

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Aplicación de taladros largos en vetas angostas para el incremento de producción – U.E.A
Mallay, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A

Presentado por:

Wilmar Guerrero Rea

Para optar el título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

APLICACIÓN DE TALADROS LARGOS EN VETAS ANGOSTAS PARA EL INCREMENTO
DE PRODUCCIÓN – U.E.A MALLAY, COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A

Presentado por **Wilmar Guerrero Rea**, para optar el Título de: **INGENIERO DE MINAS**

Sustentado y aprobado el 22 de junio del 2022, ante el jurado evaluador:

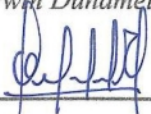
Presidente:


Ing. José Adolfo Cárdenas Catalán

Primer miembro:


Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Segundo miembro:


Ing. Giovanni Frisancho Triveño

Asesor:


Ing. Edgar Crispín Huacac Farfan



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 235-2023

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada **“Aplicación de taladros largos en vetas angostas para el incremento de producción – U.E.A mallay, compañía de minas buenaventura S.A.A”**, presentado por el **Bach. Wilmar GUERRERO REA**, para optar el Título de **Ingeniero de Minas**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Ouriginal (URKUND), siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (13%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 18 de octubre del 2023

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
DE APURIMAC
Dr. Lintol Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA

C. c.
Archivo
REG. N° 791

Agradecimiento

A mi madre y hermanos, por guiarme por el camino correcto y a mi alma mater Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a toda la plana de docentes de la escuela académica de Ingeniería de Minas por los conocimientos, experiencias que me brindaron a lo largo de mi formación profesional y la vez. A la Empresa Minera Buenaventura S.A.A. Unidad Mallay



Dedicatoria

Este trabajo de investigación va dedicado al pilar más grande de mi vida, mi madre que, con su amor, esfuerzo y apoyo a logro encaminarme con el único fin de alcanzar mis objetivos. A todos mis hermanos que se dieron su tiempo.

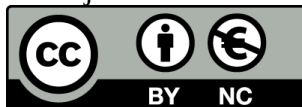


Aplicación de taladros largos en vetas angostas para el incremento de producción – U.E.A

Mallay, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A

Línea de investigación: Geología, geotecnia y medio ambiente

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	5
1.2.1 Problema General	5
1.2.2 Problema Específico	6
1.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS	7
2.1 Objetivos de la Investigación	7
2.1.1 Objetivo General	7
2.1.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la Investigación	7
2.2.1 Hipótesis General	7
2.2.2 Hipótesis Específicos	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes	9
3.2 Marco Teórico	11
3.2.1 Minado por el método de explotación de taladros largos	11
3.2.2 Ciclos de minado en tajeo con el método de taladros largos	18
3.2.3 Ubicación y accesos	35
3.2.4 Entorno geológico	38
3.3 Marco conceptual	44
CAPÍTULO IV	45
METODOLOGÍA	45
4.1 Tipo y nivel de investigación	45
4.2 Diseño de la investigación	45
4.2.1 Método de la investigación	45
4.2.2 Diseño de investigación	46
4.3 Población y muestra	46



4.3.1	Población	46
4.3.2	Muestra	46
4.4	Procedimiento	47
4.5	Técnica e instrumentos	47
4.5.1	Técnicas	47
4.5.2	Instrumentos	47
4.6	Análisis estadístico	47
CAPÍTULO V		49
RESULTADOS Y DISCUSIONES		49
5.1	Análisis de resultados	49
5.1.1	Análisis técnico operacional	49
5.2	Discusión	61
CAPÍTULO VI		62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
6.1	Conclusiones	62
6.2	Recomendaciones	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		64
ANEXOS		66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operación de variables.....	8
Tabla 2 — Características del cuerpo Izguiz	14
Tabla 3 — Parámetros geométricas del cuerpo izguiz.....	14
Tabla 4 — Porcentaje de recuperación (mineral)	15
Tabla 5 — Calculo de la dilución	15
Tabla 7 — Criterio para la clasificación de la masa rocosa.....	24
Tabla 8 — Parámetros de perforación	31
Tabla 9 — Acceso a la mina de Mallay	35
Tabla 10 — Características físicas de un block	50
Tabla 11 — Costo de perforación por block.....	51
Tabla 13 — Acumulación Producción por guardia de un mes	54
Tabla 14 — Cuadro de producción por semana.....	55
Tabla 15 — Comparación del avance acumulado por ambos métodos	55
Tabla 16 — Datos del Block.....	56
Tabla 17 — Matriz de consistencia.....	68



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Parámetros de clasificación y valoración de RMR	20
Figura 2 — Metodología de aplicación de GSI	22
Figura 3 — Recomendación de sostenimiento según GSI.....	23
Figura 4 — Columna de carga explosiva.....	33
Figura 5 — Ubicación y acceso de la mina mallay	36
Figura 6 — Geología local unidad minera Mallay	41
Figura 7 — Esquema de representación de los subniveles	52
Figura 8 — Características de la perforadora Nautilus psa	52
Figura 9 — Avance por mes del trabajo programado y ejecutado	53
Figura 10 — Reparto de guardia turno noche.....	67
Figura 11 — Reparto de guardia turno día	67



INTRODUCCIÓN

En la unidad minera Mallay que es de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A dentro de sus actividades principales y los más importantes es la recuperación de minerales como Plomo, Plata y Zinc por ser minerales de origen de sulfuros que se recupera por flotación. Para poder llegar a este resulta como producto final estos minerales de valor económico se tiene que pasar por varias etapas y uno de ellos en cual no vamos enfocar es la explotación y el método de producción de aplicación de taladros largos en vetas agostas.

En la unidad minera Mallay se ha realizado cambios en el método de explotación tomando criterios enfocados en el incremento de la producción del mineral, como resultado del análisis de este trabajo de investigación sugiere el cambio del método, aplicación de un método de explotación nueva para el incremento de la producción y mejorar la rentabilidad en todo el proceso de las actividades unitarias, también resaltar que estos resultados dependerán de los estudios de muchas variables presentes en el lugar de la ejecución, el estudio de geomecánica es uno de los pilares principales para aplicar este método nuevo de taladros largos en donde la dureza de la rocas es el factor principal según este resultado influirá en la dimensión de la dilución, con estos resultados se realiza el cambio de adquisición e implementación de nuevas perforados yumbos (nautilus) con mayor capacidad de perforación y volumen roto en la operación de voladura realizar. El enfoque principal de este trabajo de investigación tiene la finalidad, demostrar operativamente rentabilidad de este método de taladros largos para el incremento de producción en el cuerpo Isguiz - en la unidad minera Mallay. Plasmar este trabajo de investigación tiene como objetivo principal demostrar operativamente la rentabilidad en la producción, incremento en los índices de seguridad y la disminución de la incidencia de factor del costo de producción.

En la aplicación de este método se llegó a producir las 650t por día, el cual garantiza la eficiencia de producción de todas las actividades unitarias dentro del proceso de recuperación extracción y mejorando el costo de producción cabe recalcar la aplicabilidad de este método de explotación depende de estructura o de la forma como se presenta el cuerpo mineralizado en ínsito, la recomendación para aplicar este método de explotación los cuerpos mineralizados deben tener formas tabulares y casi verticales.



RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como pilar fundamental de implementar y aplicar el método minado de taladros largos en vetas angostas para poder mejorar la producción, en el cual se garantiza la productividad, dentro de las operaciones unitarias evaluando y comparando del método de corte relleno ascendente en el cual se tiene una deficiencia en la recuperación y producción planeada.

El objeto principal de estudio de este proyecto es, Incrementar la producción aplicando un cambio de minado con taladros largos y respondiendo una producción programada, con un ciclo de operación regular y productiva en los bloques de vetas tabulares y potencias regulares en la mina mallay.

Aplicar el método de explotación de Taladros Largos, es realizar un adecuado cumplimiento y secuenciamiento de las operaciones unitarias para cumplir el aumento de mineral roto por guardia por este método de taladros largos.

El trabajo de tesis se resalta las características de una investigación descriptiva en el cual nos permite elaborar un análisis amplio del método propuesto, los datos recopilados está en la Mina Mallay estos datos recolectados de trabajos en ínsito de todas las actividades unitarias de producción, reportes, cálculos de insumos utilizados, todo esto influye en el costo de la producción. Como sugerencia de los datos procesados se concluyó para aplicación del método de explotación de Taladros Largos con las mejores propuestas de producción en la unidad minera de tal forma la propuesta de producción planeada no tendría diferencia con la ejecución.

La aplicación del método de taladros largos en vetas angostas permitió el incremento de producción a 216,129 toneladas producidas desde la aplicación de este nuevo método de explotación anualmente en donde resalta la producción diaria de 600 toneladas poniendo en comparación del método de corte relleno ascendente en donde se alcanzaba a una producción diaria de 420 toneladas e y anualmente 144,130 toneladas también es importante resaltar los costos de producción en donde observa que hay una diferencia por el nuevo método 115.50 \$/t poniendo en comparación el método de corte y relleno ascendente el costo de producción 121.3 \$/t se tiene una incidencia mínima de reducción de costos en la producción.

Palabra clave: Taladro, veta, producción. Perforación y voladura.



ABSTRACT

The fundamental pillar of the research work is to implement and apply the mining method of long holes in narrow veins in order to improve production, in which productivity is guaranteed, within the unit operations by evaluating and comparing the ascending cut-fill method in which there is a deficiency in planned recovery and production.

The main object of study of this project is to increase production by applying a change in mining with long drills and responding to scheduled production, with a regular and productive operation cycle in the tabular vein blocks and regular powers in the Mallay mine.

Applying the Long Hole exploitation method means carrying out adequate compliance and sequencing of unit operations to meet the increase in ore broken per guard by this long hole method.

The thesis work highlights the characteristics of a descriptive research in which it allows us to develop a broad analysis of the proposed method, the data collected is in the Mallay Mine and these data are collected from on-site work of all unitary production activities, reports, calculations of inputs used, all this influences the cost of production. As a suggestion from the processed data, it was concluded to apply the Long Hole exploitation method with the best production proposals in the mining unit in such a way that the planned production proposal would have no difference with the execution.

The application of the long drilling method in narrow veins allowed the increase in production to 216,129 tons produced since the application of this new exploitation method annually, where the daily production of 600 tons stands out in comparison with the upward cut-fill method where it reached a daily production of 420 tons and annually 144,130 tons. It is also important to highlight the production costs where it is observed that there is a difference due to the new method of 115.50 \$/t, comparing the cut and fill ascending method with the production cost of 121.3 \$/t there is a minimum incidence of cost reduction in production.

Keyword: *Drill, vein, production. Drill and blast.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Este método de taladros largos se debe principalmente a dos factores, el bajo índice productividad que presenta el método y los altos costos asociados a la aplicación de este, producto de las numerosas labores de fortificación necesarias para alcanzar un grado suficiente de seguridad y el alto grado de selectividad del método. Es así como la Campania Minera Buenaventura busca superar dichos problemas mediante una modificación del método de explotación utilizado, cambiando el ya mencionado Corte y Relleno Ascendente por el método Aplicación de taladros largos en vetas angostas.

El principal factor que lleva a la elección del método Taladros Largos en Vetangostas como el reemplazante del Corte y Relleno Ascendente es el importante aumento en productividad y seguridad al personal que este método significa, sin dejar de lado por completo el grado de selectividad necesario para explotar el cuerpo mineralizado presente en la Unidad Minera Mallay

En minería subterránea existe un gran número de métodos de explotación disponibles para ser aplicados en los distintos cuerpos mineralizados, donde cada uno cuenta con características propias que proporcionan distintas ventajas y desventajas al momento de ser aplicados.

El método de explotación a utilizar, ya que un método no acorde a la realidad de la mina puede ocasionar grandes pérdidas, tanto de carácter económico como humano. Uno de los aspectos relevantes de la minería subterránea son los cambios que esta puede experimentar durante sus años de producción, donde la implementación de nuevas tecnologías, variaciones en los precios de insumos, como también el constante incremento en la profundidad de las labores, pueden conducir a la necesidad de realizar fuertes cambios en los parámetros de diseño del método seleccionado.

Es dentro de este marco que diversas empresas mineras se han visto en la necesidad de investigar y aplicar variaciones en los métodos de explotación utilizados.



En Perú destacan los avances logrados en los métodos masivos de hundimiento, pero los métodos de explotación más selectivos no han logrado obtener el mismo grado de innovación y presencia dentro de la industria nacional. La actualidad de la Unidad Minera Mallay de la Compañía minera Buenaventura S.A.A. puede ser resumida por el desafiante estado en el cual se encuentra, en donde el método Convencional de Corte y Relleno Ascendente aplicado actualmente no presenta una alta rentabilidad.

Es también importante mencionar que la empresa ya cuenta con la totalidad de la maquinaria necesaria para la aplicación del método. Pero la implementación de un nuevo sistema de explotación no es una tarea fácil, ya que esta conlleva un gran número de evaluaciones, estudios y análisis necesario para la correcta aplicación del método.

Es así como nace el requerimiento del presente caso, estudio del método. Taladros Largos en Vetas Angostas, donde se busca presentar de manera ordenada y detallada los principales parámetros de diseño a utilizar, como también evaluar de manera clara los costos asociados a la producción de la mina en caso de aplicar el método en estudio.

Debido a la baja producción y una lenta tasa de recuperación, junto a ello los costos que nos genera la aplicabilidad del método de explotación convencional Corte y Relleno Ascendente se hace necesario plantear la implementación de un sistema de explotación que nos permita optimizar uno de los procesos de minado, así también nos ofrezcan al mismo tiempo operatividad, rentabilidad, seguridad y sobre todo incremento en la producción Debido a la baja producción experimentada por unidad minera.

Es así como se plantea la aplicación del método Aplicación de Taladros Largos en los niveles 4310, 4250, y 4200. Por ello el estudio trata de responder a la siguiente pregunta. ¿Teniendo las condiciones geomecánicas actuales y una buena preparación en la infraestructura minera es posible la aplicación de taladros largos en vetas angostas para el incremento de producción en una mina de método de explotación convencional de corte y relleno ascendente y con ello aumentar la producción actual de la zona

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema General

- ¿De qué forma la aplicación de taladros largos en vetas angostas, con características geométricas tabulares mejorara la producción programada por guardia en la mina Mallay?



1.2.2 Problema Específico

- ¿Cómo mejorar la productividad aplicando taladros largos con equipo (Jumbo Nautilus psa), en vetas angostas con cajas regulares?
- ¿Cuánto mejorara los ciclos de minado de las operaciones unitarias en la producción con la aplicación de taladros largos?

1.3 Justificación de la investigación

El tajeo de taladros largos en vetas angosta (Vechan and fill); es un método de minado de alta producción aplicable: “A cuerpos o vetas regulares, de buzamiento casi vertical y geometría regular que poseen un mineral y cajas competentes que requieren esporádicos o ningún soporte”. Este método posee considerable inversión en la etapa de preparación, aunque dicho costo es compensado por el hecho que gran parte de la preparación es ejecutado en mineral. Dicha aplicación de este método es selectiva, por lo que la geometría del cuerpo debe ser regular y bien definida.

Actualmente se viene aplicando un método de minado que nos genera ciclos largos de explotación, altos costos de minado, así como una baja de producción. Es por ello que través de las visitas guiadas a unidades mineras que actualmente vienen aplicando el método en evaluación y una metodología cuidadosa en el levantamiento de información basado en la observación, descripción y valoración de las condiciones geomecánicas, valoración de los costos incurridos y un riguroso análisis en el diseño de minado, nos indica la factibilidad de implementar un sistema de minado que nos genere como resultado la reducción de costos de minado y aumento índices de seguridad y un sostenible incremento en la producción en la unidad minera Mallay.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivos de la Investigación

2.1.1 Objetivo General

Incrementar la producción aplicando un cambio de minado con taladros largos y respondiendo una producción programada, con un ciclo de operación regular y productiva en los bloques de vetas tabulares y potencias regulares.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la aplicación de los taladros largos en vetas angostas en la Mina Mallay.
- Garantizar la regularidad de los ciclos de minado de las operaciones unitarias.

2.2 Hipótesis de la Investigación

2.2.1 Hipótesis General

Aplicando un minado con taladros largos en vetas angostas mejoraremos la producción en bloque de vetas angosta de cajas tabulares y potencias regulares.

2.2.2 Hipótesis Específicos

- Aplicando los taladros largos en vetas angostas con equipos (Jumbo Nautilus psa) mejoraremos la productividad en los bloques de potencias regulares.
- Aplicando los taladros largos garantizaremos la regularidad de las operaciones unitarias de minado en la producción



2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operación de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Variable independiente	X: Aplicación de taladros largos en vetas	Dimensión de proceso	Ciclos de minado	Planeamiento de minado
		Método de explotación.	Diseños	Plan de minado
Variable Dependiente	Y: Incremento de la producción de la mina Mallay	Dimensión productividad	Cantidad de producción (TM)	Registro de reportes de producción
		Dimensión de costo	productividad	

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

a) Antecedentes Internacionales

De acuerdo (CARO, 2021), la aplicación de taladros largos debe realizarse de forma descendente o ascendente, para poder desarrollar este trabajo de investigación nos enfocaremos y aplicaremos en la forma ascendente. Para ello realizamos la construcción de la rampa principal de nivel a nivel de 50 m, con el principal objetivo de apertura de bancos de 7 metros cada uno, los mismos deben llegar a ambos lados hasta comunicarse con otra chimenea de doble compartimiento, para poder generar la cara libre para comenzar con la perforación de los taladros de producción y la voladura de bloques para su acarreo del mineral del tajo. En donde la chimenea utilizamos para generar todo el circuito de ventilación.

Este método de explotación requiere de aspectos fundamentales:

Es imprescindible que el macizo rocoso tenga cajas competentes para soportar un auto soporte durante el tiempo de acumulación de relleno detrítico.

Se necesita un planeamiento y mapeo detallado.

De acuerdo (JORQUERA, 2015), recomienda aplicación del método de taladros largos en labores más profundas, pero con una particularidad que lo toma como una variación del tradicional corte y relleno ascendente en donde especifica que la explotación se realiza por medio de banqueo y relleno y considera la secuencia de explotación en dos direcciones.

Se tiene que realizar en retroceso si los tajos de producción se encuentran en el mismo nivel.

Se efectúa de manera descarte si es que los tajos se encuentran en el mismo sector o lugar de ocurrencia geológica



Para la aplicación de taladros largos considera de manera esencial mínimo contar con tres bloques para poder aplicar el sostenimiento cámaras pilares de manera secuencial y podemos describir cámaras primarias y secundarias para el auto sostenimiento.

De acuerdo (GÓMEZ, 2017), el método del block caving se desarrolla en mineras de Chile tomando como criterio el hundimiento por gravedad le da origen a esta forma de explotación en tal sentido se basa particularmente en las características parámetros de la formación y como se presenta el mineral valioso en el ínsito debidamente hace referencia la profundidad donde se encuentra el yacimiento en donde explica que la complejidad del método está en el hundimiento o colapso natural por gravedad en donde el desafío de la minera está plasmado en yacimientos más profundos y con leyes menores.

De acuerdo (HERRERA, 2020), Las condiciones económicas en las unidades mineras de explotación del método subterráneo están en la búsqueda de soluciones y opciones innovadoras en donde el factor principal para elección de extracción del mineral está en el factor económico en todo el proceso de recuperación del mineral mena y convertirlo en un producto vendible y generar una ganancia aceptable, es necesario conocer las características y las condiciones geológicas geológicas que se encuentra y las cualidades de leyes y calidades se necesita tener los conocimientos suficientes para poder elegir el método adecuado para su viabilidad en el proceso de extracción.

b) Antecedentes Nacionales

Según (GONZALES, 2012), en su artículo de investigación, una explotación de un cuerpo mineralizado por subniveles con Taladros Largos en la unidad de producción Uchucchacua de la Universidad Nacional de Huancavelica, realiza la aplicación criterios técnicos orientados para la selección del método óptimo para la explotación de un cuerpo mineralizado, propone una alternativa de solución para el incremento de la producción de un banco de 13 metros de altura, de un cuerpo mineralizado perteneciente al tajo 775 de la unidad de producción Uchucchacua y para ello es imprescindible conocer, analizar y deducir todas características, parámetros y condiciones geológicas, geométricas y geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo del tajo 775, es importante conocer el tipo de roca del cuerpo mineralizado. Para tener las consideraciones fundamentales en la dilución para la recuperación de los



minerales, es donde entra a tallar el valor de la reserva probado y probable para poder calcular el costo de producción y su rentabilidad.

(MORAN, 2009), este método de taladros largos tiene como objetivo disminuir los índices de accidentabilidad y aumento de la producción reflejados en la productividad, según el tipo de planeamiento, a corto, mediano y largo plazo, de la Mina; los cuales están diseñados a la preparación de nuevos bancos, según la infraestructura futura que requiera el método de Taladros Largos. Para elegir la explotación subterránea de taladros largos primero analizaremos los costos operativos relativos según métodos de minado subterráneo y luego la selección del método en función de la geometría de la veta y las condiciones geomecánicas presentes.

(AQUINO, 2020), el autor se basa en la disminución de los costos operativos demostrando que la aplicación de bench and fill para las características del mineral que se tiene que se tiene reduce el gasto del capital y como base para su sustento y viabilidad se basa en los estudios geomecánicas en la clasificación de rocas que pueden soportar la presión de excavación por un determinado tiempo lo cual influye en los costos operativos de toda la actividad dentro de los procesos de extracción.

(CALDERON, 2018), pone en consideración para la aplicación de taladros largos para el incremento de producción parte de la evaluación y planificación de todos los aspectos, características del mineral y lo más importante el cambio de parámetros en todo el ciclo de las operaciones unitarias y las propuestas está en análisis en base de cálculos de los costos unitarios los cuales reflejan la variación de costos en cada cambio de actividad tanto de insumos como en la metodología, también resalta la eficiencia en el proceso operacional en el manejo de los equipos.

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Minado por el método de explotación de taladros largos

Según (BUSTAMANTE, 2018), en esta variación del método de tajos en subniveles la producción es algunas veces lograda por taladros paralelos de la parte superior a la parte más baja del tajeo designado, usando un subnivel en la parte superior del tajeo que es del ancho del tajeo. Como en el método de voladura de taladros, rebanadas verticales del mineral son voladas dentro del tajeo. Este método generalmente permite taladros largos para ser usados y pueden ser más eficientes en términos de consumo de explosivos.



Para poder determinar los límites de explotación y secuencia miento de extracción del yacimiento que garantice el mayor beneficio económico. Para esto debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

3.2.1.1 Criterios para la selección del método

Según (APAZA, 2013) la selección de método de tajeo por subniveles en forma masiva con la aplicación de taladros largos nos enfrenta al reto del diseño, planificación y para ello se deben tener en cuenta los criterios siguientes:

- a) Geometría de la veta.
- b) La distribución del mineral y sus respectivas leyes.
- c) Las propiedades geomecánicas del mineral y de la roca.
- d) El aspecto económico.
- e) Estudio de las limitaciones ambientales.
- f) Tener presente las consideraciones sociales

3.2.1.2 Existencia de dos variaciones en este método:

- a) El método de taladros en paralelo.
- b) El método de taladros en abanico.

3.2.1.3 Los criterios para su aplicación

- Las vetas deben tener patencias mayores a 3 metros.
- El buzamiento de la veta de be ser mayor a 60°.
- Las rocas encajonantes deben ser competentes.
- El mineral presente debe ser competente y con buena estabilidad.
- Los límites de las vetas deben ser amplios y regulares.

En la unidad Mallay se está explotando mineral polimetálico de las vetas de los sistemas Isguiz, Se establece que entre los niveles. 4310, 4250 y 4200, predomina el siguiente arreglo estructural, se tiene sistema de discontinuidades estructurales de rumbo N61°E y buzamiento 79°NW, El tipo de yacimiento en la mina Mallay es meso termal conformado por cuerpos tabulares de alto buzamiento, con un control estructural marcado y un desarrollo longitudinal discontinuo en dirección NO-SE que alcanza los 1.5 km de longitud, con anchos de vetas muy variables que van de 0.60 cm hasta los 2.40. metros de ancho



(actualmente). Las cajas de las estructuras mineralizadas son arenisca y caliza. La estructura principal es Isguiz emplazada en el flanco norte del anticlinal del mismo nombre. A partir de esta salen una serie de vetas tensionales con tendencia E-W. En las calizas Jumasha.

El método de minado que se utiliza en veta Isguiz es el Taladros Largos en Vetangostas con perforación vertical. Y dejando cámaras vacías o subniveles de preparación lo cual tiene que ser sostenido con malla electrosoldada, Split set, pernos Hidrabolt, pernos Helicoidales.

De Acuerdo (CALCINA, 2018) Este método de benchand fill con bancos de 6, 8, 10 y 12 metros de altura para vetas angostas se utiliza equipo de perforación de taladros largos el Nautilus y para la limpieza Scoop a control remoto a el mineral roto será acarreado a las tolvas convencionales y de las tolvas convencionales la extracción de mineral a superficie se realiza por medio de locomotoras a batería cuya capacidad oscila entre 3.5 y 14 toneladas jalando carros U-35, Gramby 60, Gramby 80 y Gramby 120. Para el avance de los frentes se utilizan palas neumáticas (LM 36H, LM 56H, EIMCO, LM 57). El abastecimiento de mineral a planta es utilizando volquetes Volvo FMX los cuales llevan el mineral de los niveles 4150 (Nivel principal de extracción) y del 4090

3.2.1.4 Selección del método de minado

De acuerdo (VILLARROEL, 2015) En este proyecto de investigación se propone cambiar el método de explotación Corte y Relleno Ascendente, con la adición de la perforación con taladros largos en vetas angostas mediante subniveles, dan origen a la variante Taladros Largos, el cual mantiene la esencia del método porque se usa un relleno detrítico continuo con la finalidad de estabilizar el área abierta, manteniendo siempre una luz de 10 – 15 m entre el avance de la cara libre del tajeo y el pie del talud relleno. Con este esquema se diseña integralmente toda la mina.



Tabla 2 — Características del cuerpo Izguiz

Geometría y distribución de leyes	
Forma del yacimiento	Tabular
Potencia del mineral presente	Estrecha
El buzamiento de la veta	Inclinado
La distribución de leyes	Uniforme

Tabla 3 — Parámetros geométricas del cuerpo izguiz

Características geomecánicas		
Veta	Caja (techo, Piso)	Características
Resistencia de la roca		Regular
Espaciamiento entre fracturas		Muy pequeño
La resistencia de las discontinuidades		Regular

3.2.1.5 El cálculo de reservas minables y valor del mineral

Es necesario para hallar el valor del mineral, conocer primero el porcentaje de recuperación por el método a implementar y el método actual. Se observa que en el método por Taladros Largos su recuperación promedio es 80% de las reservas geológicas, ya sea por pilares que quedan en el intermedio. Y un 85% en el corte relleno.

Tabla 4 — Porcentaje de recuperación (mineral)

El método de explotación	Factor de recuperación %	
	intervalo	Medio
Aplicando taladros largos	90 – 100	95
Aplicando corte y relleno ascendente	70 - 100	85

3.2.1.6 Determinación de la Dilución

Se determina la dilución de diseño según ambos métodos de explotación y finalmente la dilución de diseño más apropiado

Tabla 5 — Calculo de la dilución

La estimación de la dilución (SEGÚN O'HARA)		
$\%D = \frac{k}{\sqrt{w} + \text{sen}(\text{buzamiento})}$	Por taladros largos	Por corte y relleno ascendente
K: constante	55	25
W: potencia de veta (metros)	2.5	1.00
a: buzamiento	80	80
% Dilución	35%	25%
Ancho del tajeo	3.40 metros	2.90 mtros

3.2.1.7 Aplicación de taladros largos en vetas angostas

De Acuerdo (LLANQUE, 1999) Para el minado de Taladros Largos en (vetas angostas), cuya principal característica son las dimensiones que se ajustan a secciones menores de 2.4×3.0 y 3.0×3.0 , con una longitud de perforación máxima de 12m El nautilus psa, es un equipo diseñado exclusivamente para labores estrechas. “Taladros Largos en Vetangostas” es la combinación de los métodos corte y relleno ascendente con tajeos por subniveles, el cual tiene gran aplicabilidad a vetas o cuerpos que se encuentran entre cajas inestables, que no se pueden trabajar por el método de tajeos por subniveles. La característica de este híbrido es el control de la estabilidad de la baja calidad de roca en las cajas mediante el uso oportuno del relleno detrítico, el cual minimiza las aberturas generadas por los disparos de los taladros largos, y mantiene una distancia horizontal mínima de trabajo entre la cara libre del tajeo y el del talud del relleno.

Según (ROSSEAU, 2017) Este método consiste en arrancar el mineral a partir de subniveles de perforación mediante disparos efectuados en planos verticales, con taladros largos negativos perforados desde el subnivel superior, realizando un relleno continuo en función al avance de la explotación, manteniendo un span constante del pie del talud hacia la cara libre, con la finalidad de controlar la estabilidad del tajeo en toda su longitud.

La preparación consiste en ejecutar una rampa central de acceso a los bypass en cada nivel principal e intermedio, a partir de los cuales se generan accesos a los subniveles en veta distanciados equidistantemente. Entre subniveles se tiene una separación vertical fija que conforma la altura de los bancos que se minan con perforación (negativa y positiva) de taladros largos. Los disparos son secuenciales en cada tajeo por tandas. La limpieza de mineral se realiza con scooptram a control remoto (telemando) hacia los echaderos (Ore Pass) ubicadas en las intersecciones de cada acceso con el subnivel.



Este método de explotación tiene impacto favorable en seguridad, por minimizar la exposición del personal a la excavación del tajeo, realizando todo el ciclo de minado mecanizado y bajo techo seguro.

3.2.1.8 Datos específicos y técnicos del equipo de perforación

Equipo de perforación Nautilus

- Tiene una rotación de 360° con un ángulo de inclinación hacia delante y atrás
- Capacidad de perforación radial y paralelo
- Cent aco barras adaptables R32, T38
- Las longitudes de barras son de 3 pies
- Su diámetro de perforación es 64 mm
- Cuenta con un anclaje superior e inferior
- Realiza planeamiento (parámetros de diseño)

El plan de minado utilizando la perforadora Nautilus, se toma como el primer paso dimensionar el subnivel superior con una sección (2.4m x 4.0m), desde la chimenea principal o galería principal y luego ejecutar el subnivel inferior con sección (2.4m x 4.0m). Este diseño contempla cámaras de refugio del personal y operador de scooptram con una sección (1.2m x 2.2m). Los bancos de explotación tienen 10 metros de longitud. La limpieza y extracción de mineral se utiliza scoops diésel de 2.2 yd³ de capacidad con telemando y el block completo de longitud de hasta 250 m, el diseño de los bancos son con dimensiones 10 m de largo explotación y 3 m de puente o pilar natural. Una vez realizada la extracción del mineral; se rellena los tajos con desmonte proveniente principalmente de los desarrollos y preparaciones para continuar con el ciclo de minado.

3.2.1.9 Labores de desarrollo y preparación

a) Desarrollo

La aplicación de este método de taladros largos necesariamente conlleva a ejecutar muchos cambios en el diseño de las dimensiones de la sección de labores de desarrollo, ya sea para el tránsito de equipo y sistemas de ventilación. Al confirmar la cantidad de los

recursos minerales y sus respectivas leyes, se desarrolla la operación minera mediante una chimenea de 2.0m x 2.0 m de sección, lo cual está orientado con respecto a la veta, con el objetivo de acceder por subniveles inferiores según sea el caso. A partir de las chimeneas se realizarán los subniveles y con la finalidad de interceptar la veta.

b) Preparación

Las actividades de preparación consisten específicamente en diseñar el terreno, la forma de cómo extraer el mineral mediante un método de minado taladros largos, para este caso se preparan subniveles y accesos desde los cruceros y bypass respectivamente.

Desde los cruceros en cada nivel se ejecutan los subniveles sobre veta a todo el ancho de la estructura con 1% de gradiente, conectados a los bypass, conformando los bloques de explotación independientes, que pueden permitir las actividades cíclicas de perforación y voladura para lo posterior la limpieza y el relleno detrítico cumpliendo con el diseño en el avance del banqueo de los tajos. Evaluación económica se tomó en el tajo 1957 del nivel 4250 para realizar cálculos proyectados en la implementación de taladros largos.

3.2.2 Ciclos de minado en tajeo con el método de taladros largos

La optimización de los recursos humanos y el mejor aprovechamiento del uso de los equipos se obtienen si no hay interrupciones significativas en cada una de las etapas del minado desde la perforación, voladura, limpieza-extracción y relleno. Para lograr este objetivo es importante implementar los controles operativos de la explotación por Taladros Largos, obteniendo de la data procesada y analizada, las oportunidades de mejora. Los principales controles en Taladros Largos son: desviación, dilución, fragmentación, recuperación, factor de potencia y voladura secundaria.

Según (DS N° 024-2016, 2016) Asimismo, en la secuencia de minado se detallan paso a paso las actividades a realizar en la etapa de explotación, con la finalidad de definir los procedimientos de trabajo para cada una de las actividades, donde se establece el desarrollo de los trabajos con la identificación de sus respectivos peligros y riesgos, la cantidad de recursos materiales, equipos y herramientas



necesarias, personal calificado que ejecutará los trabajos, asociado a un determinado tiempo para realizar cada actividad

3.2.2.1 Evaluación geomecánica

Según (INGEMMET, 1983) En las Calizas y areniscas cuarzosas de las cajas, el rasgo estructural principal del cuerpo mineralizado tipo relleno de fracturas y reemplazamiento gran parte de la estructura mineralizada que motiva el presente estudio, esta está formada por el relleno mineral de fracturas tipo tabular de rumbo N35°- 45°E y buzamiento subvertical, que son estructuras mineralizadas se encuentra un depósito meso termal de la formación Farrat y otra parte se emplaza en las calizas Jumasha. La estructura principal es Isguiz emplazada en el flanco norte del anticlinal del mismo nombre. A partir de esta salen una serie de vetas tensionales con tendencia E-W. En las calizas Jumasha, más al norte, ocurre el sistema de vetas Pierina con mineralización similar, pero con ocurrencia de oro.

La calidad de la roca intacta por el método RMR por la valoración Bieniaswki se basa en la valoración de cinco parámetros fundamentales el cual se calcula con la ayuda de la siguiente tabla ya establecida.

Para el cálculo del RMR se tiene que seguir algunos procedimientos que a continuación describimos

- a) Resistencia de la roca intacta: Para poder determinar la resistencia de la roca se tiene que realizar los ensayos Carga puntual o Resistencia a la compresión uniaxial donde se calcula índice de resistencia, dichos resultados de los ensayos tienen que estar Mpa para dar su valoración

$$Is = \frac{P}{D^2}$$

Donde:

Is: Índice de resistencia

P: Fuerza de rotura

D: Distancia entre conos o punzones

$$Rc = 24(Is)$$



- b) **RQD:** Es la relación de la calidad de testigos mayores de 10 cm con la longitud de perforación total cuyo resultado se da la valoración con la tabla

$$RQD = \left(\frac{\text{Numero de testigos} > 10 \text{ cm}}{\text{Longitud de perforacion}} \right) \times 100\%$$

- c) **Espaciamiento de discontinuidades:** De la misma forma se apoya en la tabla de Bieniaswki para su respectiva valoración con la medición de espaciamiento entre fracturas bien definidas
- d) **Condición de las discontinuidades:** Se realiza la evaluación de condiciones físicas y químicas el grado de alteración por el proceso de meteorización que sufre la roca por los agentes físicos
- e) **Agua subterránea:** Es la medición de cantidad de agua el caudal que se encuentra de las aguas subterráneas

Parámetros de clasificación y sus valoraciones								
parámetro			Rango de valores					
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para este rango bajo, es preferible el ensayo de compresión uniaxial	
		Resistencia compresiva uniaxial	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa
	Valoración		15	12	7	4	2	1
2	Calidad de testigo de perforación RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%	
	Valoración		20	17	13	8	3	
3	Espaciamiento de discontinuidades		> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	60 - 200 mm	< 60 mm	
	Valoración		20	15	10	8	5	
4	Condición de las discontinuidades		Superficies muy rugosas no continuas Cerradas sin apertura Paredes rocosas sanas	Superficies ligeramente rugosas. Apertura < 1 mm Paredes ligeramente intemperizadas	Superficies ligeramente rugosas. Apertura < 1 mm Paredes altamente intemperizadas	Espejo de falla o panizo < 1 mm Apertura de 1 - 5 mm juntas continuas	Panizo suave > 5 mm de espesor o apertura > 5 mm juntas continuas	
	Valoración		30	25	20	10	0	
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud de túnel (l/m)	Ninguna o completamente seco	< 10 < 0.1 Húmedo	20 -10 0.1 - 0.2 Mojado	25 -125 0.2 - 0.5 Goteo	> 125 > 0.5 Flujo	
		Presión de agua/ principal máximo						
Condición genera								
Valoración			15	10	7	4	0	

FUENTE: Compendio de Mecánica de Rocas

Figura 1 — Parámetros de clasificaron y valoración de RMR

f) Calidad de la masa rocosa

Según (Hoek, 2006) Para poder clasificarla calidad del macizo rocoso se tiene que adaptar con el criterio del GSI (Índice de Resistencia Geológica El cálculo de estimación del GSI para el siguiente estudio se ha efectuado más eficiente mediante uso de tablas preestablecidos en donde que consideran a través de una tabla los valores de campo, considerando para el presente estudio, la cual comprende y corresponde a los factores principales que influyen en la resistencia del macizo rocoso del ínsito dando como valor (las condiciones superficiales y estructurales). Para determinar los valores del GSI, se obtuvieron atreves de las dos tablas mencionadas.

En general, se puede anticipar por las observaciones realizadas en insitu y por la información que hay de mejora de la calidad de la masa rocosa con el aumento de la profundidad en el presente estudio, las cuales como indicó anteriormente, consideran los factores principales que influyen en la resistencia del macizo rocoso.



METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL GSI (Índice de Resistencia Geológica)

Aplicación de la Tabla Geomecánica para la unidad Mallay

R
O
C
A
S

Medir la RESISTENCIA DE LA ROCA (Parámetro de CONDICIONES).- Golpear la roca con una picota o barretilla de 4 pies (punta) y determinar su resistencia identificando con cuantos golpes se rompe o cuanto se hunde la picota o barretilla en la roca. Observar la zona mas representativa para realizar la clasificación.

CONTAR LAS FRACTURAS que hay en 1 metro cuadrado (Parámetro de ESTRUCTURA).- Pintar en la roca (zona a clasificar) un cuadrado de 1m x 1m y contar el N° fracturas continuas que lo cruzan.

Ver si la labor tiene presencia de AGUA, Discontinuidades Desfavorables (falsas cajas), fallas, etc. (FACTORES INFLUYENTES)

Definir el tipo de SOSTENIMIENTO.- Determinar el sostenimiento a colocar considerando la calidad de roca hallada y si la labor tiene o no factores influyentes.

FACTORES INFLUYENTES PARA ELEGIR EL SOSTENIMIENTO DE LA LABOR

- Presencia de agua: humedad, goteo, flujo.
- Orientación desfavorable de las discontinuidades: fracturas ó fallas paralelas a la labor (falsas cajas).
- Ocurrencia de esfuerzos en el macizo rocoso: distancia de la labor a la superficie menor a 50 m ó mayor a 800 m, presencia de labores cercanas, presencia de fallas.
- Factores de excavación: sostenimiento colocado a destiempo, deficiente voladura, forma de la excavación.

TIPS DE DESATADO DE ROCAS Y SOSTENIMIENTO

La posición correcta de la picota, no se desata más.

El desatado siempre lo realizan dos personas uno desata y el otro observa para alertar cualquier peligro.

Reglas de Sostenimiento pernos con Malla:

- No exponerse a una zona sin sostenimiento.
- Taladro/Perforado pernos instalados.

Reglas de Sostenimiento con Woodpack:

- Bloquear el woodpack a la roca (corona).
- Revisar el bloqueo del woodpack a inicios de cada guardia.

CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO

PERNOS:

- Longitud de pernos acuerdo a la dimensión de la labor.
- Tipo de perno y distribución acorde a la recomendación geomecánica.
- Planchuela ó placa pegada a la roca.
- Orientación adecuada de acuerdo al sistema de fracturamiento.
- Split sets con ranura hacia la parte inferior, Diámetro de broca de 36 mm.
- Mini Split Set (2 pies), uso exclusivo para el traslape de malla, prohibido para cualquier otro uso. No instalar en roca ni en pernos cortados.
- Pernos helicoidales con tuercas ajustadas. El perno debe sobresalir como máximo 10 cm desde la tuerca. Cumplir con la distribución de cartuchos, diámetro de broca de 32 mm y tiempo de batido de 30 segundos. No debe haber mas de 15 cm de columna cementicia vacía en el taladro.
- Pernos Hydrabolt con indicador de presión al raz de la válvula (Inflado a 30MPa), diámetro de broca de 36 mm.

INSTALACIÓN DE PERNOS POR TIPO DE LABOR:

En labores Permanentes (Rampas, Comedores, Sub estaciones electricas, Raise Climber, Talleres, etc): Colocar Pernos Helicoidales ó Hydrabolt de acuerdo a geomecánica.

En labores Temporales (Galerías ó crueros de exploración, subniveles, tajos, estocadas, By Pass, camaras temporales): Colocar Pernos Split set ó Hydrabolt.

MALLA ELECTROSOLDADA (Calibre N°10, rollo de 25m x 2m, cocada de 3" x 3")

- Traslape de 03 cocos, colocar el perno al medio.
- Pegado de malla a la superficie de la roca, alambre longitudinal pegado a la roca.
- No debe existir espacios abiertos en la malla, ni por malla dañada, ni por mal traslape (no dejar vacíos).

Elección del Sostenimiento por la presencia de Factores Influyentes

Ejemplo: Si la labor tiene un GSI F/P y tiene factor influyente (por ejemplo: "agua") escoger el sostenimiento para tipo de roca 3B. Si la labor no tiene Factor Influyente escoger el tipo de sostenimiento para tipo de roca 3A.

Diagrama de decisión:

```

    graph TD
      A[¿Hay el cuadrante superior al la labor NO TIENE Factor Influyente?] -- SI --> B[3A]
      A -- NO --> C[¿Hay el cuadrante inferior al la labor TIENE 1 ó mas Factores Influyentes?]
      C -- SI --> D[3B]
      C -- NO --> E[3A]
  
```

FRECUENCIA DE DESATADO DE ROCAS DE ACUERDO AL TIPO DE ROCA (RMR Y GSI)

VALORACIÓN RMR (Bieniowski 1989)			Altura Máxima en Tajeos (Desatado Manual)	Ancho Máximo en Tajeos	FRECUENCIA DE SATADO ROCAS (tiempo máximo sin desatar)
Tipo de roca	Calidad según RMR	Rango RMR			
2	Buena	61 - 80	4 m. con Scoop 4 m. convencional	14 m.	2 horas
3A	Regular A	51 - 60	4 m. con Scoop 4 m. convencional	9 m.	1 hora
3B	Regular B	41 - 50	4 m. con Scoop 4 m. convencional	6 m.	30 minutos
4	Mala	21 - 40	4 m. con Scoop 3.5 m convencional	4 m.	15 minutos
5	Muy Mala	< 21	3 m convencional	1.5 m.	Sostenimiento Inmediato

Figura 2 — Metodología de aplicación de GSI

 TABLA GEOMECÁNICA N°1 (V-05) 2017 ÁREA DE GEOMECÁNICA - UNIDAD MALLAY SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I. (modificado) - Para Frentes hasta de 3.5 m de sección. - Para Tajos hasta de 5.0 m de sección.	CONDICIONES		BUENA (Roca muy resistente, fresca sin alteración) (B) DISCONTINUIDADES MUY RUDOSAS, CERRADAS, ROCA SIN ALTERACIÓN. (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA, 03 o más golpes). (Rc 100 a 200 MPa)	REGULAR (Roca resistente, levemente alterada) (R) DISCONTINUIDADES RUDOSAS, LIGERAMENTE ABIERTA (+1cm), CON RELLENO DURO, ROCA CON DEBIL ALTERACIÓN (SE ROMPE CON 1 o 2 GOLPES DE PICOTA). (Rc 50 a 100 MPa)	POBRE (Roca moderadamente resistente y Moderadamente alterada) (P) DISCONTINUIDADES LIGAS Y MODERADAMENTE ABIERTAS (de 1 a 6 cm) CON RELLENO SUAVE, ROCA ALTERADA LA ROCA SE HUNDE SUPERFICIALMENTE CON GOLPES DE PICOTA (se hunde menos de 1/2 cm). (Rc 25 a 60 MPa)	MUY POBRE (Roca blanda, Muy Alterada) (MP) RELLENO DE FALLA (PILAZO), ESPEJO DE FALLA, ROCA MUY ALTERADA, DISCONTINUIDADES MUY ABIERTAS (MAYOR A 6 cm). LA ROCA SE HUNDE PROFUNDAMENTE CON GOLPES DE PICOTA (se hunde más de 1/2 cm). (Rc 5 a 25 MPa)
Tipo de Roca	Tipo de Sostenimiento por labor					
2 BUENA	FRENTES: Pernos sistemáticos espaciados a 2m x 2 m. TAJOS: Perforación en Realce. Colocar pernos split set sistemáticos a 2m x 2m. / Puntales de seguridad a 2 m en cajas (anchos menores o iguales de 1.8 m). CHIMENEAS: Avance con puntales en línea. Colocar pernos split set de 4 pies sistemáticos a 2m x 2m.					
3A REGULAR "A"	FRENTES: Pernos sistemáticos a 1.5m x 1.5m. (refuerzo con malla electrosoldada de acuerdo a recomendación geomecánica). TAJOS: Perforación en Realce. Colocar split set o hydrabolt (de acuerdo a recomendación geomecánica) a 1.5m x 1.5m con malla. / En tajos de ancho < a 1.8 m colocar puntales de seguridad sistemáticos a 1.5m en cajas (distribución en "v"). CHIMENEAS: Avance con puntales en línea. Colocar pernos split set de 4 pies sistemáticos a 1.5m x 1.5m con malla. Avance con guardacabeza al tope de chimenea.					
3B REGULAR "B"	FRENTES: Pernos sistemáticos a 1.2m x 1.2m + Malla electrosoldada. TAJOS: Perforación en Realce. Colocar split set o hydrabolt (de acuerdo a la recomendación geomecánica) a 1.2m x 1.2m con malla. / En tajos de ancho < a 1.8 m colocar puntales de seguridad sistemáticos a 1.2 m en cajas (distribución en "v"). CHIMENEAS: Avance con puntales en línea. Colocar pernos split set de 4 pies sistemáticos a 1.2m x 1.2m + malla. Avance con guardacabeza al tope de la chimenea.					
4 MALA	FRENTES: Pernos sistemáticos a 1m x 1m con malla + Shotcrete (2", 3" o 4" de acuerdo a recomendación geomecánica). Alternativa: Sostenimiento con cuadros de madera espaciados a 1.3 m. de eje a eje de poste. Avance con guardacabeza. TAJOS: Perforación en Breasting. Colocar split set o hydrabolt a 1m x 1m con malla, evaluar refuerzo con Shotcrete de 2" / Alternativa colocar cuadros de madera espaciados a 1.3 m. En ancho > a 5m colocar woodpack sistemáticos. CHIMENEAS: Avance con sobrecuadros de madera. Avance con guardacabeza al tope de la chimenea.					
5 MUY MALA	FRENTES: Shotcrete 4" con fibra + pernos sistemáticos a 1 m x 1 m (en labores permanentes) / Alternativa: Sostenimiento con cimbras o cuadros espaciados a 1 m. (avance de la labor con marchavantes) TAJOS: Perforación en Breasting. Sostenimiento con cuadros de madera espaciados a 1 m / alternativa con Shotcrete 3" o 4" con fibra + pernos hydrabolt 7 pies a 1 m x 1 m con malla. En ancho > 3m colocar woodpack sistemáticos. CHIMENEAS: Avance con cribbing (anillado). Avance con guardacabeza al tope de la labor.					
LONGITUD DE EMPERNADO	ESTRUCTURA					

Figura 3 — Recomendación de sostenimiento según GSI

Tabla 6 — Criterio para la clasificación de la masa rocosa

Tipo de roca - Calidad según GSI		Calidad de roca Rango RMR	
2	Buena	81 - 100	Muy Buena
3A	Regular A	61 – 80	Buena
3B	Regular B	41 – 60	Media
4	Mala	21 – 40	Mala
5	Muy Mala	0 – 20	Muy Mala

g) Resistencia de la roca intacta

Para la relación de la fuerza compresiva sobre la roca intacta, vamos a tener los siguientes valores los cuales fueron estimados por la clasificación de rocas existentes en el nivel 4200

- Mineral 30 MPa
- Cajas 50 MPa
- Calizas y areniscas 60 MPa

h) Resistencia de la roca intacta- (Martillo de Schmidt)

La resistencia de la roca intacta en ínsito, cuando se realiza los trabajos de campo, como proceso del mapeo geomecánica en los tajos de la mina, en el cual se ejecutan ensayos con el martillo de geólogo y con el martillo de Schmidt.

De acuerdo (SUÁREZ, 2014). En estos ensayos estimamos la resistencia a la comprensión simple utilizando una sencilla correlación, lo cual aplicamos a la matriz de macizo rocoso, y sus discontinuidades presentes. Su manera de utilizarlo es extendida debido a la Rapidez y facilidad para su utilización.

3.2.2.2 Evaluación de sostenimiento actual

De acuerdo a (SANTANA, 2016). Las clasificaciones geomecánicas son utilizadas en las etapas de estudio, diseño y construcción de túneles, labores mineras y taludes. El sostenimiento, se le define como los

procedimientos y materiales para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad portante de la roca circundante a la excavación. El objetivo principal es movilizar y conservar la resistencia de la masa rocosa para que llegue a auto soportarse.

La geomecánica contribuye a mejorar las condiciones de estabilidad de las excavaciones, minimizar o disminuir la aplicación del sostenimiento y evitar o minimizar el deterioro del sostenimiento.

Es Sostenimiento es requerido tanto para la seguridad como para el control de la dilución. En los tajeos por donde el personal no debe ingresar a la labor, el papel principal de los pernos de roca es el control de la estabilidad de los bloques y cuñas rocosas potencialmente inestables

3.2.2.2.1 Tipos de pernos:

- Los pernos de Split set
- Los pernos hidrabolt
- Los pernos de varilla helicoidal o corrugado

La aplicación de estos pernos detallamos y describimos de cómo se utiliza para el sostenimiento del macizo rocoso en la unidad minera mallay.

a) Sostenimiento con SPLIT SET

Los Split set son pernos de acero ranurado que se instalan a presión y actúan a fricción en todas las paredes de los taladros realizados, presentan la capacidad de soportar todas las deformaciones iniciales de la roca intacta, hay que tener en cuenta que son sensibles al diámetro del taladro y las irregularidades. El costo de este perno Split set esta entre \$ 5 a \$ 8 y lo más importante es la capacidad de soporte de 1.0 Ton x 1 pie de longitud del perno lo más recomendable para rocas de clase o tipo (B3)

b) Sostenimiento con (PERNOS HIDRABOLT)

El perno hidrabolt es un anclaje mecánico, consiste en una varilla de acero en su mayoría es de 16 mm de diámetro, tiene implementado en su extremo un anclaje mecánico de expansión que llega hasta el fondo del taladro. Cuenta el extremo opuesto es de cabeza fijada o con una rosca, donde se coloca una placa de base plana o si no cóncava con su tuerca para poder presionar la roca. Su acción fundamental es de reforzamiento del macizo rocoso y actúa de manera inmediata después de su instalación. Mediante la acción rotación se aplica un torque de (100 a 250 lb/pie) a la cabeza de este perno, el cual incrementa la tensión en el perno creando la fuerza de fricción en el macizo rocoso.

c) Sostenimiento con (PERNO HELICOIDAL)

Los pernos helicoidales son varillas de fierro helicoidal o acero corrugado, se aplica empotrando con resina y la inyección de cemento a la masa rocosa, estos pernos son dependientes de la forma del taladro perforado para lo cual se recomienda que los taladros perforados estén completamente llenados para que se comprima óptimamente, específicamente utilizamos cuando se realiza la apertura de labores permanentes cuya vida útil será mayor de 5 años, entonces se tiene que considerar un soporte permanente y se recomienda aplicar en cualquier tipo de roca que tenga un RQD >25, resistencia a la compresión ($\sigma_c > 25 \text{ MPa}$).

Para el diseño de este tipo de sostenimientos se tiene que considerar algunos estándares estableciendo como dimensiones y distribuciones de todos los elementos, teniendo una secuencia de pasos y controles de seguridad.

d) Sostenimiento con (MALLAS ELECTROSOLDADAS)

Es una malla metálica utilizada para los siguientes fines:

En primero lugar, para poder prevenir el desprendimiento de las rocas del techo y hastiales de la labor los cuales están soportados con pernos, trabaja como sostenimiento de la superficie de la roca.

Segundo, para retener y soportar los trozos de rocas colgadas en las cajas de la labor.

La malla electrosoldada es de alambres soldados en cuadrículas en sus intersecciones, generalmente de # 10/08, con cocadas 3"x3", construidas en material de acero negro que pueden ser galvanizada. Esta malla es recomendada para su uso como refuerzo del concreto lanzado (shotcrete). La malla viene en rollos o en planchas.

Los rollos tienen 25m de longitud x 2.0 m de ancho y las planchas usualmente tienen 3.0 m de longitud x 1.5 m de ancho. A continuación, se describe el estándar para la colocación de la malla.

e) Paquetes de Madera ('VOODPACKS)

Cuando los puntales de madera no son suficientes para soportar el techo de una excavación, una alternativa de sostenimiento es el uso de paquetes de madera. Este tipo de soporte es particularmente eficiente cuando se desarrollan fallas extensivas sobre el techo del tajeo, donde un gran peso muerto de la roca necesita ser soportado. Su uso está asociado al método de minado por corte y relleno descendente y también al método de cámaras y pilares, puesto que éstos pueden ayudar a complementar el sostenimiento con pilares naturales e

incluso permitir la recuperación parcial de los pilares de mineral.

Existen varias configuraciones de paquetes de madera, lo importante de todas ellas es que tengan la mayor cantidad de área sólida efectiva resultante del proceso de acomodamiento de la madera, puesto que, a mayor área efectiva, mayor será la capacidad portante del paquete. Un paquete armado con estas unidades tiene un área efectiva de soporte y puede desarrollar una capacidad de soporte de 90 Ton

3.2.2.3 Perforación

La perforación es la base del ciclo de minado ya que con una mala perforación el resto del ciclo de minado será también defectuoso.

Algoritmo de Konya Para el cálculo del burden y espaciamento de la malla de perforación, se toma en cuenta:

- la perforabilidad y geología estructural del macizo rocoso.
- el tamaño de fragmentación requerida.
- el diámetro del taladro.
- la longitud del taladro.
- la orientación y espaciamento entre taladros.
- la desviación permisible de perforación.

Dichos factores determinan el tipo de la máquina perforadora, así como el diseño de la malla de perforación de los taladros largos.

Determinación del Burden y Espaciamento, utilizando la fórmula de Konya

Cálculo de burden según la fórmula de Konya

$$Bmax = 0.012 * \left(\left(\frac{2 * De}{Dr} \right) + 1.5 \right) * D$$



Donde:

Leyenda	
Bmax:	Burden máximo
D:	Diámetro del taladro (mm)
De	Diámetro del explosivo g/cm ³
E/B	Relación entre espaciamiento y burden 1.15
DR	Densidad de la roca g/cm ³

- Diámetro de taladros (D) : 64 mm
- Relación (E/B) : 1.15
- Densidad de explosivo (de) : 0.80 gr/cm³
- Densidad de la roca (dr) : 2.75 gr/cm³

El cual arroja resultados de diseño para una malla con un rango del burden y el espaciamiento requerido teniendo en cuenta la dureza del mineral, fragmentación requerida, diámetro de taladro, longitud del taladro, orientación, tipo de explosivo, precisión del emboquillado, etc.

Se trabaja con una malla inicial tipo cuadrada de 0.80 metros de burden y espaciamiento.

3.2.2.4 Malla de perforación de (Taladros Largos)

Según (LOPEZ, 2017) Al diseñar las secciones de perforación, según el procedimiento generalizado, se toma en cuenta: el burden y espaciamiento calculado anteriormente, el contorneo geológico actualizado en la labor, el levantamiento topográfico actualizado, la ubicación de la veta y la característica del equipo disponible para perforar. Para asegurar la salida de las filas, los taladros de cada sección se perforarán según lo recomendado por planeamiento.

En la perforación por las condiciones de la roca, se coloca tuberías de PVC de 2" Φ , tienen que ser taponeadas adecuadamente.

Según (YAULIYACO, 2012) Al realizar la perforación para generar la cara libre del tajo que cuenta con una sección de (1.20 x 1.20) m, necesariamente se tiene que utilizar la guía antes de la broca y la broca tiene que ser del tipo drop center para poder eliminar las desviaciones y cruce de taladros perforados. Para lo cual se recomienda utilizar las brocas rimadoras que tenga 5 pulgadas de diámetro (127 mm) para la cara libre.

Al realizar el diseño de la perforación se debe de indicar al operador la longitud de perforación exacta y la recomendación de los factores efluentes que se tiene presentes. Porque estos datos son muy importantes para poder ejecutar y realizar la voladura e influye en el proceso del carguío. Esta información determinara el rendimiento de la perforadora jumbo Nautilus psa.

La eficiencia y calidad de perforación va depender de las condiciones de la roca para una buena perforación como:

La sección de la labor debe ser de acuerdo al tamaño del equipo la plataforma tiene que ser con gradiente cero horizontal y limpio.

Las marcas topográficas de ubicación de los taladros a perforar tienen un estándar.

Se realiza un seguimiento e inspección del abastecimiento de agua, aire y energía eléctrica para realizar la perforación, estos son todas las condiciones que se inspecciona antes de iniciar a perforar por eso es importante la inspección de la máquina perforadora y sus componentes de esa manera se recomienda realizar la prueba de perforación antes de empezar.

3.2.2.5 Desviación de perforación de taladros largos.

Cuando se realizan la perforación de taladros largos haya factores que afectan la desviación de los taladros.

- Cando se realiza incorrecto posicionamiento de la perforadora.
- Cundo la plataforma de perforación no está plana.
- Cuando hay error en la inclinación.
- Cuando la perforación alcanza a geodas y estratos.



- Cuando tenemos presencia de sobre perforación.
- Falta de conocimiento del estar de dimensionamiento de la labor.

3.2.2.6 Factores que disminuyen la desviación y reduce los costos de perforación y voladura

- Cuando el operador no detecta el desgaste de las guías la perforación tiende a desviarse.
- Capacitar de forma permanente al operador perforista que se tienen que utilizar el clinómetro que es un sistema de alineamiento.
- El operador tiene que ser preciso al momento de instalar su equipo de perforación.
- El operador tiene que tener la rapidez en la recuperación de barras.

Tabla 7 — Parámetros de perforación

Perforación de la veta isguiz		
Equipo	Jumbo Nautilus PSA	
Longitud de Perforación	10 m	
Diámetro de perforación	64 mm	
Dirección de perforación	Vertical	
Subnivel de perforación	Sn 1920, Tajo 1920-2	
Espaciamiento malla	1.00 m	
Burden malla	0.80 m	
Desviación de Taladro	2%	
Disponibilidad Mecánica	85%	

3.2.2.7 Voladura

La voladura en los tajeos es realizada utilizando dinamita Emulsion 65% de 1 1/2" x 12", como accesorios de voladura el fanel, dual con doble fulminante. El carguío de los explosivos es realizado manualmente utilizando atacadores de madera para confinar el explosivo dentro del taladro. Para el desatado de rocas cuenta con dos (2) juegos de barretillas (4', 6', 8' y 10' de longitud) distribuidos en todas las labores y es realizado de acuerdo al procedimiento establecido.

Para un buen control de la voladura, se necesita cuantificar y controlar algunas variables, permitiendo esto obtener una buena fragmentación.

a) Variables no controlables

Características geomecánicas del macizo rocoso

Geología local, regional y estructural

Hidrología y condiciones climatológicas

b) Variables controlables

Geométricas, (burden, espaciamiento, diámetro, longitud de taladros)

Físico-Químicas (densidad, velocidad de detonación, volumen de la mezcla explosiva)

De tiempo (retardo y secuencia)

Operativos (experiencia del personal, fragmentación requerida)

c) Explosivos:

- Emulsión 65%
- Anfo
- Accesorios:
- Fanel dual con doble fulminante o detonador 15 m

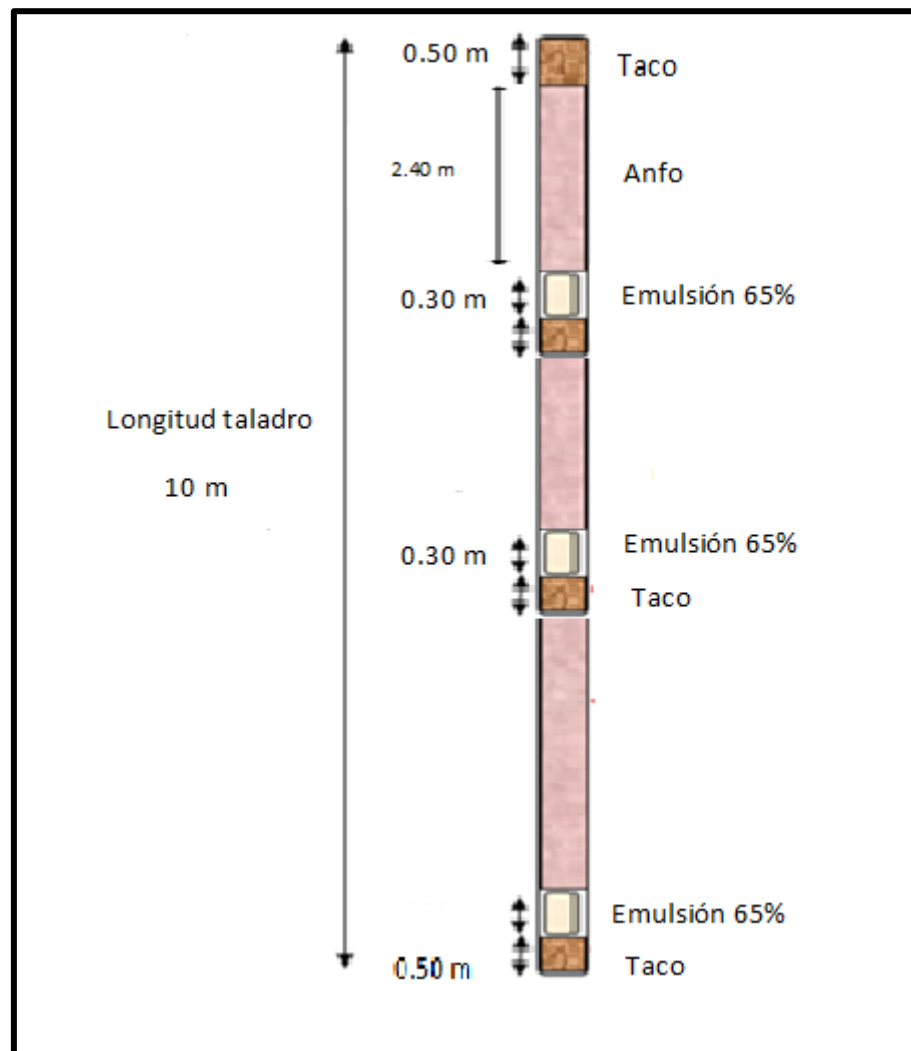


Figura 4 — Columna de carga explosiva

Antes de proceder al carguío de taladros este debe ser constatado que esté limpio sin detritos y ser medido para realizar el diseño de carguío real tanto en la carga como de secuencia de salida del disparo.

- Se procederá a la colocación de tacos, la longitud será la misma distancia del burden.
- Luego se realizará el encebado o primado del iniciador.
- De realizar el carguío correspondiente, llenando la columna explosiva con Emulsión 65% y Anfo a granel - El taco superior también será llenado de detritos.
- Se realizará el amarre de los conectores con el cordón detonante, y la iniciación rápida.

Este trabajo se realizará con el personal capacitado o especializado. La secuencia de la voladura debe realizarse en forma de retirada partiendo

de un extremo en rebanadas verticales en todos los subniveles de perforación, esto va a dar estabilidad en el área de trabajo, haciendo que los bloques in situ trabajen como enormes pilares.

No debe trabajarse bajo ninguna circunstancia sin el plano de levantamiento topográfico de los taladros y sin la hoja de carga autorizada por el Jefe de Sección, en el que el disparador cumpla el protocolo de carguío donde registra la cantidad del explosivo utilizado y resultados del disparo.

Tomar en consideración las discontinuidades, planos, fallas, zonas de fracturas especialmente si son paralelas a la caja, de ser muy fuertes es preferible que deba quedar esa parte como pilar

3.2.2.8 Extracción y limpieza

La limpieza del mineral roto en los tajeos es realizada con winches eléctricos de 15 HP y rastras de 24" y micro scooptram de 0.75 yd³. Para el método de corte y relleno ascendente

Una vez disparado el corte vertical a toda la longitud definida del tajeo según el tipo de roca, se extrae el mineral hacia los echaderos con scoop de 1.5 yd³ – 2.2 yd³, en los niveles inferiores las locomotoras transportan el mineral de los echaderos.

a) Transporte

El mineral y/o desmonte es transportado en carros mineros jalados por locomotoras a baterías hasta los echaderos ubicados en superficie en el Nv 4150.

3.2.2.9 Relleno detrítico

Cuando se alcance con la limpieza del mineral roto el máximo spam permitido en los tajos de taladros largos, se procede inmediatamente al proceso de relleno con desmonte con ayuda de equipos de bajo perfil (scooptram) y principalmente se realiza con las locomotoras.



3.2.3 Ubicación y accesos

La Unidad Mallay se encuentra ubicado el paraje de Mallay distrito de Oyón, provincia de Oyón, departamento de Lima a una elevación comprendida entre 4,090 y 4,470 msnm, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, en la cuenca del río Huaura al Suroeste de la ciudad del mismo nombre. Los campamentos actualmente están ubicados a 4,250 msnm; las cumbres sobrepasan los 5,000 msnm siendo la boca mina más baja el nivel 4090. El clima es frío y seco, presenta dos temporadas claramente definidas: Época de lluvias correspondiente al periodo comprendido entre los meses de octubre y marzo; y época seca, durante el resto del año. Entre mayo y octubre la temperatura desciende hasta debajo de los 0 °C, con fuertes precipitaciones y eventual caída de granizo entre los meses de noviembre y marzo. Las precipitaciones máximas se dan en el mes de febrero.

La Unidad Mallay se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, en la cuenca del río Huaura, en el distrito y provincia de Oyón, Región de Lima, a 4 Km en línea recta al norte del poblado de Mallay una altitud entre 4,390 a 4,930 msnm y en las coordenadas centrales

UTM 8 819 313 N – 296 313 E.

Tabla 8 — Acceso a la mina de Mallay

Tramo	Distancia (Km)	Tipo de Vía
Primera vía: Lima- Sayan – Churin – Mallay	231	Asfaltado – Afirmado
Segunda vía: Lima – La Oroya – Cerro de Pasco – Uchuchacua – Oyon – Mallay	448	Asfaltado





Figura 5 — Ubicación y acceso de la mina mallay

a) Topografía

El área de influencia del proyecto minero Mallay, empieza en el valle del río Huaura, a 2 800 msnm. Bordea las cimas de las vertientes montañosas y se extiende en dirección norte hacia las partes altas de la cordillera occidental y altiplanicies hasta altitudes superiores a los 4 900 msnm, se reconocen los siguientes conjuntos estructurales y morfológicos principales, dejados por la evolución morfogenética del área:

- Cordillera Occidental
- Altiplanicies
- Fondo de Valle

A lo largo del área de influencia, se presentan procesos erosivos de diferente naturaleza como: erosión fluvial, erosión de laderas, Meteorización, derrumbes y desprendimiento de rocas, en general podemos decir que se tiene una topografía agreste

b) Clima

Para la caracterización de los parámetros meteorológicos del Proyecto Mallay se empleó información de las estaciones del año de acuerdo a la Clasificación Climática, los climas determinados para el ámbito de estudio son:

c) Clima templado:

Zona de Clima templado, con deficiencias de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como seca. Dentro de la microcuenca en estudio, este tipo de clima comprende la parte baja, teniendo como límite inferior el eje del cauce del río Huaura y como límite superior la cota 3 000 msnm.

d) Clima semifrío:

Zona de Clima semifrío, con deficiencias de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda. Dentro de la microcuenca en estudio, este tipo de clima se extiende desde los 3 000 hasta los 4 000 msnm, ámbito donde se localiza el pueblo de Mallay.

e) Clima lluvioso:

Zona de Clima lluvioso con deficiencias de lluvias en invierno, con humedad relativa calificada como húmeda. Dentro de la microcuenca en estudio, este tipo de clima se extiende desde los 4 000 msnm hasta la parte más alta de la microcuenca, ámbito donde se localiza la zona de la mina Mallay.

f) Hidrográficamente:

el ámbito de estudio comprende toda la red hídrica de la microcuenca de la quebrada Mayo Punco, desde su nacimiento en los cerros más elevados (5 025 msnm) hasta la desembocadura al río Huaura (2 725 msnm). La microcuenca de la quebrada Mayo Punco, abarca la totalidad de la distribución espacial de los componentes del Proyecto Mallay. Se ha empleado información hidrométrica de las estaciones Sayán a fin de caracterizar el comportamiento

hidrológico del río Huaura y, a partir de esto, inferir el comportamiento de sus afluentes. A nivel mensual, en el río Huauron las descargas medias mensuales varían desde 69 816 L/s (marzo) hasta 11 184 L/s (agosto); la descarga máxima mensual se incrementa hasta 158 912 L/s (marzo) y la descarga mínima mensual disminuye hasta en 4 550

3.2.4 Entorno geológico

3.2.4.1 Geología regional

Según (COBBING, 1973) Las rocas predominantes en la columna estratigráfica corresponden a las sedimentarias del cretáceo, sobre ellas se tiene a los volcánicos terciarios, e intruyendo a las anteriores se observan dos tipos de intrusivos. Coronando la secuencia figuran depósitos aluviales y morrenicos.

- **Grupo Goyllarisquizga**

Aflora al NW y SE de este centro minero y ocupando algo más del 50% del área observada; en él se ha diferenciado cinco unidades asignadas al cretáceo inferior.

- **Formación Oyón**

Conformado por una intercalación de lutitas gris oscuras, areniscas y capas carbonosas antracíticas muy disturbadas. Se reconoce una potencia de 400 mts. aflorando al NW Oyón.

- **Formación Chimú**

Constituido por cuarcitas blancas con una porción superior de calizas con capas arcillosas y lechos carbonosos. Tiene una potencia de 400 a 600 mts, se le observa a lo largo del eje del anticlinal que aflora al NW.

- **Formación Santa**

Está representado por una serie de 120 mts. de calizas, lutitas azul grisáceas, y ocasionales nódulos de chert. Aflora al Oeste y Norte.

- **Formación Carhuaz**

Es una alternancia de areniscas finas y lutitas marrón amarillento y una capa superior de arenisca de grano fino y color rojo brillante. Su potencia es de 600 mts.

- **Formación Farrat:**
Representado por areniscas blancas con estratificaciones cruzadas, 20 a 50 mts. de espesor.
- **Formación Pariahuanca:**
Formado por un paquete de 50 mts. de espesor consistente en calizas grises; afloran al NE
- **Formación Chulec**
Consta de 200 mts. de margas, lutitas y calizas en característica estratificación delgada, que en superficie intemperizada tiene una coloración marrón amarillento.
- **Formación Pariatambo**
Constituido por lutitas negras carbonosas y caliza bituminosa plegadas.
- **Formación Jumasha**
Potente secuencia de calizas gris claro en superficie intemperizada y gris oscuro en fractura fresca. Constituye la mayor unidad calcárea del Perú Central.
- **Formación Celendín**
Es una alternancia de calizas margosas, margas blancas y lutitas calcáreas nodulares marrón, que sobre yacen concordantemente al Jumasha.
- **Formación Casapalca**
Sobre yace ligeramente discordante sobre el Celendin y está constituido por lutitas, areniscas y conglomerados rojizos, con ocasionales horizontes lenticulares de calizas grises.

3.2.4.2 Geología local

Mallay es un depósito hidrotermal del tipo reemplazamiento y relleno de fracturas con mineralización de Zn-Pb-Ag y Ag-Au. Las zonas mineralizadas comprenden de tres (3) partes:

- Reemplazamiento y relleno en las areniscas cuarzosas del Farrat en contacto con las calizas del Pariahuanca (Isguiz Norte) reemplazamiento en skarn distal (Isguiz Sur).



Relleno de vetas con valores considerables de plata (presencia de freibergita-tetraedrita).

Mineralización de Ag-Au dentro de las calizas en un ambiente de skarn, la mayoría de las vetas tiene un ancho promedio entre 0.40 m a 2.30 m (en el caso de Isguiz Sur, vetas de los sistemas María y Denisse) y muy pocas entre 2.50 m a 8.30 m

La mineralización está como reemplazamiento y relleno en areniscas/skarn y en vetas del tipo de relleno de fractura (vetas del sistema María, Dana e Iris). Minerales de Mena: Galena, esfalerita, tetraedrita, freibergita, calcopirita, estibina; en las calizas Jumasha se tiene oro libre según estudios y están asociados a teluros.

3.2.4.2.1 Los minerales de Ganga

Pirita, cuarzo, calcita, arsenopirita, pirrotita y cuarzo.

La geología de la Unidad Mallay, en el sector de Isguiz, afloran las formaciones Carhuaz, Farrat, suprayaciendo se encuentra la formación Pariahuanca, pero en sí, su comportamiento mineralógico está emplazado en el contacto entre las areniscas de la Formación Farrat y las calizas de la Formación Pariahuanca.

En el contacto las areniscas en superficie, son cuarzosas de una coloración marrón clara, intercalan delgados niveles de lutitas grises, que en ocasiones presentan insipiente diseminación de pirita diseminada, para luego pasar a las calizas gris oscuras que presentan fuerte fractura miento y oxidación de la roca encajonante.

En la toma de datos geológicos se consideró los afloramientos, bajar sus trazas a los diferentes niveles de la operación, para luego hacer el correspondiente mapeo de nivel a nivel, considerando las leyes a tratar para el estudio de Zona miento.



Era	Sistema	Serie	Unidad estratigráfica	Símbolo	Pot. (m)	Descripción litológica
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno (reciente)	Depósitos Aluviales Recientes	Qr-a	15	Acumulación de gravas redondeadas, limos y arcillas, no consolidadas.
			Depósitos Coluviales	Qr-co	6	Materiales rocosos de diverso tamaño pero de litología homogénea incluidos en una matriz limo-arcillosa o limo-arenosa.
		Pleistoceno	Depósitos Aluviales Antiguos	Qp-a	100	Conglomerados semiconsolidados de gravas subredondeadas de tamaño variado, con algunos horizontes arenosos con estratificación cruzada.
			Depósitos Glaciares	Qp-g	30	Acumulaciones de gravas de tamaño variable y de formas angulosas a subangulosas. También limos, arenas y gravilla de origen glaciar.
MESOZOICO	TERCIARIO	Inferior	Volcánicos Calipuy	KTi-vca	2 000	Lavas andesíticas, piroclastos gruesos, tufos finamente laminados, riolitas, dacitas y basaltos.
	CRETÁCEO	Superior	Formación Jumasha	Ks-j	1 200	Calizas grises estratificadas en capas medianas y gruesas; subordinadamente niveles delgados de margas y lutitas gris amarillentas.
			Formación Pariatambo	Ki-pt	100	Margas de color marrón oscuro o gris y lutitas negras bituminosas con intercalaciones de calizas nodulares.
		Inferior	Formación Chulec	Ki-ch	200	Bancos de margas con capas delgadas de calizas; intercalados ocurren horizontes delgados de lutitas. Color de la secuencia azul grisáceo.
			Formación Pariahuanca	Ki-ph	50	Calizas masivas intemperizadas, de color gris, depositadas en capas medianas.
			Formación Farrat	Ki-f	50	Areniscas cuarcíticas, deleznales, de color blanco a grises; intercaladas ocurren delgadas capas de lutitas grises y conglomerados finos cuarzosos.
			Formación Carhuáz	Ki-ca	600	Secuencia de areniscas y lutitas marrones a grises: Las areniscas son de grano fino y estratificación delgada: Las lutitas se hallan finamente estratificadas.
			Formación Santa	Ki-sa	150	Calizas azulas o grises, finamente estratificadas, con algunos horizontes de margas y calizas negras fosilíferas.
			Formación Chimú	Ki-chim	700	Secuencia de cuarcitas blancas a pardas, en bancos macizos, con frecuentes intercalaciones de lutitas negras, limolitas y mantos de carbón.

Figura 6 — Geología local unidad minera Mallay

3.2.4.3 Geología económica

En la unidad minera Mallay, los productos principales son los concentrados de Ag, Pb y Zn, actualmente su producción se ha reducido a 250 tn diarias de mineral

La unidad minera Mallay es subterráneo del tipo convencional, el método de minado aplicado en la explotación de los tajeos es del tipo “realce” debido a la calidad de roca que es del tipo regular y varía de 40 a 60 la RMR. Actualmente no están desarrollando labores de avance.

En 2016, se ejecutaron 9,651 metros en labores mineras de exploración y desarrollo, 21,859 metros de sondajes diamantinos, que fueron focalizados en las estructuras de la veta/cuerpo Isguiz, vetas de los sistemas María, Dana, Pierina y Nicole, este último sistema dentro de las calizas Jumasha. Las reservas minerales al 31 de diciembre 2016 totalizaron 162,125 TMS, con 9.20 oz/t de plata, 0.015 oz/t de oro (0.472 g/t), 4.65% de plomo y 7.69% de zinc, que representan 1,491,655 onzas de plata, 2,459 onzas de oro, 7,542 TM de plomo y 12,473 TM de zinc, contenidas en el cuerpo Isguiz y en los sistemas María, Dana y veta Pierina.

Los recursos minerales medidos e indicados totalizaron 169,003 TMS con 9.64 oz/t de plata, 0.017 oz/t de oro (0.541 g/t), 5.10% de plomo y 13.56% de zinc, que contienen 1,629,205 onzas de plata, 2,937 onzas de oro, 8,617 TM de plomo y 9,467 TM de zinc.

Los recursos inferidos de Mallay son 48,788 TMS con 10.66 oz/t de plata, 0.020 oz/t de oro (0.607 g/t), 5.00% de plomo y 6.90% de zinc. Mallay actualmente, definió recursos minerales de plata, plomo y zinc en vetas con mayor potencia que la observada en niveles superiores y que sustenta el proyecto de profundización de la mina hasta el nivel 3890, estableciendo dos niveles a cada 100 metros.

Las exploraciones distritales han identificado un nuevo target de exploración a 5 kilómetros al oeste del área de operaciones. Yace en areniscas y cuarcitas cretácicas relacionadas a una caldera, con indicaciones de mineralización de oro y plata.

Durante 2017 se definirá con un programa de perforación diamantina. El incremento de tonelaje de 29% respecto al año anterior, ha sido el logro más importante de la planta de procesos de Mallay, este incremento ha permitido incrementar la producción de onzas de plata en 27% y una disminución significativa de los costos de producción.



3.2.4.4 Estratigrafía

El aspecto estructural es de suma importancia en la mina Mallay la génesis del yacimiento de Mallay está relacionado a una estructura geológica principal de nuestros Andes, evidenciada por los cuerpos intrusivos de Raura, Uchucchacua, Chungar, Morococha y otros.

Es también evidente que esta actividad magmática ha traído consigo la formación de yacimientos minerales importantes. Al respecto, conviene anotar que la composición de las rocas intrusivas encontradas en mallay son de acidez intermedia, similar a la de tantos otros intrusivos relacionados con yacimientos minerales en el Perú”. Las principales estructuras son del sistema NE - SW y las tensionales son del sistema EW y NW - SE.

3.2.4.5 Estructurales

a) Plegamiento

Las unidades lito estratigráficas descritas conforman estructuralmente un monoclinal con rumbo promedio N 25° W y buzamientos entre 30° y 45° al SW. Pliegues de algunas decenas de centímetros se aprecia ocasionalmente al techo de la Unidad Chicharrón por su cercanía al potente sills de pórfido andesítico

b) Fallamiento

La estructura monoclinal está afectada por tres importantes sistemas de fallas locales:

- Sistema de fallas rumbo N 25-45° E buzamiento entre 75° y 90° SE.
- Sistema de fallas rumbo N 5-10° W y buzamiento de 65° NE.
- Sistema de fallas WNN-ESE a EW y buzamientos entre 60° y 90° NE.



3.3 Marco conceptual

El método de explotación por Taladros Largos en vetas angostas (Bench and Fill), tal como puede traducirse literalmente, genera espacios abiertos por derribo entre subniveles, para este caso son aberturas de 8 a 12 metros entre el piso del nivel superior y el piso del nivel inferior, por lo que existe el riesgo de caída de personas a distinto nivel, descrito en el actual Reglamento de Seguridad Minera, D.S. 024-2016 EM. Para este caso, existen controles blandos preventivos como la señalización de advertencia a través de letreros en los pisos superiores, el cual nos indica el riesgo de caída; también existen señales prohibitivas a través de bloqueos sistemáticos como es la colocación de mallas en el nivel superior para evitar el paso del personal al espacio vacío y, finalmente existe el último control que es el uso de EPP, para este caso del arnés y las líneas de vida; el cual debe estar instalado de manera sistemática en todos los tajos para que el personal de perforación, voladura y/o supervisión los use cuando realizan sus respectivos trabajos.

Como primera recomendación es que todo el personal asignado debe elaborar el IPERC con actitud preventiva y proactiva en el mismo lugar de trabajo, identificar los riesgos a los que están expuesto ellos y los visitantes, seguidamente se deben eliminar las condiciones subestándares encontrados y, finalmente el supervisor debe tener la capacidad de revisar el documento y verificar in situ para luego dejar una recomendación escrita y liberar la zona de trabajo, indicando de esta manera que no existe riesgo de accidentarse en las labores de explotación por Taladros Largos.

La gestión de la seguridad en tajeo por subniveles con taladros largos es eficaz: el tiempo y la cantidad de personal y equipos expuestos a condiciones inseguras que produzcan accidentes en la etapa de explotación es menor que en otros métodos.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

El criterio empleado en la redacción de esta tesis es para establecer el tipo de investigación, por ende, el tipo de investigación es de carácter aplicativo en la unidad minara Mallay

Para la realización de este proyecto se aplicó el tipo de investigación Aplicada experimental, ya que durante la aplicación de un caso piloto se sabrá si es conveniente o no su implementación de taladros largos para mejorar la producción.

La investigación también es de tipo correlacional porque relaciona las variables de estudio, considerando las variables dependientes e independientes formuladas en la matriz de operacionalización de variables.

El estudio se ha realizado con un nivel descriptivo, analizando todos los, parámetros cuantitativas y cualitativas de las actividades observadas y la aplicación de taladros largos para el incremento de producción.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Método de la investigación

para la investigación de dicho trabajo se efectuará el método inductivo – deductivo

El desarrollo de la presente tesis se realizó con la siguiente metodología:

- Formulación de la hipótesis.
- Selección de variables independientes y dependiente adecuadas.
- Control de las variables extrañas.
- Manipulación de la variable independiente y registro de la variable dependiente.
- Análisis de varianza producida en la variable dependiente o variable de análisis
- Inferencia de las relaciones entre las variables independientes y dependientes.



- El diseño descriptivo simple es la observación de la muestra o de la población.



4.2.2 Diseño de investigación

La viabilidad de la implementación del método de explotación en estudio se centra en analizar cuál es el nivel o estado de las diversas variables estructurales que actuaran en el comportamiento de la estabilidad del macizo rocoso y con ello ver el comportamiento de la dilución estructural y operativo, así como la intersección de cada variable económica en el comportamiento de los índices de rentabilidad, por ello el diseño apropiado para este proyecto, bajo un enfoque descriptivo y aplicativo Por las características de los tipos de datos recopilados con el diseño cuantitativo.

En base a los resultados recogidos se realizará un análisis sistemático del problema, recogiendo datos de observación directa de campo.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población está representada por la minera Mallay, el yacimiento conocido como la veta isguiz, en el cual se estudió la aplicación de taladros largos en vetas angostas como una forma de explotación para mejorar la producción, frente al método de corte y relleno ascendente, que no contribuye a incrementar la producción. La población en estudio entre los tiempos de trabajo que realiza la aplicación de taladros largos en vetas angostas y el volumen roto se considera una población infinita. Los cuales conforman la población en estudio, cada zona es independiente una de la otra.

4.3.2 Muestra

Se realizó el estudio en el NV.4200 con la aplicación de taladros largos en la veta isguiz en el Sn 1920 tajo 1920-2 donde las características y parámetros de del yacimiento prestan para su aplicación de tal método

4.4 Procedimiento

El presente trabajo de investigación se desarrolla en varias etapas la cual detallamos de la siguiente forma:

Paso 1

Recolección de datos de observaciones directas, libretas de campo

Paso 2

Reconocimiento en campo de las características físicas del cuerpo mineralizado

Paso 3

Estudio de la calidad del macizo roso rocoso con el método GSI

Paso 4

Análisis del tiempo del ciclo de minado aplicando taladros largos

Paso 5

Cálculo de la variación de producción de volumen roto para su aplicación del método sugerido

4.5 Técnica e instrumentos

4.5.1 Técnicas

Las técnicas utilizadas para este trabajo de investigación se basaron en los parámetros físicos del cuerpo mineralizado y características geocanicas del mineral y las cajas para su aplicación de taladros largos los cuales son evaluados para su aplicación de dicho método para el incremento de la producción.

4.5.2 Instrumentos

Los instrumentos usados en este trabajo de investigación es el mapeo geomecánica tomados por la empresa por área de departamento geomecánica para dar a conocer sobre los estándares y parámetros de operaciones unitarias del ciclo de minado

4.6 Análisis estadístico

Toda la información recopilada se llevó a una base de datos en la hoja de cálculo MS Excel en la cual se procesó toda la información en forma cuantitativa, de esta forma se obtiene tablas de producción diaria del método de taladros largos en vetas angostas,



variación de producción y otros indicadores, así mismo se determinó el cambio de del ciclo de minado.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Análisis técnico operacional

El presente estudio consiste en determinar en la variación de los ciclos de minado de la operaciones unitarias respecto del método de aplicación de taladros largos en cuerpos angostas que son datos experimentales que se obtuvo durante la investigación, los cuales están conformados con el tiempo de variación de los ciclos de minado, incremento de producción y productividad y el enfoque principal de este método está en el resultados de la valoración de las condiciones geomecánicas de las rocas encajonantes que son muy competentes y la utilización de la perforadora Naustilos psa y versatilidad en el uso y manejo, de este proceso operativo se presenta los cálculos para su cuantificación y valoración según sea el caso.

El proceso y la metodología se muestran en el flujograma de secuencia como se observa.

- Desarrollo del proyecto con un nuevo enfoque preliminar.
- Acumulación de información y datos.
- Proceso de implementación de taladros largos.
- Planificación y aplicación de taladros largos.
- Evaluación económica para la aplicación de taladros largos.
- Enfoque comparativo de la producción por los métodos de taladros largos y corte relleno ascendente.

5.1.1.1 El nuevo enfoque para el desarrollo del proyecto

En la mina Mallay en uno de los niveles (4200), se realizó la identificación del sub nivel 1920 conocido como la “Veta Isguiz” se realizó la inspección y estudio geomecánica y geológico de manera preliminar, por lo cual se dieron a conocer características del macizo



rocoso y el tipo de mineralización con esa información obtenida se pasó a realizar el diseño del block mineralizado. Entonces con los resultados obtenidos del enfoque preliminar pasamos a desarrollar las operaciones unitarias son las siguientes: Perforación, voladura, limpieza, acarreo, transporte. Como también verificar los servicios auxiliares (agua, aire, ventilación) para garantizar la continuidad permanente y eficaz de toda las actividaes.

5.1.1.2 Evaluación técnica de la aplicación del método de explotación con taladros largos

Se realizo el análisis técnico de todas las actividades unitarias, realizados durante el proceso de minado, también se realizó un comparativo de las operaciones unitarias entre los dos métodos, el Corte Relleno Ascendente Convencional y Método de Explotación con Taladros Largos en vetas angostas, para tener el resultado más optima

Tabla 9 — Características físicas de un block

Longitud del block perforado	24 mts
Potencia de la veta	3 mts
Altura del banco	10 mts
Densidad del material	3.1 m3
Numero de taladros perforados	120 tal
Metros perforados	1200 mts

Tabla 10 — Costo de perforación por block

Material	Vida útil (metros)	Costo \$	unidades	Sub total \$
Barras t 38 1.20 mt	480 mts	120	2	240
Brocas 64 mm	45 mts	89	17	1513
Shank adapter	500 mts	171	2	342
Tubo guía 1.2 metros	400 mts	210	2	420
Rimador de 127 mm	90 mts	190	1	190
Costo de perforacin/block				2705

En la tabla demostramos el cálculo del costo de perforación con el equipo Naustilos psa para un block de 24 metros de longitud y una altura de 10 metros para veta prendió 2.5 a 3 metros de ancho en donde el costo de perforación seria 2705 \$

5.1.1.3 Descripción del método de explotación con taladros largos en vetas angostas

Este método se aplica cuando las vetas tienen un buzamiento mayor a 50° y la calidad de roca de las cajas permiten el minado con una dilución dentro del rango planificado. El factor de dilución operacional promedio está en el rango de 8 - 10 %.

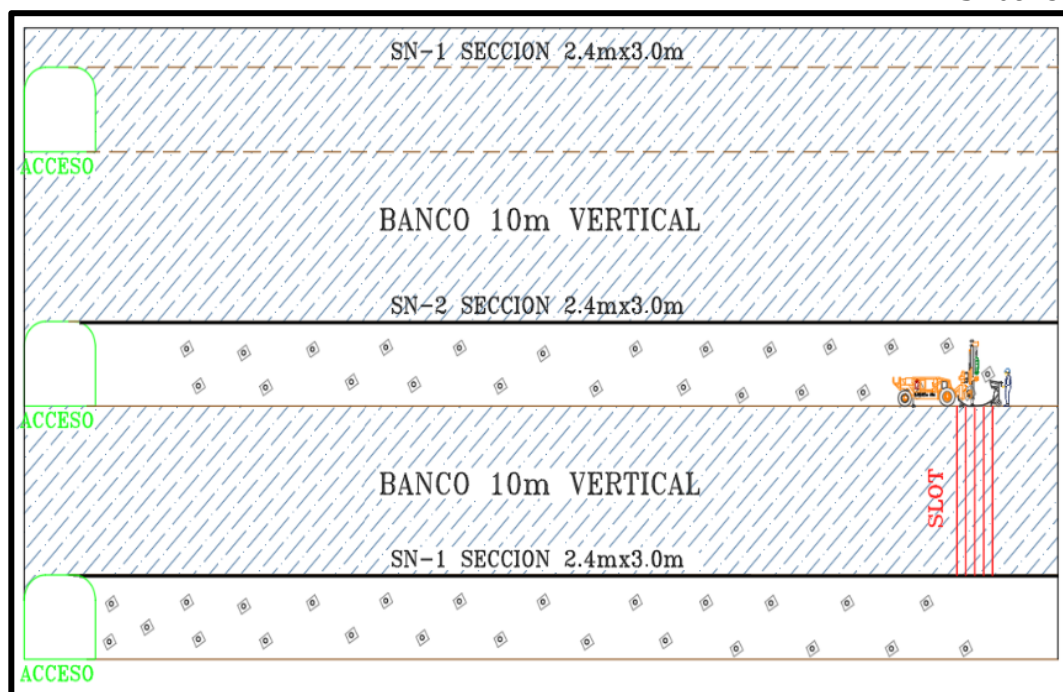


Figura 7 — Esquema de representación de los subniveles

En la figura se muestra la forma ideal de cómo se desarrolla este método de taladros largos generando bancos por diferentes subniveles para su explotación del cuerpo mineralizado

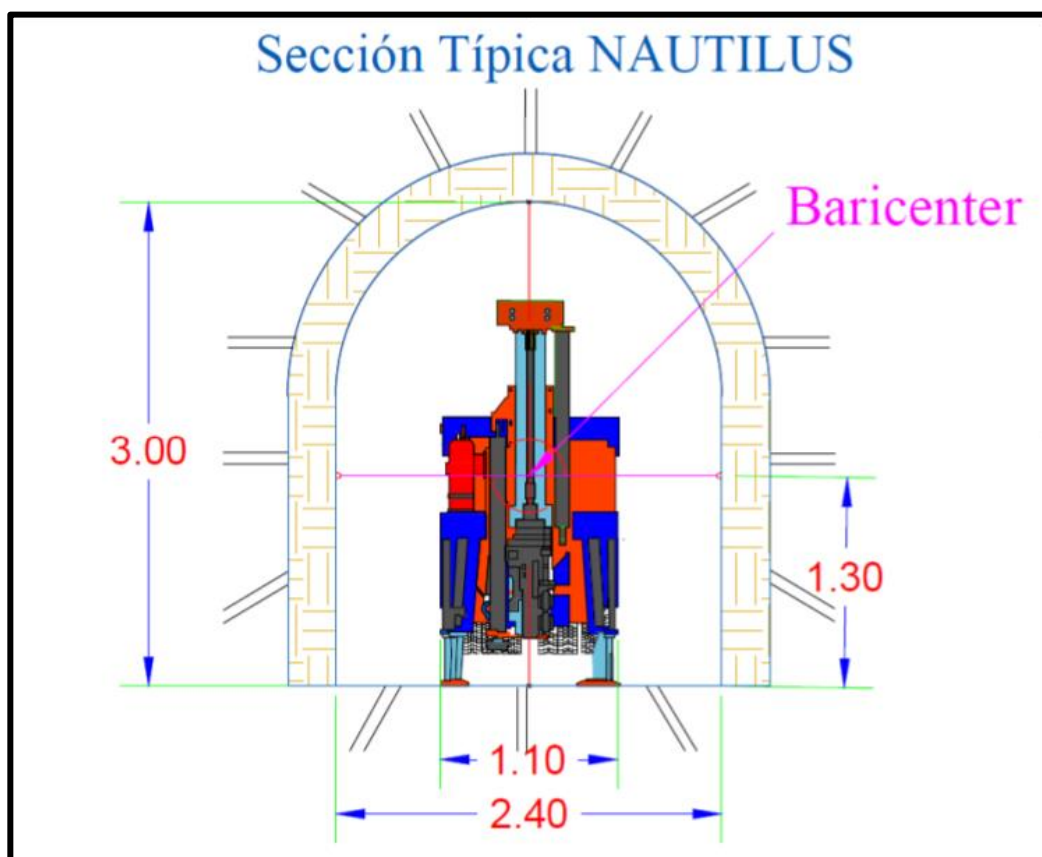
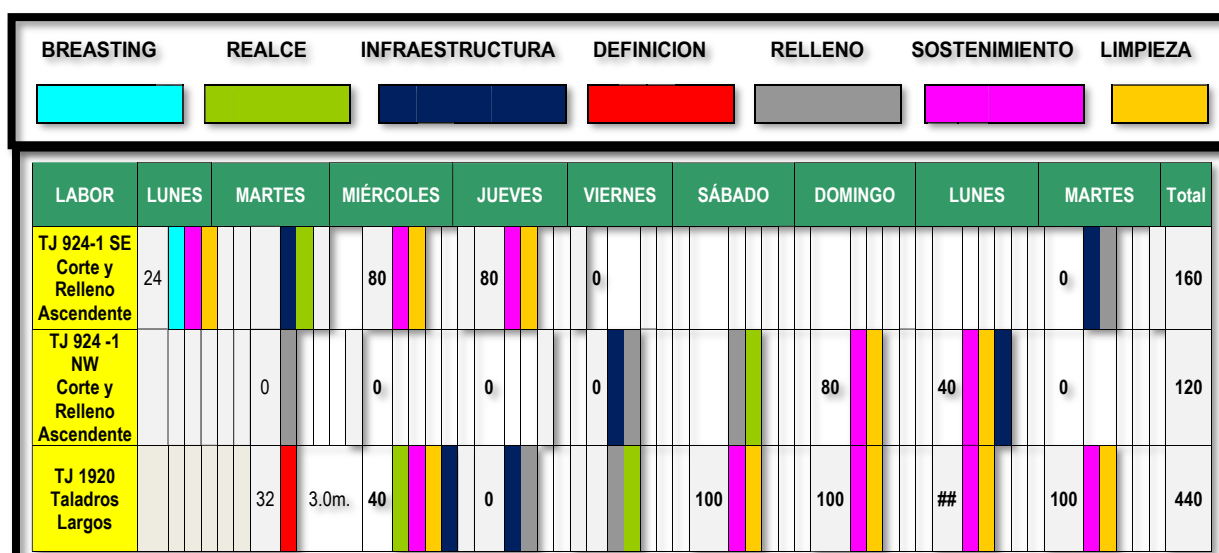


Figura 8 — Características de la perforadora Nautilus psa

5.1.1.4 Programación del método de taladros largos

En la unidad minera la implementación de método de taladros largos en vetas angostas es una de las implementaciones para poder sostener la producción para el abastecimiento a la planta procesadora, en tal caso para nuestro análisis de cómo influye en la producción vamos tomar un caso particular de cómo se trabaja por guardia de acumulación de mineral progresiva para nuestra evaluación



FUENTE: Área de operaciones mina Mallay

Figura 9 — Avance por mes del trabajo programado y ejecutado

De la tabla se muestra el comportamiento de las operaciones unitarias del ciclo de minado un cuadro comparativo del método de taladros largos en vetas angostas el ejemplo que tomamos es block 1920 al pasar 9 días se produjo 440 toneladas. Con el método de corte y relleno ascendente, teniendo esta tabla y poniendo como ejemplo al tajo 924 - 1 del nivel 4310 en 9 días se produjo 120 toneladas, por lo tanto, se ve la diferencia de producción por ambos métodos

5.1.1.5 Avances programados y ejecutados del método de taladros largos

En la unidad minera Mallay tenemos una programación de avance programado el cual tiene que ser ejecutado el cual en el siguiente cuadro mostramos la producción total guardia de la mina Mallay

Tabla 11 — Acumulación Producción por guardia de un mes

FECHA	GUARDIA	TONELAJE	FECHA	GUARDIA	TONELAJE
1-Jul	DIA	320	16-Jul	DIA	310
	NOCHE	280		NOCHE	290
2-Jul	DIA	300	17-Jul	DIA	300
	NOCHE	300		NOCHE	300
3-Jul	DIA	310	18-Jul	DIA	310
	NOCHE	290		NOCHE	290
4-Jul	DIA	270	19-Jul	DIA	300
	NOCHE	330		NOCHE	300
5-Jul	DIA	290	20-Jul	DIA	310
	NOCHE	310		NOCHE	290
6-Jul	DIA	300	21-Jul	DIA	300
	NOCHE	300		NOCHE	290
7-Jul	DIA	290	22-Jul	DIA	300
	NOCHE	320		NOCHE	300
8-Jul	DIA	300	23-Jul	DIA	300
	NOCHE	300		NOCHE	300
9-Jul	DIA	300	24-Jul	DIA	310
	NOCHE	300		NOCHE	300
10-Jul	DIA	280	25-Jul	DIA	310
	NOCHE	310		NOCHE	300
11-Jul	DIA	300	26-Jul	DIA	310
	NOCHE	290		NOCHE	300
12-Jul	DIA	270	27-Jul	DIA	290
	NOCHE	330		NOCHE	300
13-Jul	DIA	290	28-Jul	DIA	310
	NOCHE	310		NOCHE	300
14-Jul	DIA	300	29-Jul	DIA	300
	NOCHE	300		NOCHE	310
15-Jul	DIA	310	30-Jul	DIA	290
	NOCHE	290		NOCHE	300
				TOTAL	16830
FUENTE: Área de operación mina Mallay					

La capacidad de la planta procesadora de Mallay es de 600 toneladas por días lo cual indica que producción por guardia es de 300 toneladas como mínimo en este cuadro mostramos la información de producción de todos los días del mes julio del año 2017se muestra la eficiencia de producción

teniendo un acumulado total 16830 toneladas, con una acumulación de 30 toneladas sobrantes

Tabla 12 — Cuadro de producción por semana

TOTAL SEMANA 1	4210 Toneladas
TOTAL SEMANA 2	4180 toneladas
TOTAL SEMANA 3	4190 toneladas
TOTAL SEMANA 4	4250 Toneladas

En el cuadro observamos la producción por cada semana, con este resultado demostramos la constante de producción que garantiza la alimentación a la planta concentradora sin deficiencia alguna

5.1.1.6 Cumplimiento del avance programado y ejecutado

Refleja el resultado de la aplicación de este método de taladros largos en vetas angostas de como varia la ejecución en análisis del nivel económico se genera la suficiente rentabilidad para su aplicación como un nuevo método implementado para extracción del mineral

Tabla 13 — Comparación del avance acumulado por ambos métodos

Programado/ejecutado	
REPORTE DE AVANCE POR NIVELES – ACUMULADO	
Nivel.	% Cumplimiento de lo programado
4310	89.40%
4250	40.86%
4200	47.32%
4150	87.19%
4090	53.38%
FUENTE: Área de operación mina Mallay	

5.1.1.7 Ventajas del método taladros largos en vetas angostas

Se observa de la tabla 15 que en el nivel 4200 donde se aplica el método de taladros largos a comparación de los demás niveles que se desarrolla por el método de corte y relleno en forma ascendente hemos ejecutado lo programado a 47.32% el cual garantiza la producción del mineral, porque hay que tener consideración que hay mayor movimiento de volumen roto

5.1.1.8 Parámetros del método de taladros largos

Los parámetros son las condiciones dentro de la labor minera que están sujetos, todo el ciclo de minado el cual repercute entre lo programado y ejecutado las cuales reflejan en la ejecución de tal método de explotación.

Tabla 14 — Datos del Block

LABOR	Ancho de veta	Longitud de perforación	Diámetro de taladro	B	E	Longitud de veta	Densidad del mineral	Densidad del Anfo	Emulsión 65%	Masa emulsion Kg/cartucho
Nv 420Block 1920 - 2	3 m	10 m	64 mm	0.8 m	1 m	25	3.10 Tn/m ³	800 kg/m ³	1 1/2 12	0.391

En este caso vamos hacer un cálculo matemático de nuestro Block 1920 – 2 con los datos que se tiene en la tabla 15

Calculamos número de taladros

Primero: número de taladros al ancho de la labor

$$N^{\circ} \text{ taladros ancho} = \frac{\text{ancho de veta}}{\text{espaciado}}$$

$$N^{\circ} \text{ taladros largo} = \frac{\text{longitud de la veta}}{\text{burden}}$$

Remplazando los datos tenemos

$$N^{\circ} \text{ taladros ancho} = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$N^{\circ} \text{ taladros ancho} = 3 \text{ Taladros}$$

En este caso se aumenta más uno porque las perforaciones se toman en el borde de la veta

$$N^{\circ} \text{ taladros ancho} = 3 \text{ Taladros} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ taladros ancho} = 4 \text{ Taladros}$$

Segundo: calculamos número de talador a lo largo de la veta

$$N^{\circ} \text{ taladros largo} = \frac{\text{longitud de la veta}}{\text{burden}}$$

Remplazando los datos tenemos

$$N^{\circ} \text{ taladros largo} = \frac{24 \text{ m}}{0.80 \text{ m}}$$

$$N^{\circ} \text{ taladros largo} = 30 \text{ Taladros}$$

N° Taladros del block

$$N^{\circ} \text{ Taladros del block} = N^{\circ} \text{ taladros largo} * N^{\circ} \text{ taladros ancho}$$

Remplazando los datos tenemos

$$N^{\circ} \text{ Taladros del block} = 30 * 4$$

$$\mathbf{N^{\circ} \text{ Taladros del block} = 120 \text{ taladros}}$$

Tercero: calculamos el volumen del mineral

Volumen del mineral

$$= \text{ancho veta} * \text{longitud veta} * \text{longitud taladro}$$

Remplazando los datos tenemos

$$\text{Volumen del mineral} = 3 \text{ m} * 24 \text{ m} * 10 \text{ m}$$

$$\text{Volumen del mineral} = 3 \text{ m} * 24 \text{ m} * 10 \text{ m}$$

$$\mathbf{\text{Volumen del mineral} = 720 \text{ m}^3}$$

Cuarto: calculamos el peso del mineral

$$\text{peso de mineral} = \text{densidad del mineral} * \text{volumen del mineral}$$

Remplazando los datos tenemos

$$\text{peso de mineral} = 3.10 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3} * 720 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{\text{peso de mineral} = 2232 \text{ Tn}}$$

Quinto: para hallar el factor de carga nos guiamos con la figura número 3 en donde se muestra el carguío del taladro con Emulsión y Anfo en el block 1920 – 2, en el cual se especifica que se utiliza 3 cartuchos de Emulsión 65% 11/2 12 pulgadas y Anfo a granel 2.40 metros por tres veces

$$\mathbf{\text{Factor de carga} = \frac{\text{peso del explosivo}}{\text{volumen del mineral}}}$$

Primero para el Anfo calculamos el volumen de anfo que se va utilizar en un taladro



$$\text{volumen del anfo} = \pi * \text{radio}^2 * \text{altura}$$

$$\text{volumen del anfo} = \pi * (0.032\text{m})^2 * 2.40\text{m} * 3$$

$$\text{volumen del anfo} = 3.1416 * (0.032\text{m})^2 * 7.2\text{m} *$$

$$\text{volumen del anfo} = 0.023\text{m}^3/\text{taladro}$$

Calculamos la cantidad de anfo que se utiliza por taladro

$$\text{peso del } \frac{\text{anfo}}{\text{taladro}} = \text{densidad del anfo} * \text{volumen del anfo}$$

Remplazando los datos tenemos

$$\text{peso del anfo} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.023 \text{ m}^3$$

$$\text{peso del anfo} = 18.4 \text{ kg/taladro}$$

$$\text{peso del anfo total} = 18.4 \frac{\text{kg}}{\text{taladros}} * 120 \text{ taladros}$$

$$\text{peso del anfo total} = 2208\text{kg}$$

Factor de carga del anfo

$$\text{Factor de carga anfo} = \frac{2208 \text{ kg}}{720 \text{ m}^3}$$

$$\text{Factor de carga anfo} = \frac{2208 \text{ kg}}{720 \text{ m}^3}$$

$$\text{Factor de carga anfo} = 3.07 \text{ kg/m}^3$$

Sexto: calculamos el factor de potencia para el anfo

$$\text{Factor de potencia del anfo} = \frac{\text{peso del explosivo}}{\text{peso del mineral}}$$

Remplazando los datos tenemos

$$\text{Factor de potencia del anfo} = \frac{2208 \text{ kg}}{2232 \text{ tn}}$$

$$\text{Factor de potencia del anfo} = 0.99\text{kg/tn}$$

Calculamos factor de carga y factor de potencia para la Emulsión 65% de 1 ½ 12 cada cartucho como vemos en la figura numero 3 utilizamos



tres cartuchos por taladro en block 1920 -2, ya realizando la conversión en metros del radio del cartucho y la altura hallamos el del explosivo por cartucho

$$volumen\ de\ emulsion = \pi * radio^2 * altura$$

Remplazando los datos tenemos

$$volumen\ de\ emulsion = 3.1416 * (0.019m)^2 * 0.30m$$

$$volumen\ de\ emulsion = 3.1416 * (0.019m)^2 * 0.30m * 3$$

$$volumen\ de\ emulsion = 0.001\ m^3/taladro$$

$$volumen\ de\ emulsion\ block = 0.001 \frac{m^3}{taladro} * 120\ taladros$$

$$volumen\ de\ emulsion\ block = 0.12m^3$$

Calculamos el peso de la emulsión por taladro y luego por el block 1920 -2

$$peso\ de\ emulsion = 0.391 \frac{kg}{catucho} * 3catuchos/taladro$$

$$peso\ de\ emulsion = 0.391 \frac{kg}{catucho} * 3catuchos/taladro$$

$$peso\ de\ emulsion = 1.173\ kg/taladro$$

$$peso\ de\ emulsion\ del\ block = 1.173 \frac{kg}{taladro} * 120\ taladros$$

$$peso\ de\ emulsion\ del\ block = 1.173 \frac{kg}{taladro} * 120\ taladros$$

$$peso\ de\ emulsion\ del\ block = 1.173 \frac{kg}{taladro} * 120\ taladros$$

$$peso\ de\ emulsion\ del\ block = 140.76kg$$

Séptimo: calculamos factor de carga y factor de potencia de la emulsión

Remplazando los datos tenemos

$$factor\ de\ carga\ de\ la\ emulsion = \frac{140.76kg}{720\ m^3}$$



$$\text{factor de carga de la emulsion} = 0.196 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{factor de potencia de la emulsion} = \frac{140.76 \text{ kg}}{2232 \text{ tn}}$$

$$\text{factor de potencia de la emulsion} = 0.063 \text{ kg/tn}$$

5.2 Discusión

Luego de revisar los resultados del cumplimiento de los programas de producción de los meses que se vienen implementando el método de explotación por taladros largos en vetas angostas (Bench and Fill), y de haber supervisado los trabajos e infraestructura de la mina, puedo concluir que aún no se consolida dicho cumplimiento al 100%, debido a una serie de razones como se menciona:

Las condiciones operaciones de suministro de material condiciones de la propia labor en ejecución en donde las labores en desarrollo toman más tiempo

- La valoración de las condiciones geomecánicas
- Disponibilidad de la máquina perforadora para su operación
- Disponibilidad del material estéril para ejecutar el relleno detrítico
- Variación de los ciclos de minado

Los resultados operacionales aplicando taladros largos con la Nautilos psa realizados en siguiente estudio donde se ha calculado la variación del mineral esponjado que representa en el incremento de producción respecto de del método de Corte y relleno ascendente

En el presente trabajo de investigación se ha calculado la variación de producción por guardia y como mejora el enfoque de la productividad para la empresa el cual está enfocado en la minimización de costos en el uso de sostenimiento por el método adaptado de taladros largos en cuerpos regulares y uniformes con inclinaciones casi verticales en su gran mayoría de los casos

El equipo Nautilos psa por gran versatilidad en el traslado es desarmable por partes y no hay ninguna necesidad de realizar rampas para el ingreso a los sub niveles por medio de transporte es por el sistema de trakles.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Este método de explotación propuesto de taladros largos (Bench and Fill) a comparación del método corte y relleno ascendente, refleja el incremento de producción proyectados que se venía explotando con el método tradicional, con el método propuesto se explota

Para su determinación de su implementación se analizaron los estudios preliminares geomecánicos y geológicos. La ventaja económica en los métodos se realizó teniendo los mismos parámetros como: geometría del block, altura de block 10 m longitud 25 con potencia de 2.4 m definiendo un tiempo de explotación para el método de explotación.

El método de explotación ofrece un mayor dinamismo en el ciclo de operación en comparación del método corte y relleno ascendente así mismo se lograron identificar las operaciones unitarias con un mayor porcentaje de incidencia.

Extender el método de tajeo por taladros largos en vetas angostas, tomando mayor Información geológica usando sondajes con equipos cortos

6.2 Recomendaciones

El método de explotación por taladros largos presenta oportunidades d mejora, por el mismo hecho de su reducción de costos en su etapa de explotación, se recomienda seguir trabajando para poder reducir la variación del ciclo de las operaciones unitarias, lo cual se logrará realizando seguimientos en sus ciclos de operaciones.

Para los siguientes subniveles de explotación. Existen labores que no tenían centrada la veta en la galería, por lo que se recomienda excavar los subniveles teniendo en cuenta que la veta en lo posible debe quedar al centro de la galería, para facilitar la perforación de taladros largos.

Diseñar y ejecutar un sistema de drenaje por tajeos, que ayude a evacuar el agua de las labores y ayude a la estabilidad de las labores.

El equipo de perforación que se tiene trabajando es de dimensiones reducidas del mismo hecho de fabricación híbrida de modelo Nautilus PSA el cual remolcado con scoop para su movimiento a los subniveles. La ventaja es por su ingreso a labores reducidas de



sección 2.4 x 3.0 m. Se recomienda adquirir un equipo de taladros largos con motor diésel que permita su desplazamiento independiente



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APAZA, Arivilca. 2013. *Implementacion de Taladros Largos y Vetas Angostas para Determinar su Incidencia en la Productividad, Eficiencia y Seguridad de las operaciones mineras*. Pashsa mina Huaron S.A. Arequipa : Ed, UNSA, 2013.
- AQUINO, Meza Efrain Edgar. 2020. *Implementación del Método de Minado Bench and Fill*. Huancayo : s.n., 2020.
- BUSTAMANTE, Jose. 2018. *Optimización de la producción de los equipos de carguio y acarrero en Gold Fields la Cima S.A mediante la disminución de las demoras operativas más significativas*. Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.
- CALCINA, Edwin. 2018. *Diseño y Sostenimiento de Bypass 942 (Nivel 3340) para Optimizar la Seguridad de las Operaciones e la Mina Chipmo*. Arequipa : UNSAA, 2018.
- CALDERON, Jenrri. 2018. *Evaluación del Plan de Minado con Taladros Largos Para Incrementar la Productividad*. Trujillo : s.n., 2018.
- CARO, Zevallos Juan Carlos. 2021. *Diseño Óptimo de Taladros Largos para la Seguridad de los Tajeos Mediante la Estabilidad de Vetas Angostas*. Cerro de Pasco : s.n., 2021.
- COBBING, John. 1973. *Geologia de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho, Huaral y Canta*. Servicio de Geologia y Minería. Lima : s.n., 1973.
- DS N° 024-2016, MODF 2017. 2016. *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Lima : Distribuciones Gutierrez, 2016.
- GÓMEZ, René. 2017. *Una Opción Para el Paso a la Minería Subterránea Masiva*. Santiago : s.n., 2017.
- GONZALES, Vergara Marcial Roger. 2012. *Explotación de un Cuerpo Mineralizado por Subniveles con Taladros Largos en la Unidad de Producción de Uchuchacua*. Huancavelica : Ed. UNH., 2012.
- HERRERA, Herbert Juan. 2020. *Introducción a la Minería Subterránea*. Madrid : s.n., 2020.
- Hoek. 2006. Anexo c. Sistema GSI (Geological Strength Index). 2006.
- INGEMMET. 1983. *Geologia de los Cuadrangulos*. Lima : INGEMMET, 1983.
- JORQUERA, Villarroel Miguel Antonio. 2015. *Metodo de Explotación Bench and fill*. Santiago : s.n., 2015.



- LLANQUE, Maquera Vidal. 1999. *Explotación Subterranea, Metodos y Casos Practicos*. Puno : UNA, 1999.
- LOPEZ, Gimeno Carlos. 2017. *Manual de Perforación, Explosivos y Voladura. Mieneria y Obras Publicas*. Lima : s.n., 2017.
- MORAN, Montoya Jose Luis. 2009. *Analisis Tecnico y Economico Para Xxplotar por Taladros Largos*. Lima : s.n., 2009.
- ROSSEAU, Mario. 2017. *Incremento de la Producción Aplicando el Método de Explotación de Taladros Largos en la Unidad Minera San Cristobal Yauli-Junin*. Cusco : UNSAAC, 2017.
- SANTANA, Christian y Genaro Fernandez. 2016. *Aplicación de las Clasificaciones Geomecánicas*. 2016. pág. 39.
- SUÁREZ, Burgua Ludger O. 2014. *Estimación de la Variabilidad Mecánica de Placas de Roca por Ensayos no-Destructivos*. 2014. pág. 223.
- VILLARROEL, Miguel Antonio Jorquera. 2015. *Tesis: Método de Explotación Bench & Fill y su Aplicación en Minería Michilla*. Santiago : s.n., 2015. pág. 24.
- YAULIYACO. 2012. *Perforación y Voladura Taldros largos*. Lima : Los Quenuales, 2012.



ANEXOS



Anexo 1

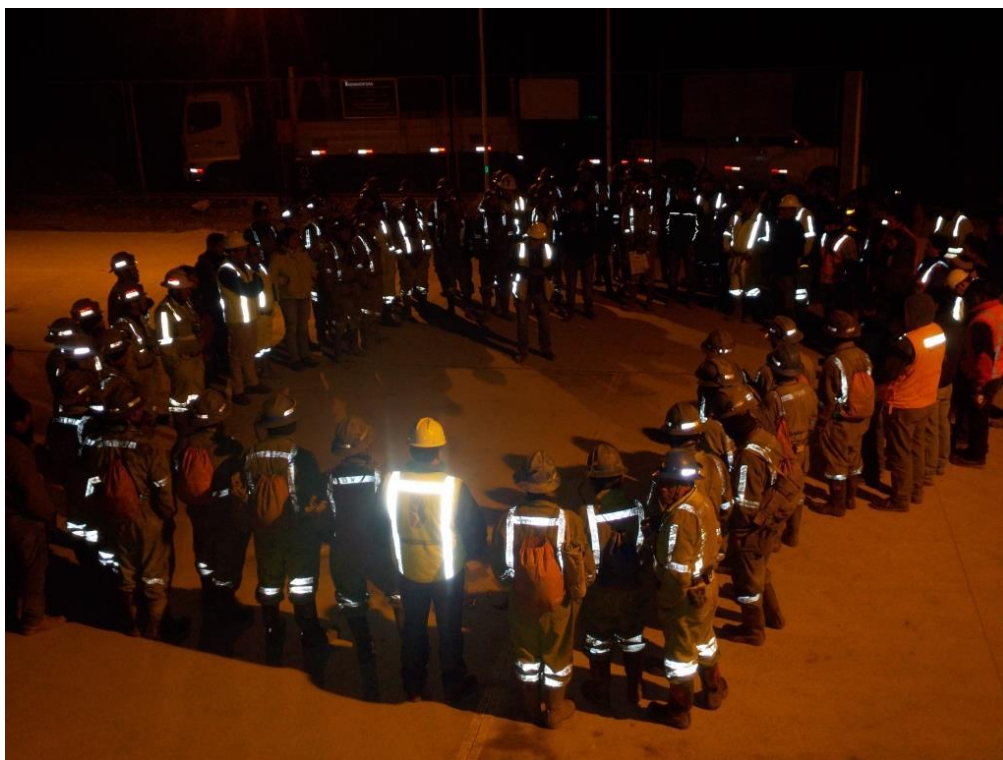


Figura 10 — Reparto de guardia turno noche



Figura 11 — Reparto de guardia turno día

ANEXO 2

Tabla 15 — Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/INDICADORES
GENERAL ¿De qué forma la aplicación de taladros largos en vetas angostas, con características geométricas tabulares mejorara la producción programada por guardia en la mina Mallay?	GENERAL Incrementar la producción aplicando un cambio de minado con taladros largos y respondiendo una producción programada, con un ciclo de operación regular y productiva en los bloques de vetas tabulares y potencias regulares.	GENERAL Aplicando un minado con taladros largos en vetas angostas mejoraremos la producción en bloque de vetas angostas de cajas tabulares y potencias regulares.	INDEPENDIENTE Aplicación de taladros largos en vetas angostas INDICADORES Eficiencia del método en estudio Planes Toneladas
ESPECÍFICOS ¿Cómo mejorar la productividad aplicando taladros largos con equipo (Jumbo Nautilus psa), en vetas angostas con cajas regulares? ¿Cuánto mejorara la los ciclos de minado de las operaciones unitarias en la producción con la aplicación de taladros largos?	ESPECÍFICOS Determinar la aplicación de los taladros largos en vetas angostas en la Mina Mallay. Garantizar la regularidad de los ciclos de minado de las operaciones unitarias.	ESPECÍFICOS Aplicando los taladros largos en vetas angostas con equipos (Jumbo Nautilus psa) mejoraremos la productividad en los bloques de potencias regulares. Aplicando los taladros largos garantizaremos la regularidad de las operaciones unitarias de minado en la producción.	DEPENDIENTES Incremento de la producción de la mina INDICADORES Toneladas Toneladas/hombre guardia Costos Precios Leyes de mineral