente en las operaciones de mina (mina, geología, geomecánica, planeamiento y topografía).
- b. Observación directa de la documentación de hechos, con resultados y conclusiones basadas en la productividad de mina.
- c. Evaluación y análisis de la información recolectada con la posibilidad de retroalimentar la información con datos in situ (interior mina).

Los principales instrumentos de recolección de datos que se consideró son:

- a. Reportes de Operaciones Mina y Productividad (Anexo B).
- b. Data del programa de producción de mineral (Anexo C).
- c. Software de registro (AutoCad, MS Excel).

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La información como elemento de procesamiento y análisis fue recopilado y validado con el apoyo de la supervisión directa de la operación, para aplicar la estadística elemental con ayuda del software de especialidad.

3.7 Tratamiento estadístico

Los datos recopilados para su procesamiento y análisis estuvieron sujetos a:

- a. Cálculos y estimación de resultados (MS Excel).
- b. Aplicación de diagrama de Barras para la estadística elemental.
- c. Comparativo con información de terceros (otras experiencias).

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Basado en el diseño de investigación **Correlacional** los instrumentos y mecanismos elegidos manifiestan la objetividad y la validación que correlaciona las medidas con el criterio y la confiabilidad es aceptable por su naturaleza de análisis que está **reafirmado** por las aplicaciones de casos similares.

3.9 Orientación ética

El proceso de la investigación pone énfasis a la ética profesional y honra personal, que se basa en valores universales como el respeto a la vida, la valoración de las personas y la discreción con la información de la empresa Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. *Selección del Método de Minado*

Se aplicó el criterio de selección de método de minado según Nicholas y Marck, indicada en la Tabla N° 4 (Pag. 32), que considera los parámetros básicos del yacimiento, determinando 2 alternativas: el método Sub Level Stoping (SLS) (propuesto) y Over Cut and Fill (actual y de mayor preponderancia). Ahora, ¿Qué método de explotación resulta la mejor opción?, ¿Es viable la propuesta del método Sub Level Stoping (SLS)? son las incógnitas más relevantes que ayudaran para el análisis y la acertada toma de decisiones.

4.1.2. Evaluación Geomecánica Veta Perú, Veta La Paz 138 y Ramal La Paz Sur y

El estudio "Evaluación Geomecánica de las Vetas Perú, La Paz 138 y Ramal La Paz Sur para la Aplicación del Sub Level Stoping (SLS) con taladros Largos" se realizó en diciembre 2016, por el asesor de geomecánica CIP 15480 Carlos Vallejo Cortes y se obtuvo un total de 13 registros lineales y 06 estaciones geomecánicas con un total de 863 mediciones de discontinuidades (persistencia, rugosidad, relleno y alteración), ver Figura N° 8. Con los registros lineales y estaciones geomecánicas se obtuvo una valoración del macizo rocoso según el RMR14 básico entre 62 a 67 y un índice Q' entre 7 a 10.

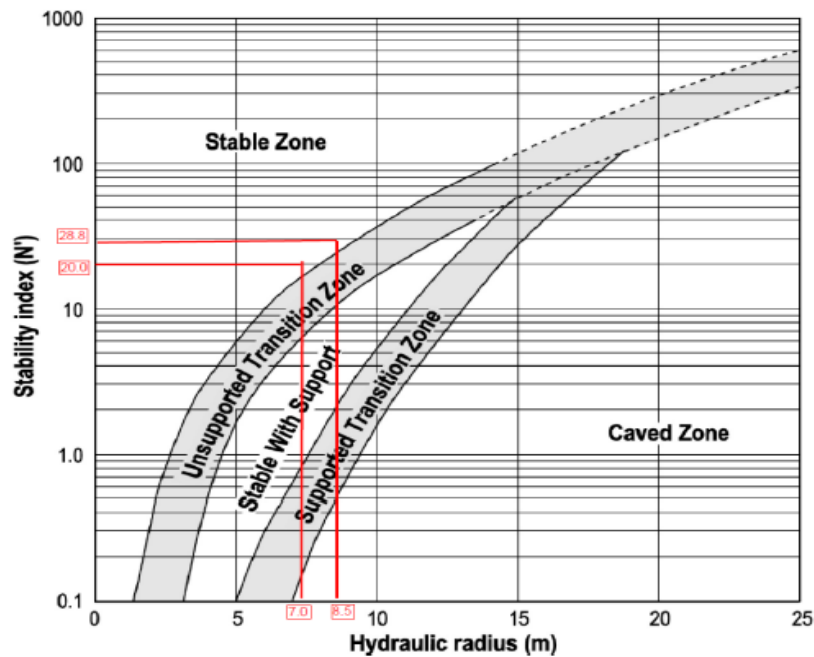
Figura N° 8.- Línea de discontinuidades - veta La Paz 138 Nv 1750



Fuente: Evaluación Geomecánica – Mina Austria Duvaz.

Para determinar los radios hidráulicos estables con el fin de explotar con el método Sub Level Stopping se aplicó el método gráfico de estabilidad (Potvin 1998 y Nickson 1992), ver Figura N° 9, el grafico de estimación empírica de sobreexcavación (ELOS) (Clark 1998) y la tabla de sostenimiento según Barton.

Figura N° 9.- Grafico Estabilidad, según Potvin, 1998 y Nickson, 1992



Fuente: Evaluación Geomecanica – Mina Austria Duvaz.

El método gráfico de estabilidad nos permite determinar el valor del número de estabilidad (N') mediante la siguiente relación: $N' = Q' \times A \times B \times C$

Donde:

Q' = Índice Q de Barton 2002 (SRF=1 y en condiciones secas)

A = Factor de condición de esfuerzos

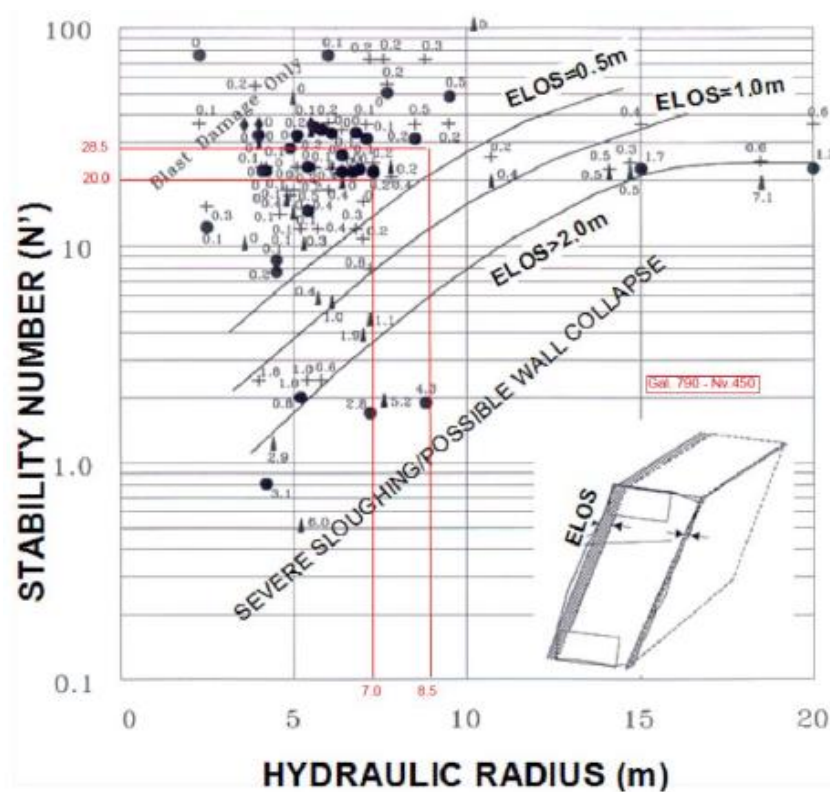
B = Factor de orientación de discontinuidades

C = Factor de componente gravitacional

Según la evaluación geomecánica del macizo rocoso se determinó que el valor del índice Q' varía entre 7 a 10. Así mismo, los factores A, B y C se obtuvieron en base a los gráficos de E. Villaescusa (2014).

De acuerdo con los resultados de Q' , A, B y C se obtiene un número de estabilidad (N') mínimo de 20.0 y un máximo de 28.8. Con estos valores de estabilidad N' se obtiene condiciones estables de tajeos sin sostenimiento con un radio hidráulico mínimo de 7.0 y máximo de 8.5 (ver Figura Nº 10).

Figura Nº 10.- Estimación empírica sobre excavación, según Clark, 1988



Fuente: Evaluación Geomecánica – Mina Austria Duvaz.

Según los radios hidráulicos obtenidos se recomienda una explotación simultánea mediante tres subniveles de 3.0 m de altura con perforación de taladros de 12.0 m de longitud hacia arriba y hacia abajo desde el subnivel

intermedio, a lo largo de 25.0 m, con lo cual se obtiene un radio hidráulico (RH) de 7.1 (altura de 33.0 m y longitud de 25.0 m).

Se recomienda un ancho de excavación mínimo de 1.2 m (dependiendo del ancho de veta), de manera que la dilución programada (ancho de veta/ancho de excavación) no afecte el costo de explotación y sea rentable, considerando que la sobreexcavación no programada mínima será de 20 a 30 cm. considerando además que el tiempo de autosoporte de los paneles según su altura es de 7 días como máximo.

4.1.3. Cálculo de Dilución, recuperación de Mineral

La dilución es la resultante de las características geológicas y geomecánicas del yacimiento, del método de minado seleccionado y de su acertada aplicación. Para calcular la dilución, se aplica la metodología empírica de O'Hara ('80). La dilución está expresada en porcentaje de estéril por el mineral extraído.

$$Dilución = \frac{k}{\sqrt{w} * \text{Sen } \beta}$$

Dónde:

w : Potencia de veta (metros).

k : Constante del método de minado (ajustado).

β : Buzamiento, expresado en Radianes.

El valor de la constante k , para cada método de explotación minera, fue determinado por O'Hara, basándose en estudios realizados en diferentes minas, los referidos valores para la estimación se resumen en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6.- Dilución de diseño según O'Hara

DILUCIÓN DE DISEÑO SEGÚN O'HARA (1980)		
Parámetros	Taladros Largos	Corte y relleno
w: Potencia de veta (metros)	1.7	1.7
k: Constante del método de Minado	30.3	13.8
β : Buzamiento de veta (Radianes)	75.0	75.0
Dilución de Diseño	24.3%	11.0%

Fuente: "Explotación Subterránea, Métodos y casos prácticos" – U.N.A.

A manera de reforzar los criterios aplicados, es oportuno considerar los factores de dilución según Popov (1971) contenidos en la Tabla N° 7 para la selección apropiada del método de explotación.

Tabla N° 7.- Factor de Dilución según Popov

FACTOR DE DILUCION SEGÚN POPOV (1971)			
Método de Explotación	Condiciones del terreno		
	Excelente	Medias	Malas
Taladros largos	1.20	1.30	N.D.
Corte y relleno	1.05	1.10	1.15
Cámaras almacén	1.10	1.15	1.25
Cámaras y pilares	1.05	1.10	1.20

Factor de Dilución= Ton. Mineral Diluido / Ton. Mineral in-situ

Fuente: "Explotación Subterránea, Métodos y casos prácticos" – U.N.A.

Por otro lado, la compañía canadiense J.S. REDPATH LTD (1986) ha estudiado la recuperación y Dilución en minería subterránea y ha planteado los factores que habría que aplicar a las reservas calculadas in-situ. A continuación, lo mencionado se muestra en la Tabla N° 8.

Tabla N° 8.- Factor de Recuperación de mineral según J.S. Redpath

FACTOR DE RECUPERACIÓN DE MINERAL SEGÚN J.S. REDPATH (1986)		
Método de Explotación	Intervalo (%)	Medio (%)
Taladros largos	60 - 100	80
Corte y relleno	70 - 100	85
Cámaras almacén	75 - 100	90
Cámaras y pilares	50 - 75	60

Fuente: “Explotación Subterránea, Métodos y casos prácticos” – U.N.A.

El factor de recuperación de mineral según J.S. Redpath (1986) señala para el método de Corte y Relleno (OCF) una recuperación promedio de 85% y para el método Sub Level Stopping (SLS) la recuperación es 80%, el motivo se debe a los puentes que quedan hacia el nivel superior para la estabilidad de los tajos y el área de influencia.

4.1.4. Infraestructura de Diseño

Un dato importante es el peso específico del mineral (3.1 tm/m³) y desmonte (2.7 tm/m³), para determinar el diseño de las labores de avance (rampas, cruceros, galerías, subnivel y estocadas), también es valorar las condiciones geológicas, geomecánicas e ingeniería de las vetas en estudio, indicadas en la Tabla N° 9:

Tabla N° 9.- Cuadro de Evaluación de Tajos para SLS

CUADRO DE EVALUACIÓN DE TAJOS		
Geología	Valor de Mineral Potencia minable Presencia de agua Buzamiento	≥ 80 US\$/tm 0.7 a 1.5 metros seco 62° a 67°
Geomecánica	RMR Corregido Factor de seguridad Radio Hidráulico	$\geq 60^\circ$ ≥ 1 ≥ 7
Ingeniería	Costo de operación Ratio de perforación Capacidad Perf. Equipo Programa Perf. Equipo Ratio de preparación	≤ 40 US\$/tm 2.6 ton/ mt Perf. 2500 mt Perf. / mes 2200 mt Perf. / mes 80 ton/mes

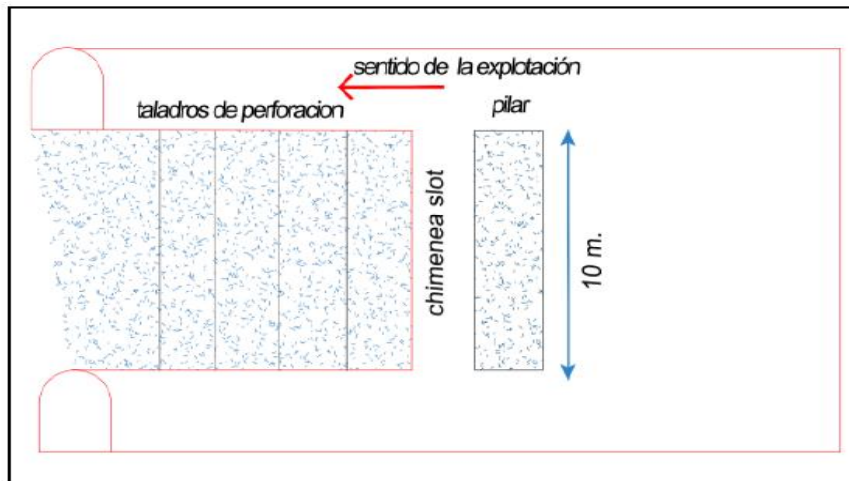
Fuente: Elaboración propia.

El buzamiento de las vetas en estudio es favorable con un promedio de 65° y su continuidad en la mineralización lo hace viable para aplicar el método Sub Level Stopping (SLS). La potencia minable para este método es de 0.70 mts como mínimo.

La sección de los niveles de perforación tanto para el desplazamiento del scooptram de limpieza como del equipo de perforación es de 2.4 metros x 2.4 metros. Los slots como cara libre son preparados con una sección de 1.5 m x 1.5 m. Las chimeneas están ubicados a los extremos del tajo de tal forma que la explotación se hace en retirada y en rebanadas verticales.

Un caso cercano como la experiencia de minera Yauliyacu con 13 y 15 metros, ha resultado con problemas considerables en el tema de la desviación, por tal razón se estable para las operaciones de Austria Duvaz aplicar los 10 metros de perforación, como parte de un primer diseño. Ver Figura N° 11.

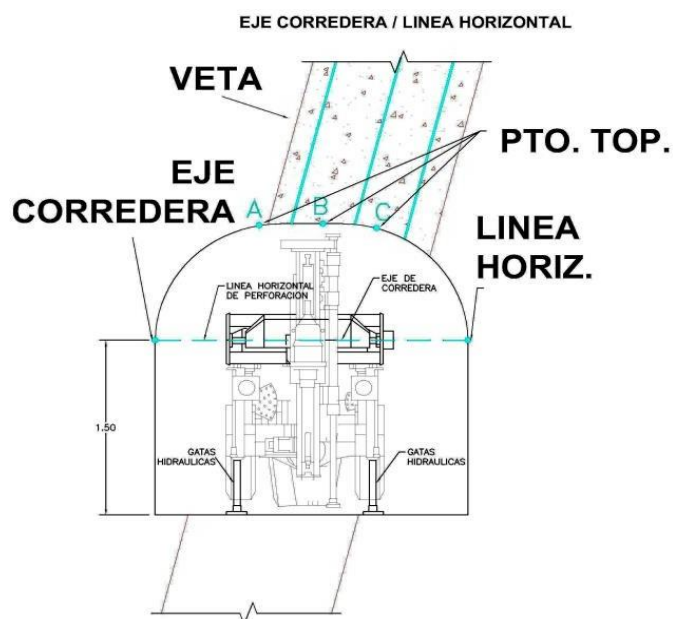
Figura N° 11.- Diseño de perforación del Tajos para SLS



Fuente: Dpto. Planeamiento mina – Austria Duvaz.

El levantamiento topográfico de los tajos explotados y de los taladros perforados es clave para cuantificar la dilución y el impacto de la desviación de taladros. Ver Figura N° 12.

Figura N° 12.- Diseño de Labor para Tajos SLS



Fuente: Dpto. Planeamiento mina – Austria Duvaz.

Gran parte de los aspectos técnicos es comparable y por la existencia de condiciones similares podemos guiarnos de los datos que se menciona en la Anexo E, referente al comparativo de parámetros SLS en otras unidades mineras, que en su totalidad se trata de experiencias internacionales.

4.1.5. Plan de Desarrollo y Preparaciones

- a. El tajo está delimitado con una dimensión de 60 metros (longitud) y 50 metros (altura), desarrollando galerías en el nivel inferior y superior y con 50 metros de diferencia de cotas.
- b. La delimitación del tajo es mediante 02 chimeneas laterales distanciados a 50 metros, las cuales por norma de seguridad servirán para la ventilación del tajo y como cara libre para los disparos de los taladros de producción (explotación).
- c. Se desarrollará una Rampa principal en desmonte para comunicar los subniveles y las ventanas de extracción de mineral, distanciados cada 15 metros.
- d. Se desarrollará una chimenea central del block, para la eliminación del desmonte del Desarrollo y para evacuar el mineral producto de los subniveles.
- e. La conservación de los pilares y puentes recomendados por Geomecánica es de vital importancia, especialmente en las intersecciones de labores.
- f. La perforación de los avances lineales se desarrollará con jackleg y para la limpieza de labores convencionales con winches eléctricos de arrastre y en los tajos se Scooptram y Dumper de 1.5 yd³ hasta 2.5 yd³.

- g. Para restablecer la estabilidad del macizo rocoso explotado se aplica el relleno detrítico.
- h. La ventilación natural está conformada por los cruceros y chimeneas propios del diseño, también está apoyada por ventiladores auxiliares de 5,000 CFM.
- i. Los avances lineales tendrán una sección de labor como se detalla en la siguiente Tabla N° 10:

Tabla N° 10.- Cuadro de Secciones de Labor

Labor	Abreviatura	Sección
By Pass	BP	2.7 x 2.7
Galería	GA	3.0 x 3.0
Crucero	CX	3.0 x 3.0
Chimenea	XH	1.5 x 1.5
Rampa	RP	3.0 x 3.0
SubNivel	SN	2.4 x 2.4
Ventana	VE	2.7 x 2.7

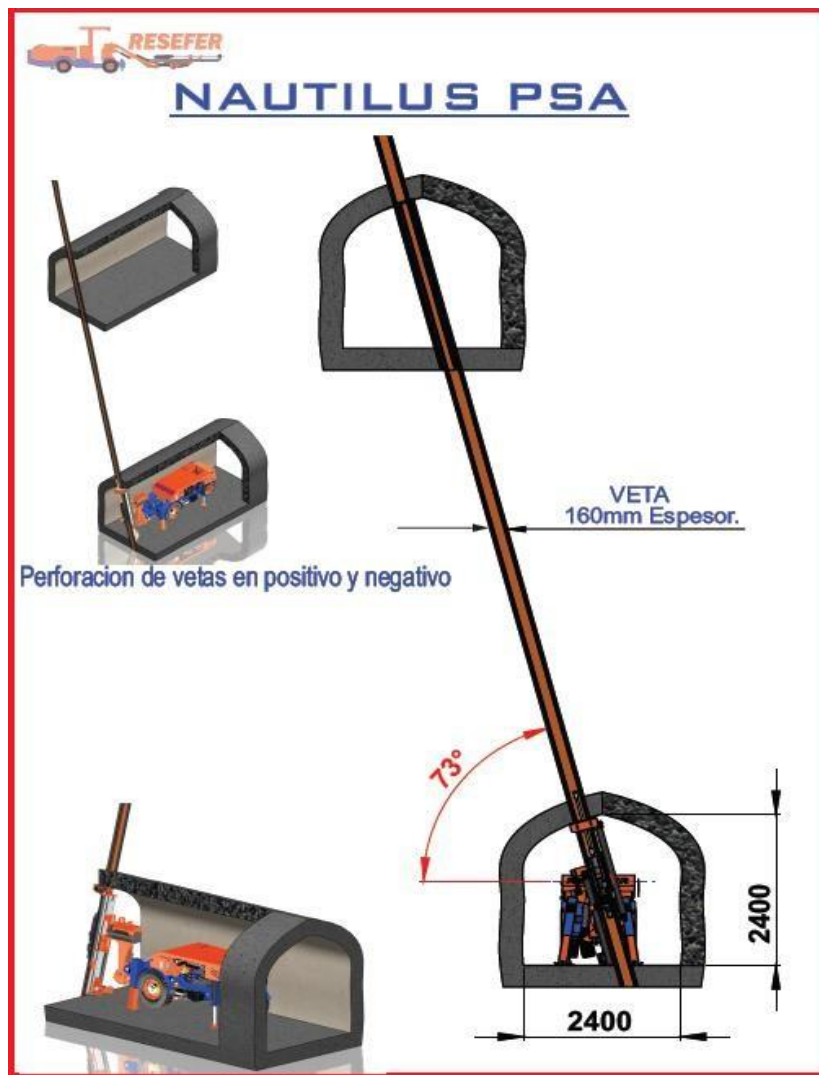
Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Selección del Equipo y Accesorios

El Nautilus PSA es un equipo de perforación de taladros largos (long hole) para labores pequeñas mínimas de 2.4 m x 2.4 m, en el rango de diámetros de perforación de 51 a 89 mm, con un alcance de hasta 12 metros de longitud.

Para precisar la versatilidad del equipo, la dimensión mínima a considerar es de 2.40 metros (altura) x 2.40 metros (ancho) y es clave para desmontar y trasladar y maniobrar el equipo de perforación con la seguridad del caso. Ver Figura N° 13.

Figura N° 13.- Posicionamiento del Equipo de Perforación Nautilus

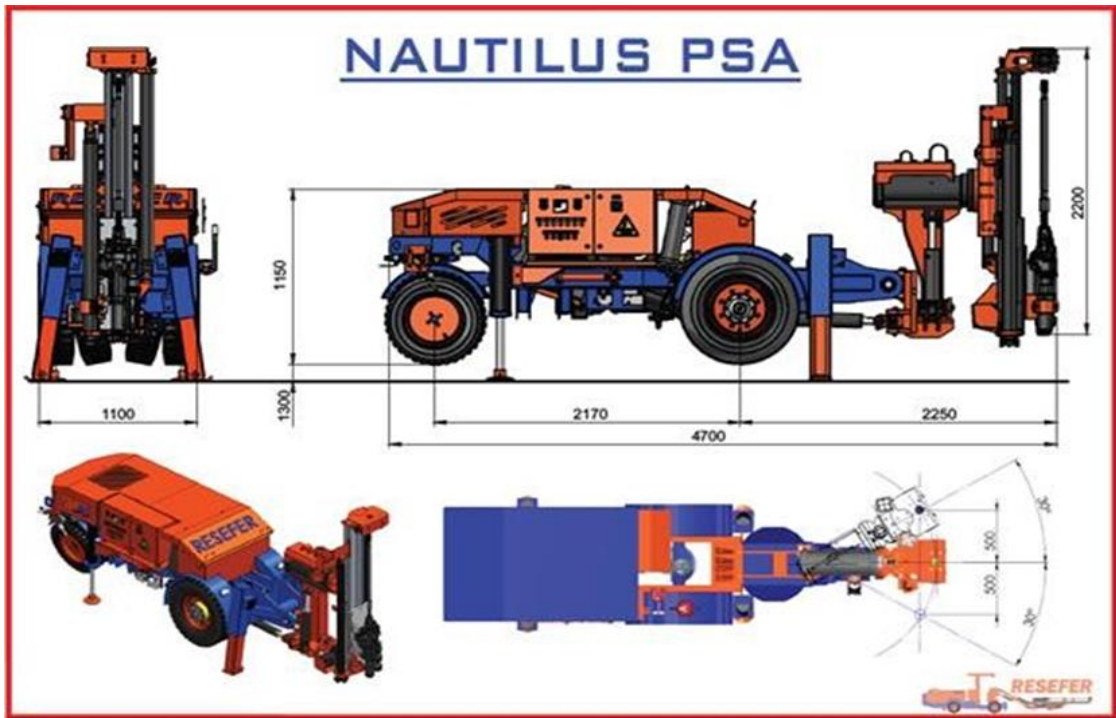


Fuente: Manual RESEFER.

Respecto al costo de perforación, en el Anexo F: Estructura de precios unitarios se detallan el costo unitario por metro perforado que estima en este caso la empresa RESEFER con su equipo Nautilus.

Las dimensiones (Ver Figura N° 14), características y ventajas son:

Figura N° 14.- Dimensiones del Equipo de Perforación Nautilus



Fuente: Manual RESEFER.

- a. Cuenta con un Martillo HC-50 Montaberth de 12 kW para alta disponibilidad y productividad.
- b. La rotación de 360° en el área total, con ángulo de inclinación hacia adelante y hacia atrás.
- c. El brazo se adecuado para la perforación radial y paralelo, ya que cuenta con movimiento axial y transversal a 30°.
- d. Instalado con un Sistema electrohidráulico de perforación para un posicionamiento en menor tiempo.
- e. Otras especificaciones técnicas se precisan en el Anexo G y Anexo H.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Al evaluar la implementación del método de explotación Sub Level Stopping (SLS) en términos de rentabilidad y productividad, el incremento sostenido de la Producción de mineral es viable, reduciendo costos y por ende mejorando la productividad.

4.2.1. Evaluación de Recursos y Reservas de Mineral

Para la estimación de Recursos y Reservas de Mineral, se ha revisado la información existente de las diferentes vetas y niveles. Posteriormente se aplicó el código JORC considerando un Cut Off de 80.0 US\$/ton, asimismo se tomó en cuenta aspectos importantes como la dilución, recuperación y los parámetros de la Tabla N° 11, Tabla N° 12 y Tabla N° 13:

Tabla N° 11.- *Parámetro para la Estimación de Reservas: Valores NSR*

VALORES NSR 2017			
Cu	Pb	Zn	Ag
28.069652	11.800995	16.597015	8.656716

Fuente: Dpto. Geología – Austria Duvaz.

Tabla N° 12.- Parámetro para la Estimación de Reservas: Precios

Metal	Precio	Unidad
Cu	5,400.0	U\$/tm
Pb	2,100.0	U\$/tm
Zn	2,500.0	U\$/tm
Ag C.Cu	16.0	US\$/Oz
Ag C.Pb	16.0	US\$/Oz
Ag C.Zn	16.0	US\$/Oz

Fuente: Dpto. Geología – Austria Duvaz.

Tabla N° 13.- Parámetro para la Estimación de Reservas: Factor de corrección

FACTOR DE CORRECCIÓN (%)			
% Cu	% Pb	% Zn	Oz /t Ag
0.90	0.80	0.80	0.90

Fuente: Dpto. Geología – Austria Duvaz.

Conforme a los valores existentes, se procedió a estimar las reservas minables según los métodos de minado más “idóneos”, teniendo en cuenta los parámetros de dilución y recuperación de mineral, conforme se muestra en la Tabla N° 14 y Tabla N° 15, en el caso de la dilución el valor asumido para SLS es 30% para efectos de cálculo y para OCF es 15%, basándonos en el Factor de dilución según Popov (1971). El objetivo es comparar los escenarios.

Tabla N° 14.- Estimación de Reservas minables para el método SLS

		RESERVAS DE MINERAL NIVEL 1600 - 1700 - 1750 POR SUBLEVEL STOPING				Valor Mineral	
		T.M.S.	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/TM	US\$/TM
In- situ		235,586	1.87	0.77	2.70	4.96	148.80
Estimado		245,009	1.44	0.59	2.08	3.81	114.46
Parámetros	Recuperación metalúrgica	82%	69%	83%	90%	Recuperación por método de minado: 80%	
	Porcentaje pagable	70%	60%	60%	70%		
	Precio metal	2.45 US\$/lb	2,100 US\$/tms	2,500 US\$/tms	16.0 US\$/Oz		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 15.- Estimación de Reservas minables para el método OCF

		RESERVAS DE MINERAL NIVEL 1600 - 1700 - 1750 POR CUT & FILL STOPING				Valor Mineral	
		T.M.S.	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/TM	US\$/TM
In- situ		235,586	1.87	0.77	2.70	4.96	148.80
Estimado		230,285	1.62	0.67	2.35	4.31	129.39
Parámetros	Recuperación metalúrgica	82%	69%	83%	90%	Recuperación por método de minado: 85%	
	Porcentaje pagable	70%	60%	60%	70%		
	Precio metal	2.45 US\$/lb	2,100 US\$/tms	2,500 US\$/tms	16.0 US\$/Oz		

Fuente: Elaboración propia.

En esta primera evaluación se observa que el valor de mineral aplicando el método de explotación Corte y Relleno (OCF) es 14.93 US\$/tms mayor que aplicando el método de explotación Sub Level Stoping (SLS). Sin embargo, el costo operativo del método de explotación influirá significativamente en el cálculo del margen de utilidad y por ende en la **rentabilidad** de la propuesta.

4.2.2. Cálculo del Margen de Utilidad

Conforme a los valores referenciados, vistos en el capítulo anterior y con el objeto de estimar el margen de utilidad para el caso del método Sub Level Stopping (SLS), se puede determinar la diferencia como ventaja al aplicar el mencionado método, contrastando con el método de explotación Corte y relleno (OCF). En la Tabla N° 16 se resume el cálculo:

Tabla N° 16.- Estimación del Margen de Utilidad

MARGEN UTILIDAD (US\$/TMS)	Taladros Largos	Corte y Relleno
Costo Operativo	26.06	40.30
Valor de Mineral	114.46	129.39
Margen de Utilidad	88.40	89.10
UTILIDAD (US\$)	21,658,268	20,517,379

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, aplicando el método Sub Level Stopping (SLS) se obtiene una diferencia de 0.7 US\$/tms más de utilidad en comparación con el método de Corte y Relleno (OCF), esto significa que el método Sub Level Stopping (SLS) es más **rentable** y con ello se obtendría **1'140,889 US\$** más de Utilidad en comparación del método Corte y Relleno (OC)F.

La mina Austria Duvaz en el tiempo del presente tema, no tenía registros, tampoco indicadores de control referente al método de explotación Sub Level Stopping (SLS), por lo que se ha considerado como referencia los costos operativos de la compañía Buenaventura de su Unidad Uchucchacua (Tabla N° 17), para una apreciación didáctica con el criterio de que existen semejanzas geológicas y operativas.

Tabla Nº 17.- Cuadros de Costos de Operación para explotación

COSTO DE OPERACIÓN CON TALADROS LARGOS US\$/tm		COSTO DE OPERACIÓN CON CORTE Y RELLENO US\$/tm	
Descripción	Alta	Descripción	Alta
Costo de Preparación	0.70	Costo de Preparación	0.49
Perforación	0.60	Perforación	2.40
Voladura	0.37	Voladura	1.20
Sostenimiento	0.00	Sostenimiento	7.58
Transporte	1.39	Transporte	1.39
Costo de Explotación	3.06	Costo de Explotación	13.06
Costo de Explotación + 25%	3.83	Costo de Explotación + 20%	15.67
Costo de Procesamiento	6.10	Costo de Procesamiento	6.10
Costo de Energía	2.80	Costo de Energía	2.80
Costos Administrativos	9.00	Costos Administrativos	9.00
COSTO TOTAL	21.73	COSTO TOTAL	33.57

Fuente: Tesis 2012 Explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con taladros largos en la Unidad de producción Uchucchacua – Universidad Nacional Huancavelica.

Por otro lado, podemos hacer referencia a una escala de costos estimados operativos de explotación subterránea, expuesta en un evento nacional realizada en el mismo periodo 2012 (Ver Tabla Nº 18).

Tabla Nº 18.- Costos Operativos de explotación subterráneo

COSTO ESTIMADO DE EXPLOTACIÓN		
Método de Explotación	Sigla	US\$/tm
Block and Panel Caving	BC/PC	3 a 10
Room and Pillar	R&P	10 a 30
Sublevel Stoping & Longhole	SLS	10 a 35
Sublevel Caving	SLC	7 a 20
Cut and Fill	C&F	25 a 85
Vertical Crater Retreat	VCR	15 a 30
Longwall Mining	LWM	20 a 30
Shrinkage	SHK	20 a 40
Square Set	SQS	50 a 80

Fuente: Villegas A. (2012) 9º Congreso Nacional Minería. Métodos de explotación subterránea.

4.2.3. Programa de Producción y Avances

Considerando la viabilidad del método de explotación Sub Level Stopping (SLS), se ha determinado el programa de Producción y Avances para vetas angostas, para el siguiente año posterior al inicio del presente trabajo, ver Tabla N° 19 y Tabla N° 20:

Tabla N° 19.- Programa de Producción 2017

Etiquetas de fila	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	Total
BANQUEO													
TMS			4,037	5,303	7,889	7,996	9,033	9,133	9,556	9,614	9,942	9,962	82,465
% Cu	-	-	0.89	0.88	0.74	0.95	0.67	0.78	0.73	0.77	0.63	0.70	0.76
% Pb	-	-	0.50	0.71	0.80	0.69	0.70	0.59	0.66	0.62	0.62	0.71	0.67
% Zn	-	-	2.81	2.94	3.36	3.10	3.19	3.02	3.05	3.01	2.86	2.95	3.04
Oz Ag	-	-	3.40	3.43	3.30	3.39	3.14	3.45	3.53	3.00	2.89	2.95	3.22
VM US\$/tmt	-	-	107.03	111.57	114.67	115.65	107.33	108.80	109.55	104.83	97.60	102.59	107.48
BREASTING													
TMS	13,088	12,311	11,150	9,150	9,546	9,184	9,100	8,400	8,175	8,425	6,875	8,650	114,054
% Cu	0.89	0.81	0.83	0.97	1.17	0.95	0.92	0.95	0.92	0.91	0.92	0.93	0.93
% Pb	0.99	0.96	0.98	1.07	0.73	0.81	1.04	0.75	0.76	0.73	0.77	0.73	0.87
% Zn	3.86	3.80	3.93	3.98	3.54	3.72	4.08	3.16	3.21	3.09	3.02	3.14	3.59
Oz Ag	4.97	4.62	4.97	5.37	5.56	5.16	5.18	4.77	4.40	4.26	4.41	4.70	4.88
VM US\$/tmt	143.62	137.20	143.05	152.53	148.35	142.63	150.74	129.18	126.04	122.19	123.12	127.42	138.10
SHIRINKAGE													
TMS	350	700	900	2,000	600	350	500	350	350	700	1,000	700	8,500
% Cu	1.02	1.69	1.13	0.61	0.41	0.21	0.20	0.24	0.26	0.93	1.11	0.95	0.80
% Pb	0.38	0.28	0.28	0.60	0.50	0.73	0.90	0.69	0.51	0.46	0.43	0.30	0.49
% Zn	3.01	2.26	2.28	3.20	2.92	3.85	3.87	3.48	2.97	2.81	2.70	2.08	2.88
Oz Ag	2.92	2.72	2.63	2.28	1.73	1.10	1.10	1.10	0.95	3.05	3.10	2.56	2.30
VM US\$/tmt	108.34	111.69	95.56	96.96	80.81	87.92	89.88	82.29	70.73	104.74	107.85	86.98	95.98
SN													
TMS	6,268	5,419	4,917	4,805	5,374	5,231	5,536	6,205	6,094	6,124	6,317	6,267	68,556
% Cu	0.68	0.71	0.64	0.65	0.67	0.67	0.67	0.66	0.66	0.62	0.65	0.66	0.66
% Pb	0.63	0.67	0.71	0.64	0.64	0.60	0.62	0.63	0.65	0.62	0.65	0.60	0.64
% Zn	2.50	2.37	2.56	2.62	2.57	2.52	2.50	2.55	2.60	2.55	2.56	2.50	2.53
Oz Ag	2.76	2.79	2.93	3.07	3.07	2.98	2.99	2.97	2.98	2.89	2.94	3.03	2.95
VM US\$/tmt	92.02	91.57	94.17	95.79	95.45	93.49	93.57	93.90	95.20	92.22	94.01	93.22	93.67
AVANCE													
TMS	1,295	1,170	1,471	1,243	1,391	1,238	1,406	1,487	1,326	1,487	1,366	1,547	16,425
% Cu	0.47	0.98	1.18	1.10	1.12	0.27	0.43	0.44	0.29	0.28	0.28	0.28	0.59
% Pb	0.37	0.32	0.20	0.20	0.36	0.67	0.36	0.84	1.01	0.99	0.77	0.74	0.58
% Zn	1.97	2.15	0.69	0.56	0.70	1.91	2.00	3.12	3.69	3.59	2.85	2.79	2.19
Oz Ag	1.56	2.27	2.03	1.94	2.03	2.16	2.52	3.08	2.74	2.70	2.94	2.78	2.41
VM US\$/tmt	63.60	86.63	64.41	59.38	64.80	65.94	71.40	100.65	105.05	102.65	89.93	86.95	80.56
Total TMS	21,000	19,600	22,475	22,500	24,800	24,000	25,575	25,575	25,500	26,350	25,500	27,125	290,000
Total % Cu	0.80	0.83	0.84	0.86	0.90	0.84	0.74	0.78	0.75	0.76	0.71	0.75	0.79
Total % Pb	0.83	0.82	0.75	0.81	0.71	0.72	0.79	0.67	0.71	0.67	0.67	0.68	0.73
Total % Zn	3.32	3.25	3.15	3.19	3.10	3.16	3.31	2.96	3.02	2.96	2.82	2.87	3.08
Total Oz Ag	4.07	3.91	3.96	3.96	4.01	3.88	3.76	3.71	3.60	3.36	3.32	3.51	3.74
Total VM US\$/tmt	122.70	120.66	118.84	120.67	119.85	118.18	117.48	111.04	110.64	107.32	103.58	107.05	114.40

Fuente: Dpto. Planeamiento mina – Austria Duvaz.

Tabla N° 20.- Programa de Avances 2017

AVANCE (m)	Mes												Total
Etiquetas de fila	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	
ALTA	91	30	142	145	175	122	136	69	59	61	47	49	1,124
DESARROLLO	20	-	16	43	30	-	-	-	-	-	-	-	109
EXPLORACION	55	20	60	40	40	40	40	-	-	-	-	-	295
PREPARACION	16	10	66	62	105	82	96	69	59	61	47	49	720
BAJA	679	670	669	665	665	728	735	812	831	840	863	871	9,026
DESARROLLO	150	160	174	147	180	210	210	210	210	210	210	210	2,281
EXPLORACION	125	120	140	160	160	160	160	200	200	200	200	200	2,025
PREPARACION	404	390	355	358	325	358	365	402	421	430	453	461	4,720
Total	770	700	810	810	840	850	870	880	890	900	910	920	10,150

Fuente: Dpto. Planeamiento mina – Austria Duvaz.

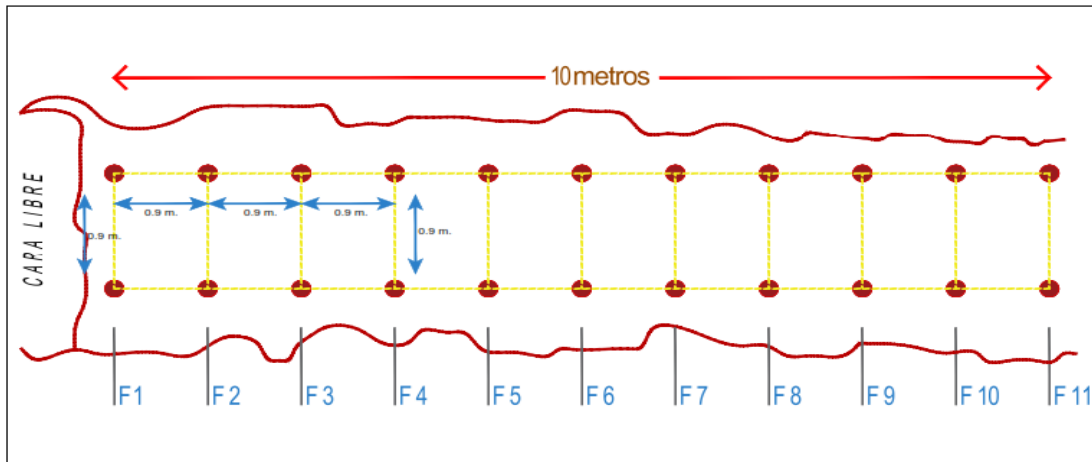
4.2.4. Operaciones Unitarias

Perforación

- a. La perforación se realizará con un equipo de perforación de taladros largos con alcance máximo de 10 metros lineales por taladro y con brocas de 2.5” de diámetro.
- b. El marcado del eje y el baricentro de la perforadora se realizará a través de un equipo multidisciplinario (topografía, geología, mina y planeamiento mina).
- c. El diseño de la malla de perforación considera un espaciamiento de 0.90 metros y Burden de 0.90 metros. Ver Figura N° 15.
- d. Con el objetivo de proteger el taladro perforado, se colocará tuberías de PVC de 2” Ø taponeándolos adecuadamente para evitar el colapso de los taladros (atrancamiento).
- e. Como norma de seguridad la perforación es negativa y en algunos casos será paralelo, lo que implica mayor tiempo de posicionamiento, menos metros perforados, pero con mayor control de las cajas. El posicionamiento

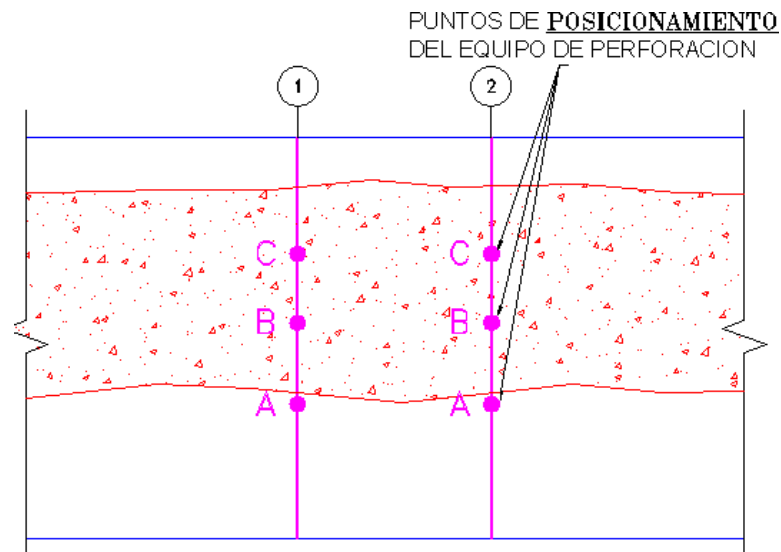
del equipo es vital para lograr la menor desviación de taladros. Ver Figura N° 16.

Figura N° 15.- Malla de Perforación SLS



Fuente: Dpto. Planeamiento mina – Austria Duvaz.

Figura N° 16.- Puntos de Posicionamiento del equipo de Perforación

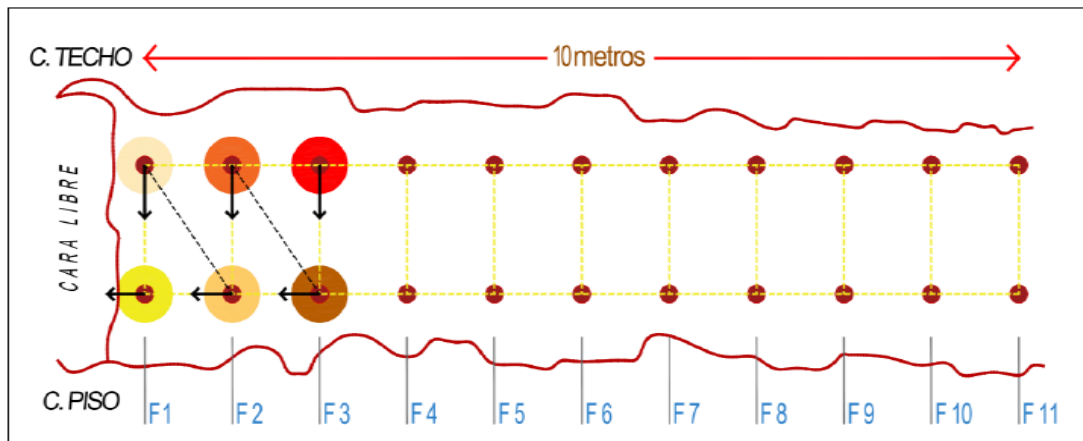


Fuente: Dpto. Planeamiento mina – A. Duvaz.

Voladura

- El carguío de los taladros perforados se efectuará con la utilización de un cebo (Emulex) de fondo como iniciador detonante no eléctrico y de periodo corto.
- Las 2/3 partes de longitud total del taladro perforado se cargará con explosivo, confinando cuidadosamente la distribución de carga.
- El disparo se desarrollará según la secuencia de salida distribuida en el diseño de malla. Los disparos serán de 2 taladros por tiro.
- El slot (cara libre) será ejecutada por chimeneas verticales de 10 m. de longitud ubicados en el extremo del tajo.
- La secuencia de la voladura está prevista para darse en retirada desde el extremo como rebanadas verticales. Ver Figura N° 17.

Figura N° 17.- Secuencia de Voladura



Fuente: Dpto. Planeamiento mina – A. Duvaz.

Limpieza

- a. Se realizará con Scoop diesel de 1.5 yd³ hacia la cámara de carguío o los echaderos de mineral y/o cámara de acumulación.
- b. Por seguridad el operador podrá manipular el scoop a través del control remoto. Se estima una productividad de limpieza del Scoop 1.5 yd³ de 30 Ton/hr.
- c. Las ventanas de extracción ya explotados deberán señalizarse y bloquear los accesos por seguridad.

Acarreo y Extracción

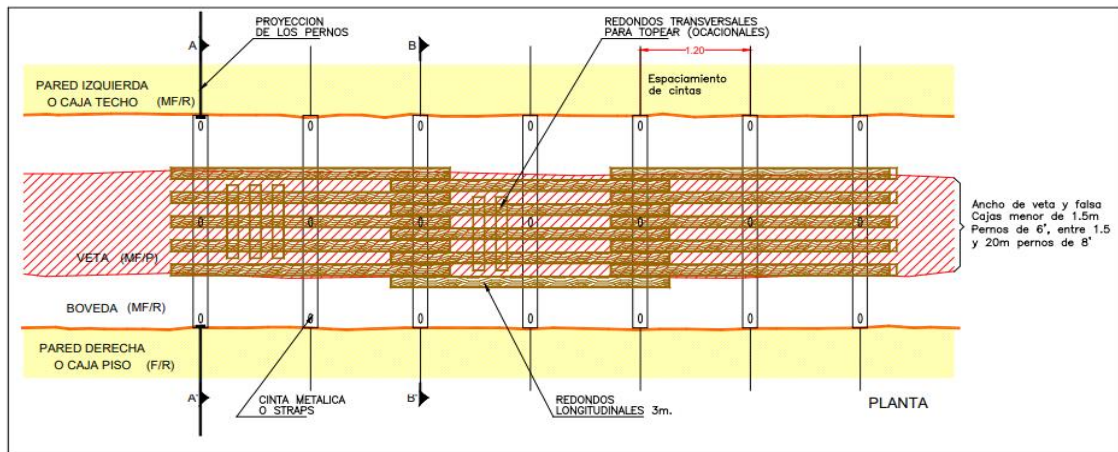
- a. Se realizará con Scoop de 1.5 yd³ a control remoto para cargar los equipos Dumper de 6 Toneladas.
- b. El transporte de mineral en interior mina es izado en su integridad de los diferentes niveles por el skip del Pique 470 del Nv. 1700 al Nv. 400 (principal Nivel de extracción), con una capacidad de 75 Toneladas/hora y con una profundidad actual de 500 metros verticales.
- c. El transporte del mineral de mina Nv. 400 a la cancha de mineral de la planta concentradora se realizará por medio de volquetes de 15 m³ de capacidad, a una distancia de 4 km.

Sostenimiento

- a. Como actividad previa al sostenimiento del terreno debe realizarse el respectivo regado y desatado de las rocas sueltas en techo y hastiales.

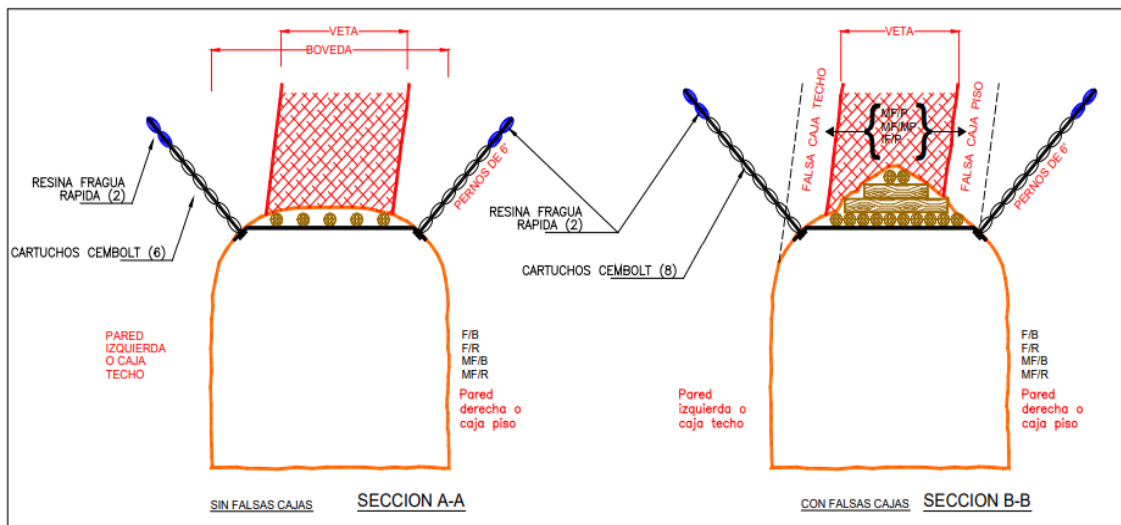
- b. El sostenimiento se compondrá de malla electrosoldada en la corona más pernos split de 7' en forma sistemática y con un espaciamiento de 1.20 metros.
- c. El sostenimiento trabajará a lo largo de todo el nivel de perforación por seguridad y para evitar la dilución por el desprendimiento de las cajas.
- d. En las intersecciones con las galerías principales y las labores de preparación, se colocará sostenimiento pasivo para la seguridad del personal y equipo.
- e. Cuando se presenten aberturas o caída de fragmentos de roca se podrá utilizar cintas metálicas de 30 cm de ancho, ancladas a las cajas con pernos hidrabolt de 7 pies y cubiertas con redondos de 4 pulgadas o tabloncillos de 2 pulgadas de espesor a manera de guardacabezas (ver Figura N° 18 y Figura N° 19).

Figura N° 18- Diseño de Sostenimiento c/cintas Straps de 30cm- Vista en planta.



Fuente: Evaluación Geomecánica – Mina Austria Duvaz.

Figura Nº 19.- Diseño de Sostenimiento c/cintas Straps de 30cm - Vista en sección.



Fuente: Evaluación Geomecánica – Mina Austria Duvaz.

Relleno

- a. El Relleno detrítico es la mejor opción, al disponer de desmonte producto de las labores de exploración, desarrollo y preparación.
- b. El relleno detrítico ayudará a mantener la estabilidad de los tajos explotados, el relleno será por etapas de acuerdo con la dinámica de explotación.
- c. La estandarización y control del proceso del tipo relleno, abrirá la posibilidad de aplicar un relleno hidráulico cementado.

Servicios Auxiliares

- a. En la zona de explotación, la ventilación natural será mediante chimeneas ubicados en los extremos del tajo.
- b. El equipo de perforación es eléctrico, por tanto, la emisión de gases no tendrá mayor impacto, sustituyendo las maquinas jackleg.

- c. La ventilación forzada de la zona está compuesta por ventiladores de 30,000 CFM para suministrar aire fresco y ventiladores de 60,000 CFM instaladas en la comunicación de las chimeneas a superficie.
- d. El aire para la perforación será captado de la red principal de tubería polietileno de 6" Ø, la cual está instalada en la casa compresora ubicado en superficie en el Nv. 400 (2 funcionando y 1 stand by).
- e. El agua para la perforación será captada de las recirculadas pozas habilitadas en el Nv. 400 que son abastecidas por el manantial Yanacoto y la laguna Viscas, para su distribución con tubería polietileno de 2" Ø.

4.3. Prueba de Hipótesis

Para la prueba de hipótesis se verifica con el Coeficiente de Pearson, relacionando las dos variables de la presente investigación, para determinar el valor r , consideramos:

$$r = \frac{cov(x, y)}{S_x S_y}$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación de Pearson

$cov(x, y)$: Covarianza entre X e Y

S_x : Desviación estándar de X

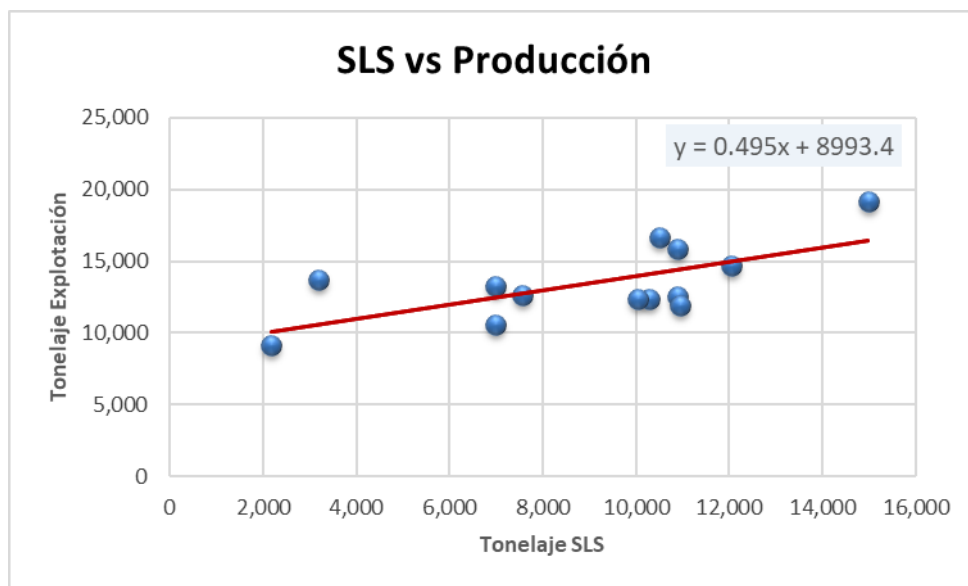
S_y : Desviación estándar de Y

El valor determinado para el Coeficiente de correlación de Pearson es $r=0.67$, lo que nos indica que a mayor presencia-valor (aplicación) del método de explotación Sub Level Stopping (SLS) se incrementará la Producción de Mineral de la mina Austria Duvaz, con lo que se demuestra la hipótesis.

Otro argumento de gestión operativa que se vio en los primeros meses se denota en la entrevista realizada por la Escuela de Postgrado - GERENS al entonces Gerente General de Austria Duvaz, Ing. Roberto Vicuña Ruiz, en la que se resalta los primeros resultados y la proyección esperada para el mediano plazo de la mina Austria Duvaz. Ver Anexo J.

En la Figura N° 20, haciendo uso del diagrama de dispersión para representar el coeficiente de Pearson, se puede observar la relación entre ambas variables, mostrando una tendencia positiva. Para tal cálculo se usó los datos mencionados en el Anexo I.

Figura N° 20.- Diagrama de dispersión - Coeficiente de Pearson



Fuente: Elaboración propia.

Haciendo uso de la tabla del Anexo D, referente al Historial de Producción de mineral de Sociedad Minera Austria Duvaz, se pudo ilustrar a través del coeficiente de Pearson la validez de la hipótesis. Ahora, para la prueba de hipótesis se considera:

$$H_0: \rho = 0 \quad (\text{No existe correlación lineal})$$
$$H_1: \rho \neq 0 \quad (\text{Existe correlación lineal})$$

Aplicando la técnica estadística de T-Student, se determina el valor $t = 3.005$

$$t = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

Con un valor crítico $t(\alpha/2, n-2) = 2.201$.

Con los valores obtenidos se rechaza la hipótesis nula (no existe correlación lineal), y se puede afirmar que existe evidencia estadística suficiente para concluir que el coeficiente de correlación es diferente de 0 (existe correlación lineal).

4.4. Discusión de resultados

Al cierre del 2017, ya con el método de explotación Sub Level Stopping (SLS) se obtuvo un **incremento del 27%** con respecto al 2016, como se aprecia en la Tabla N° 21.

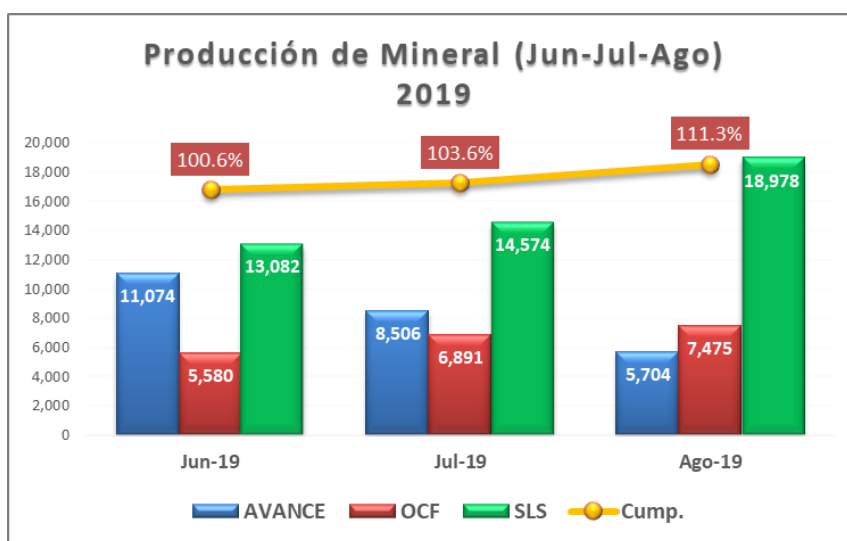
Como se muestra en la Figura N° 21 y Figura N° 22, se puede comparar los trimestres del 2019 y 2021, en el mismo periodo de meses, notando en la producción del 2019 con un promedio trimestral de 105% de cumplimiento, sin embargo, en la producción del 2021 el cumplimiento trimestral estuvo en 93%, asumiendo el agotamiento de las reservas de mineral.

Tabla Nº 21.- Cuadro Producción Histórica de mineral.

Detalle	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tratamiento de mineral	185,628	225,413	227,230	235,722	253,133	262,173	223,078	282,521
Ley de Cabeza								
% Cobre	0.79	1.00	0.97	1.07	1.01	0.92	0.78	0.97
% Plomo	0.68	0.97	1.07	0.59	0.82	0.93	0.96	0.72
% Zinc	2.63	2.64	2.55	2.59	3.17	3.31	3.44	2.57
Onzas/Tm Plata	3.98	4.70	4.37	3.85	4.46	4.37	4.34	4.10
Leyes de Concentrado								
% Cobre	23.05	23.26	22.49	23.51	23.20	24.07	23.86	23.41
% Plomo	68.07	66.90	67.01	62.90	64.94	65.29	66.78	65.23
% Zinc	54.80	54.14	52.07	52.09	54.30	54.22	54.04	53.81
Onz Plata en Cobre	94.71	85.00	75.01	69.30	79.63	83.96	102.22	80.60
Onz Plata en Plomo	88.22	82.63	80.19	81.16	87.08	84.51	75.96	77.65
Onz Plata en Zinc	5.40	5.64	5.15	4.43	4.85	5.42	5.77	5.44
Concentrados Producidos								
TMS Cobre	5,302	8,247	8,197	9,364	9,389	8,525	6,003	10,017
TMS Plomo	1,247	2,441	2,669	1,464	2,314	2,650	2,385	2,098
TMS Zinc	7,208	8,641	8,538	9,069	11,916	13,299	11,959	10,636

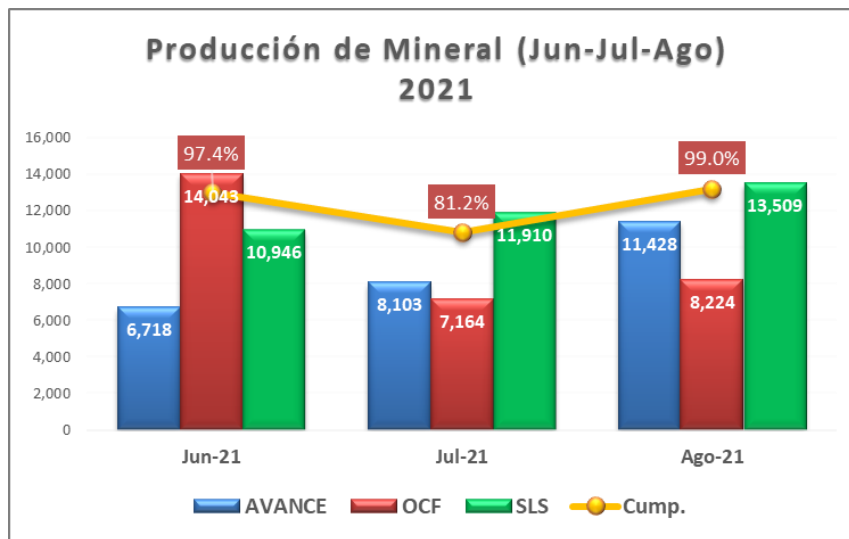
Fuente: www.austriaduvaz.pe/produccion/

Figura Nº 21.- Grafico de Barras: Producción trimestral de Mineral 2019



Fuente: Dpto. Planeamiento mina – Austria Duvaz.

Figura Nº 22.- Grafico de barras: Producción trimestral de Mineral 2021



Fuente: Dpto. Planeamiento mina – Austria Duvaz.

En resumen, la implementación del método de explotación Sub Level Stopping (SLS) ha permitido incrementar la producción de mineral desde el 2017, como muestra se puede apreciar la tendencia que se tuvo desde may-17 a may-18 del Anexo D. El año 2021 está previsto el fin de la operación de la mina por el término de sus reservas en las concesiones propias y la no renovación de las concesiones rentadas.

4.4.1. Ventajas del método de explotación Sub Level Stopping

- ❖ Es favorable para mecanizar la producción.
- ❖ La recuperación es sobre 80%.
- ❖ La dilución es moderada: < 20%.
- ❖ Método seguro y fácil de ventilar.

4.4.2. Desventajas del método de explotación Sub Level Stopping

- ❖ Inversión considerable para adquirir el equipamiento.

- ❖ Considerable desarrollo y preparación de labores para la producción.
- ❖ Se puede requerir voladura secundaria para eliminar bancos.

CONCLUSIONES

1. Las vetas La Paz 138, Perú y Ramal La Paz Sur de los niveles 1600, 1700 y 1750 poseen características geométricas y geomecánicas para ser explotada aplicando el método Sub Level Stopping (SLS), basado en el análisis Técnico-Económico.
2. Existe correlación positiva entre las dos variables de estudio, lo que significa que al implementar la aplicación del método Sub Level Stopping (SLS) se incrementa la producción reduciendo el costo. Hipótesis que se ha demostrado con el diagrama de dispersión y el coeficiente de Pearson la cual tiene un coeficiente de 0.67 que representa una relación positiva alta.
3. Este método se aplica favorablemente en el yacimiento de Sociedad Minera Austria Duvaz, logrando incrementar la producción de mineral y maximizar la recuperación de las reservas minables en comparación con los métodos tradicionales de Sociedad Minera Austria Duvaz.
4. El proceso de la implementación conlleva a la actualización y capacitación del personal y al cambio de la cultura organizacional de la mina, al romper paradigmas en la producción de mineral, ya que llevaba tiempo en evaluación y tentativas para hacerlo realidad.
5. Donde solo había winches y jackleg, ahora la presencia de equipos diesel como los dumper y scoop sugiere mayor demanda de ventilación, el seguimiento y control de este detalle queda como un trabajo a considerar en un futuro cercano.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la masificación de los métodos mecanizados en la medida que las características del yacimiento lo permitan, porque que representa alta productividad y mayor rentabilidad en comparación de métodos convencionales de explotación.
2. Implementar controles de gestión operativa para enriquecer la bibliografía y conocimiento de la implementación de métodos de explotación para la producción de mineral.
3. Realizar el levantamiento topográfico de los taladros perforados para llevar el control de la Desviación de taladros y el levantamiento de los tajos explotados para cuantificar la Dilución, que son los controles básicos para la mejora de la implementación.
4. En la perforación hay que tener en cuenta el seguimiento de los KPI del equipo de perforación de acuerdo con el yacimiento; mantener una campaña permanente y periódica de capacitación y entrenamiento continuo al personal.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Muruaga S. (2016) “**Selección de métodos de explotación para vetas angostas.**”. [Tesis Pregrado]. Santiago: Universidad de Chile.
- ❖ Superintendencia de Planeamiento de Mina. (2016). “**Informe y Plan de Minado 2017-SMAD**”. Morococha, Perú: Sociedad Minera Austria Duvaz SAC
- ❖ Vallejo, C. (2016). Informe de Visita “**Evaluación Geomecánica Vetas La Paz 138, Ramal La Paz Sur y Veta Perú**”. Morococha, Perú: Servicios de Geología Aplicada EIRL.
- ❖ Huaman, A. (2015). Memoria Descriptiva “**Gestión de seguridad y salud ocupacional U.M. Austria Duvaz**”. Morococha, Perú: Sociedad Minera Austria Duvaz.
- ❖ Planeamiento Mina – UM San Cristobal. (2015). Memoria Descriptiva “**Método de minado Bench and Fill con taladros Largos mina SC – Volcan**”. Yauli, Perú: Volcan Compañía Minera SAA
- ❖ Gutiérrez, D. (2014). Tesis “**Aplicación del método de Explotación Sub Level Stopping en manto Cobriza**”. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- ❖ Gonzales, M. y Velásquez, J. (2012). Tesis “**Explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con taladros largos en la Unidad de producción Uchucchacua**”. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- ❖ Cuenta, E. (2012). Ponencia “**Perforación y voladura en el minado de cuerpos por Sub Level Stopping – UM Cerro Lindo**”. Lima, Perú: Compañía Minera Milpo SAA

- ❖ Hernández, V. y Fano, C. (2011). Informe técnico “**Gestión de Desempeño en Taladros Largos – Mina el Brocal – JRC Ingeniería y Construcción SAC**”. Pasco, Perú: Compañía Minera Buenaventura SAA

- ❖ Munguía, P. (2007). Resumen Ejecutivo “**Recuperación de mineral diseminado mediante el método Sub Level Stopping (SLS) cuerpos**”. Lima, Perú: Empresa Minera Los Quenuales SA – UM Yauliyacu.

- ❖ Cajahuanca, P. (2005). “**Implementación del método de explotación de taladros Largos en la UM Vinchos - Volcan**”. Pasco, Perú: Compañía Minera Volcan SAA

- ❖ Universidad Nacional del Altiplano. (1999). Libro de consulta “**Explotación Subterránea, Métodos y casos prácticos**”. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

- ❖ Tamayo, C. y Silva, I. (s.f.). Libro digital de consulta “**Técnicas e instrumentos de recolección de datos**”. Chimbote, Perú: Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>

- ❖ Family Health International, I. (2005). Publicación de Currículo de Capacitación en Ética de la Investigación para los Representantes Comunitarios “**Sección IV: Principios de la ética de la investigación**”. EE. UU.: Instituto Nacional de la Salud Infantil y Desarrollo Humano (NICHD). <https://www.fhi360.org/sites/default/files/webpages/sp/RETC-CR/sp/RH/Training/trainmat/ethicscurr/RETCCRSsp/ss/Contents/SectionIV/b4sl32.htm>

- ❖ Rodríguez, G. (2016). Publicación digital de consulta “**Selección del método de minado según Nicholas**”. Lima, Perú: Centro Geotécnico Internacional.

<https://www.centrogeotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/seleccion-del-metodo-de-minado-segun-nicholas.html#:~:text=%20La%20metodolog%C3%ADa%20de%20Nicholas%20es,y%20los%20costos%20de%20minado.>

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

Anexo B: Reporte diario de equipo de perforación de Taladros largos

Anexo C: Base de datos del programa de producción de mineral - SMAD

Anexo D: Extracción de Mineral - Mina Austria Duvaz

Anexo E: Cuadro Comparativo de Parámetros SLS en otras minas

Anexo F: Estructura de Precios Unitarios - RESEFER

Anexo G: Especificaciones Técnicas (1ra Parte) – RESEFER

Anexo H: Especificaciones Técnicas (2da Parte) – RESEFER

Anexo I: Cálculo de la prueba de Hipótesis

Anexo J: Entrevista al Gerente de Austria Duvaz, Roberto Vicuña (julio 10, 2017)

Anexo A: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Problema	Objetivo	Hipotesis	Variables	Metodología	Población
¿Cuál es el impacto que conlleva la implementación del método de explotación Sub Level Stoping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC con respecto a la producción de mineral?	Determinar el impacto al implementar el método de explotación Sub Level Stoping (SLS) para incrementar la producción de mineral en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.	La implementación del método de explotación Sub Level Stoping (SLS) incrementará la producción de mineral de forma sostenida en la operación de Sociedad Minera Austria Duvaz SAC, representando mayor rentabilidad.	Variable Independiente Método de Explotación Sub Level Stoping Variable Dependiente Producción de Mineral	Tipo de Investigación Aplicativo Método de Investigación Científico Diseño de Investigación Correlacional	Población Labores de Producción y avances Muestra Tajos de Explotación en zona baja (Nv. 1600 - 1700 - 1750)
¿Qué consideraciones técnicas se requiere para implementar el método de explotación Sub Level Stoping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC?	Determinar la viabilidad de la implementación del método de explotación Sub Level Stoping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC, partiendo de las consideraciones técnicas.	Si se determina favorablemente las características geomecánicas del yacimiento de mineral entonces se implementará el método de explotación Sub Level Stoping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.			
¿Cuál es el impacto en términos de rentabilidad al implementar el método Sub Level Stoping (SLS) en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC?	Determinar el impacto de la rentabilidad al implementar el método Sub Level Stoping (SLS) incrementando la producción de mineral en Sociedad Minera Austria Duvaz SAC.	Los resultados de la implementación del método de explotación Sub Level Stoping (SLS) se traducen en mayor utilidad y eso representa mayor rentabilidad para Sociedad Minera Austria Duvaz SAC			

Anexo B: Reporte diario de equipo de perforación de Taladros largos

RESEFER MINING & CONSTRUCTION										REPORTE DE EQUIPOS										CÓDIGO		REFEQU000	
										CONTROL DE EQUIPO JUMBO (LONG HOLE / FRENTE)										REVISIÓN		01	
																				APROBADO		07/02/2018	
EQUIPO		DESCRIBIR <input checked="" type="checkbox"/>		MODELO		SMAD		ECM		OPERADOR				FECHA			GUARDIA		NIVEL		7700		
RPS-2		FRENTE <input type="checkbox"/>		Nautilus				X		William R. Huincho Huilcas				12 07 18			X		LABOR		J-420-3		
														Noche			SECURIO		24x3				
CÓDIGO	TIEMPO (HORA)		N° TALADROS		NIVEL LABOR	LONG. TALADROS	N° DE BARRAS	METROS DE AVANCE	OBSERVACIONES	DETALLE DE ACTIVIDADES													
	INICIO	FINIS	Mixed	Real						HORAS DE PRODUCCIÓN													
204	7:00	7:30								101 Perforación en mineral 102 Perforación en mineral 103 Perforación en desmonte 104 Otros													
203	7:30	8:00								105 Perforación en desmonte 106 Desperdicio 107 Otros													
205	8:00	8:15								Ajustes de pernos desde de roca en labor energía eléctrica 440													
301	8:15	8:35								HORAS RESPONSABLES													
212	8:35	9:10								201 Falta de operador 202 Mantenimiento preventivo de la labor 203 Ingreso - Salida 204 Chofo 205 Traslado al equipo 207 Rotaciones 208 Traslado de equipo 209 Falta de labor													
210	9:10	10:00								210 Falta de servicios (energía agua-aire) 211 Inutilización de equipo 212 Apoyo en servicios mineros 213 Falta de aceite 214 Falta de ventilación 215 Trabajos varios 216 Accidente de equipo 217 Recuperación de accesorios 218 Abastecimiento de combustible													
101	10:00	12:00								HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION													
			Fila 12	A		0.9	11	10		301 Inspección de equipo 302 Mantenimiento preventivo 303 Mantenimiento programado 304 Falta eléctrica 305 Falta mecánica													
				B		0.9	11	10															
				C		0.9	11	10															
			Fila 13	A		0.9	11	10															
				B		0.9	11	10															
				C		0.9	11	10															
207	12:00	1:00								HORAS HORAS OPERATIVAS													
101	1:00	2:20								400 Demoras Op. ECM 401 Demoras Op. SMAD 402 Recarga de gases fallada 403 Trabajos en SMAD 404 Abastecimiento materiales SMAD 405 Abastecimiento materiales ECM 406 Gastos Inesperados ECM 407 Perforación en													
			Fila 14	A		0.9	11	10		408 Reportación 409 Falta de redes de trabajo 410 Incumplimiento de estado-Seguridad 411 Retra de Piso 412 Limpieza de Frente 413 Falta de Supervisión trabajos de trabajos 414 Cambio de Taladros 415 Falta de Planos y/o Medios													
				B		0.9	11	10															
306	2:20	3:40				0.9	11	10		cambio de acumulador													
101	3:40	6:00				0.9	11	10															
			Fila 15	A		0.9	11	10															
				B		0.9	11	10															
				C		0.9	11	10															
						132	120mts																
CONDICIÓN INICIAL DEL EQUIPO						OBSERVACIONES: barras demarcadas gastadas capas e hilos																	
OPERATIVO <input checked="" type="checkbox"/> INOPERATIVO <input type="checkbox"/>																							
ABASTECIMIENTO (GALONES)																							
NIVEL HIDRÁULICO		NIVEL DE MOTOR		NIVEL DE TRANSMISIÓN		NIVEL DE OILS		Firma del Operador				V.B. Jefe de Turno				V.B. Jefe de Mina							
BOROMETRO		HIDRÁULICO		ELÉCTRICO		DISEÑO		Inicial:				45210											
Final:				4526.6				Total Horas:															

Anexo C: Base de datos del programa de producción de mineral - SMAD

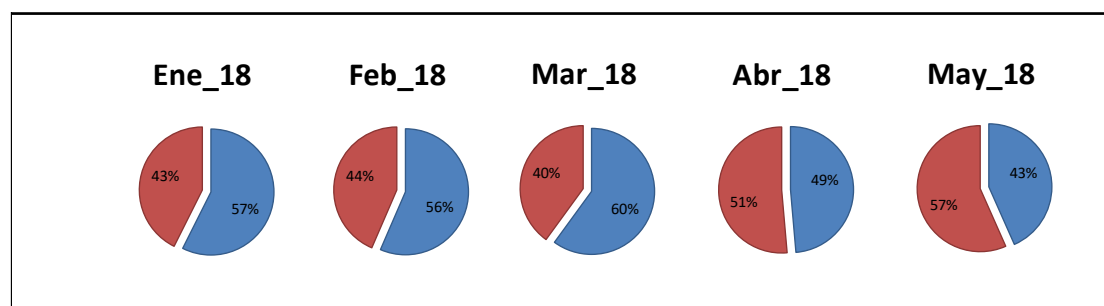
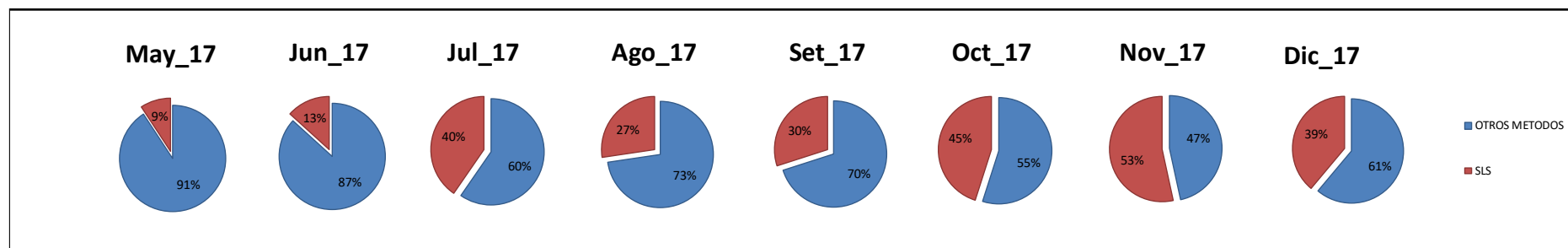
Año	EJECUTOR	MES	SEMANA	ZONA	SECTOR	VETA	NIVEL	LABOR	Program Mensu	Prog_TMC Min	Ancho Proq	Alto Proq	Longitud	Tipo de Program
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	La Paz	1750	TJ_248_3E	20.00	1,133.07	2.2	3.0	60.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	Victoria	1750	TJ_060_1W	75.00	2,741.37	1.6	7.0	75.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	Veta Esperanza	1750	TJ_059_3W	15.00	541.25	1.5	8.0	10.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	Ramal 1	1750	TJ_206_3E	50.00	2,751.95	1.6	10.0	40.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	Tencional Rita	1750	TJ_284_3E	20.00	747.08	1.1	10.0	20.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	La Paz 138	1800	TJ_7373_3W	40.00	1,097.38	1.2	7.0	40.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	La Paz 138	1800	TJ_7373_3E	15.00	534.32	1.1	10.0	15.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	La Paz	1750	TJ_560_2E	70.00	1,564.44	2.8	3.0	70.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_3E	50.00	3,031.22	2.4	8.0	50.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_2E	50.00	2,744.52	2.3	7.0	50.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE		Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_566_4E	20.00	658.10	2.0	5.0	20.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	La Paz	1750	TJ_248_3E			2.2	3.0	60.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	Victoria	1750	TJ_060_1W			1.6	7.0	75.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	Veta Esperanza	1750	TJ_059_3W			1.5	8.0	10.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	Ramal 1	1750	TJ_206_3E			1.6	10.0	40.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	Tencional Rita	1750	TJ_284_3E			1.1	10.0	20.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	La Paz 138	1800	TJ_7373_3W			1.2	7.0	40.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	La Paz 138	1800	TJ_7373_3E			1.1	10.0	15.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	La Paz	1750	TJ_560_2E			2.8	3.0	70.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_3E			2.4	8.0	50.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_2E			2.3	7.0	50.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 01	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_566_4E			2.0	5.0	20.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	Victoria	1750	TJ_060_1W			1.6	7.0	75.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	Ramal 1	1750	TJ_206_3E			1.6	10.0	40.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	Tencional Rita	1750	TJ_284_3E			1.1	10.0	20.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	La Paz 138	1800	TJ_7373_3W			1.2	7.0	40.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	La Paz 138	1800	TJ_7373_3E			1.1	10.0	15.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	La Paz	1750	TJ_248_3E			2.2	3.0	60.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_3E			2.4	8.0	50.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_2E			2.3	7.0	50.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_566_4E			2.0	5.0	20.0	OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 02	Mina Central	Vetas	Victoria	1750	TJ_060_1E		-				NO OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 03	Mina Central	Vetas	La Paz	1750	TJ_248_3E		-				
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 03	Mina Central	Vetas	Ramal 1	1750	TJ_206_3E		1,043.51				OFICIAL
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 03	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_3E		-				
2019	SMAD	DICIEMBRE	Semana 03	Mina Central	Vetas	La Paz	1800	TJ_565_2E		-				

Anexo D: Extracción de Mineral - Mina Austria Duvaz

EXTRACCION DE MINERAL MES- MES

	May_17	Jun_17	Jul_17	Ago_17	Set_17	Oct_17	Nov_17	Dic_17	Ene_18	Feb_18	Mar_18	Abr_18	May_18
FRENTES	14,318	10,331	9,353	12,327	12,592	11,965	6,868	7,364	9,714	12,465	12,680	9,359	7,311
C.R(CRM-CRC)	7,006	10,538	6,139	6,262	5,081	2,702	2,110	3,612	4,965	1,677	2,367	999	4,151
S.L.S	2,177	3,193	10,489	6,995	7,555	12,030	10,291	6,984	10,895	10,890	10,021	10,945	14,972
TOTAL	23,501	24,062	25,982	25,584	25,228	26,698	19,269	17,960	25,573	25,031	25,068	21,304	26,434

	May_17	Jun_17	Jul_17	Ago_17	Set_17	Oct_17	Nov_17	Dic_17	Ene_18	Feb_18	Mar_18	Abr_18	May_18
OTROS METODOS	21,325	20,869	15,493	18,589	17,673	14,667	8,978	10,976	14,678	14,141	15,047	10,358	11,461
SLS	2,177	3,193	10,489	6,995	7,555	12,030	10,291	6,984	10,895	10,890	10,021	10,945	14,972
TOTAL	23,501	24,062	25,982	25,584	25,228	26,698	19,269	17,960	25,573	25,031	25,068	21,304	26,434



Anexo E: Cuadro Comparativo de Parámetros SLS en otras minas

MINAS APLICANDO THE NARROW VEIN BLAST HOLE STOPING						
MINA	ECHO BAY	DOME MINES ONTARI	MINNOY, INC QUEBEC	BELL CREEK CANAM	BOND GOLD ONTARIO	DOYON QUEBEC
Ancho veta (mt)	1.5	1.5 a 2.1	1.5	1.8 a 6.09	0.30 a 0.45	2 a 5
Longitud Tajo	80	83	106.7			75
Buzamiento (°)	75 a 90	60 a 70	70	65 a 70	80	70
Tipo Roca	Competente					
Long. Subniv.(mt)	20	12.2 a 15.2	16.1	15	6 a 10	15
Eje Drawpoint (mt)	13	12.2	9.14		8	
Sec. Niv.Perf.(mz)	2.0x3.0	2.4x3.0	2.6x2.9	2.4x2.7	2.7x2.7	
Diámetro Talad. (")	2	2	2	2	1 5/8	2 1/2
Long.Talad.	10	9.14 ² -16.7),(9-12)		13.7	3 a 10.6	15
Inclinac.Taladro (°)	75	65	70		68 a 75	
Malla Perf.	,2:1	,3:3	,2:1	,3:3	,2:1	,3:2
Burden (mt)	0.8	1.2	0.45	1.2	0.8	1.5
Secuencia Volad.	P,T	I,P,T	P,T	I,P,T	Igual ret.	Igual ret.
Desviación (%)	3	≤1	≤5	n en 13.7m		poco
Dilución (%)	30 a 35	10	30	30	50	
Fragment. (cms)	15 a 40	≤40	15	60	6	17.7
Product. (ton/ft)	64	17.2		26.75	20	16.7
Explosivos	Anfo	Anfo	Anfo	Anfo	Amex	Anfo
Met. Alternativo	SHE	SHE	SHE	SHE	SHE	SHE

Fuente: Munguia, P. (2007) Recuperación de mineral diseminado mediante el método Sub Level Stopping (SLS) Mina Yauliyacu

Anexo F: Estructura de Precios Unitarios - RESEFER



TC 3.4

Metro Perforado Taladros Largos

RESEFER EIRL	
Rendimiento	60.00 mt/guardia
Producción Mes	3240.00 mt
Longitud de Perforación	13.20 mt
Longitud de Efectiva	2.13 mt
Longitud de barra	1.21 mt
Taladros Perforados	7.00 mt

Días trabajado	30.00
Horas por día	10.00

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Incidencia	Costo Unitario	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad	US\$	US\$/Und.
1.00	SOSTENIMIENTO					571.04	9.52
1.01	Mano de Obra					145.65	
	Operador Jumbo Nautilus PSA	Gdia	1.50	1.00	60.69	91.03	
	Ayudante de jumbo	Gdia	1.50	1.00	38.41	54.62	
1.02	Materiales e insumos					100.87	
	Barra 3 pies	mp	14.00	60.00	0.06	49.56	
	broca 64 mm	mp		60.00	0.10	5.94	
	shank adapter	mp		60.00	0.24	14.40	
	Tubo Tac	mp		60.00	0.19	11.52	
	copa de afilado n°9	mp	1.00	60.00	0.14	8.40	
	Aceite de Perforación	Gal		1.00	11.05	11.05	
	Manguera de 1" (30 m)	m.		1.05	3.00	3.15	
1.03	Equipos					305.33	
	Jumbo Long Hole Nautilus PSA	Hora		5.00	60.00	300.00	
	Aguzadora	Hora		0.32	16.67	5.33	
1.04	Herramientas y EPP					19.18	
	Implementos de seguridad	Gdia	3.00	1.00	2.06	6.18	
	Herramientas	Gdia	2.00		6.50	13.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/und)						9.52	
	Utilidad Costo Directo			10%			0.95
COSTO TOTAL (US\$/und)						10.50	

Anexo G: Especificaciones Técnicas (1ra Parte) - RESEFER

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PERFORADORA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN: MONTABERT HC 50

Shank adapter	R38/38
Diámetro de perforación	36-64 mm
Fuerza de impacto	12 Kw
Rango de impacto	62 Hz
Flujo de percusión	105 l/m
Presión Hidráulica	130 bar
Motor de rotación	055
Presión de rotación	150 bares
Torque de rotación	415 bares
Velocidad de rotación	110-195 rpm
Consumo Lub. Aire	(a 3 bar) 5 l/s
Consumo de Agua	50 - 120 l/min
Peso	120 kg

SISTEMA HIDRÁULICO

Tanque de aceite Hidráulico, volumen máx.	120 L
Bomba hidráulica, Rexroth	A10V071
Bomba hidráulica, Parker	15 GPM
Filtración	16 micras
Aceite hidráulico	Mineral
Bomba de llenado de aceite	Manual
Termostato de aceite hidráulico	Si
Indicador de nivel de aceite Bajo en el depósito de aceite	Si
Indicador del filtro de aceite	Si
Refrigerador de aceite/agua en acero inoxidable	Si

VIGA DE AVANCE

MODELO	LH-2000-04 (opcional)	LH-2000-03
Longitud total	2 300 mm	2 000 mm
Longitud de barra de perforación	4'	3'

UNIDAD DE PERFORACIÓN

Viga de perforación con anclaje de cilindros hidráulicos	Modelo: LH 2000-03
Adaptable a barras	R32, T38
Adaptable a barras	3 Pies
Perforación mecanizada máx.	Hasta 15 m

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO

Basculación de la deslizadera, perforación	+18 ° Delante - 75 ° Atrás (en traslado)
Extensión de la deslizadera (con barrenos de 3")	730 mm
Anclaje superior	Si
Anclaje Inferior	Si
Boom Pendular	BP123
Movimiento Diagonal (60°)	Derecha 30° Izquierda 30

SISTEMA DE CONTROL

Sistema de control	Sistema de Control Electrohidráulico
--------------------	--------------------------------------

SISTEMA DE AGUA

Bomba de agua GRUNDFOS	CR5
Presión de entrada de agua, mín.	2 bar
Protector de caudal de agua	Si
Caudal	(6,9 m3/h)
Filtrado de agua	Self-cleaning filter
Sistema de barrido	Semi-Húmedo



Anexo H: Especificaciones Técnicas (2da Parte) - RESEFER

SISTEMA LUBRICACION

Compresor	Tipo Pistón
Presión de trabajo máx.	4 BAR
Aire lubricado para la perforadora	Si
Protector de caudal de aire en el tanque	Si

SISTEMA ELÉCTRICO

Motor Principal ABB	55 kW/ 75Hp
Voltaje	440 V
Frecuencia	60 HZ
Método de arranque	Estrella-triángulo (380-690 V)
Protección contra sobrecarga para motores eléctricos	Térmico
Cuentahoras de percusión en el tablero elect. 440V	Si
Cuentahoras del Motor Eléctrico en el tablero elect. 440V	Si
Medidor de voltaje/amperaje en el Tablero elect. 440V	Si
Indicador de secuencias de fase	Si
Indicador de fallo a tierra	Si
Transformador	3,5 KVA
Tipo de cable eléctrico de alimentación	Cable AWG 4X1/0
Longitud de cable eléctrico de alimentación	80m

DIMENSIONES

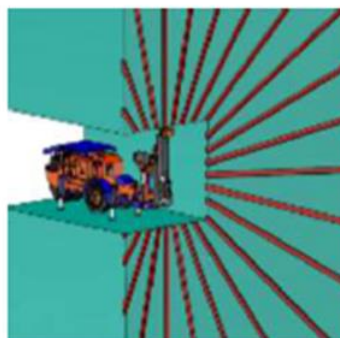
Altura sin viga	1 150 mm
Altura para traslado	1 850 mm
Ancho	1 100 mm
Longitud, desplazamiento	4 200 mm
Longitud, perforación	4 700 mm

VEHÍCULO TRANSPORTADOR

Transmisión	Motor Hidráulico
Neumáticos Delantero	8,50xR16
Neumáticos direccional	7.00xR13
Bloqueo del en el eje propulsor	Automático
Gatos hidráulicos, delanteros	Si
Gatos hidráulicos, traseros	Si
Sistema eléctrico	24V
Luces de desplazamiento	8x27 W LED, 24 V
Luces de trabajo	2x40 W LED
Remolque	Barra de remolque
Alarma de marcha en traslado	Si
Escalera para plataforma	Si
Extintor	Si

PESO

Total	3 850 Kg
-------	----------



Anexo I: Cálculo de la prueba de Hipótesis

Producción de mineral (ejecutado)- Austria Duvaz

=PEARSON(R4:R16;S4:S16)

MES	SLS	EXPLOTACION	OCF	FRENTE	PRODUCCIÓN
May-17	2,177	9,183	7,006	14,318	23,501
Jun-17	3,193	13,731	10,538	10,331	24,062
Jul-17	10,489	16,629	6,140	9,353	25,982
Ago-17	6,995	13,257	6,262	12,327	25,584
Set-17	7,555	12,636	5,081	12,592	25,228
Oct-17	12,030	14,733	2,703	11,965	26,698
Nov-17	10,291	12,401	2,110	6,868	19,269
Dic-17	6,984	10,596	3,612	7,364	17,960
Ene-18	10,895	15,859	4,964	9,714	25,573
Feb-18	10,890	12,566	1,676	12,465	25,031
Mar-18	10,021	12,388	2,367	12,680	25,068
Abr-18	10,945	11,945	1,000	9,359	21,304
May-18	14,972	19,123	4,151	7,311	26,434

CÁLCULO DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

r : Coeficiente de correlación de Pearson

$cov(x, y)$: Covarianza entre X e Y

S_x : Desviación estándar de X

S_y : Desviación estándar de Y

$$r = \frac{cov(x, y)}{S_x S_y}$$

$r = 0.67$

$r = S16$

Fuente: Elaboración propia.

=INV.T.2C(AD22;AD21)

N	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

PRUEBA DE HIPÓTESIS

$H_0: \rho = 0$ (No existe correlación lineal)

$H_1: \rho \neq 0$ (Existe correlación lineal)

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

$t = 0$

t-student estadístico de prueba.

Valor crítico:

$n = 13$

grado libertad (n-2) = 11

$\alpha = 0.05$

5%

$t(\alpha/2, n-2) = 2.2009852$

Decisión: Se debe rechazar la hipótesis nula.

Conclusión: Existe evidencia estadística suficiente para concluir que el coeficiente de correlación es diferente de 0.

Anexo J: Entrevista al Gerente de Austria Duvaz, Roberto Vicuña (julio 10, 2017)



(Fuente: <https://gerens.pe/blog/austria-duvaz-proyecto-alternativo>)

“Ahora se está aplicando modelos de semimecanización desde marzo de este año en la explotación con métodos Sub Level Stopping (SLS). Esto ha aumentado el ritmo de producción de la mina y, a su vez, el ritmo de tratamiento en la planta con lo cual se ha reducido los costos.” (Fuente: <https://gerens.pe/blog/austria-duvaz-proyecto-alternativo/>).