

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



**T E S I S**

**Control de perforación y voladura por tipo de terreno para el análisis  
de costos en la compañía minera Cerro Lindo – Nexa Resources**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Alexandra Luz SOLORZANO MIRANDA**

**Asesor:**

**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**

**Cerro de Pasco – Perú - 2024**

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



**T E S I S**

**Control de perforación y voladura por tipo de terreno para el análisis  
de costos en la compañía minera Cerro Lindo – Nexa Resources**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Vicente Cesar DAVILA CORDOVA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA**  
**MIEMBRO**



Firmado digitalmente por CONDOR  
SURICHACUI Santa Silvia FAU  
20154605046.scdf  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 04.08.2024 22:41:36 -05:00



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**Facultad de Ingeniería de Minas**  
**Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas**



## INFORME DE ORIGINALIDAD N° 033-2024

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

Presentado por:

**Bach. Alexandra Luz SOLORZANO MIRANDA**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:  
**Tesis**

Título del trabajo

**“Control de Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el  
Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa  
Resources”**

Asesor:

**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**

Índice de Similitud: **19 %**

Calificativo  
**APROBADO**

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

Cerro de Pasco, 4 de agosto de 2024.

Sello y Firma del responsable  
de la Unidad de Investigación

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con mucho amor,  
a mis Padres quienes me han dado la  
fortaleza para el cumplimiento de mis  
objetivos como profesional.

## **RECONOCIMIENTO**

Especial a los Ingenieros de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, que me han dado una enseñanza buena, la misma que me ha servido para mi formación profesional y desempeño del mismo en mi centro de labor y en mi vida profesional.

## RESUMEN

Situado en el distrito de Chavín, provincia de Chincha, departamento de Ica, el yacimiento de Cerro Lindo se encuentra a una altitud de 1820 metros sobre el nivel del mar, a 60 km de la costa.

La mina de polímero subterráneo produce plomo, zinc y cobre con contenido de plata utilizando el método de explotación de subniveles a través de un sistema de fajas transportadoras con su variante en stoping abierto.

El trabajo de investigación corresponde al Control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources; la recopilación de datos y los procedimientos de trabajo, así como la descripción del proceso de minado.

La investigación consta de cuatro capítulos como se detalla a continuación:

Capítulo I. Planteamiento del Problema de la Investigación.

Capitulo II. Marco Teórico en referencia a la Perforación y Voladura.

Capitulo III. Metodología y Técnicas de la Investigación.

Capitulo IV. Resultados y Discusión con respecto a los Tipos de Terreno.

El método conocido como retención de niveles inferiores implica cubicar los cuerpos mineralizados en forma de paralelepípedos para que sean minados de forma ascendente de acuerdo con un plan establecido en el Planeamiento de la Minera Cerro Lindo.

**Palabras claves:** Control de Perforación y Voladura, Tipos de Terreno, Análisis de Costos.

## **ABSTRACT**

The Cerro Lindo site is located in the district of Chavín, province of Chincha, department of Ica, 60 km from the coast at an altitude of 1820 meters above sea level.

Underground polymetallic mine that uses the sublevel exploitation method with its open stopping variant through a system of conveyor belts, obtaining a production of lead, zinc, and copper with silver content.

The research work corresponds to the Control of Drilling and Blasting by Type of Terrain for Cost Analysis in the Cerro Lindo Mining Company – Nexa Resources; The collection of data and work procedures, as well as the description of the mining method.

The research consists of four chapters as detailed below:

Chapter I. Statement of the Research Problem.

Chapter II. Theoretical Framework in reference to Drilling and Blasting.

Chapter III. Research Methodology and Techniques.

Chapter IV. Results and Discussion regarding Land Types.

The method is called Sublevel Stopping, which consists of cubing the mineralized bodies forming parallelepipeds to be mined in an ascending manner according to a program established in the Planning of the Cerro Lindo Mining.

**Keywords:** Drill and Blast Control, Types of Terrain, Cost Analysis.

## INTRODUCCION

La tecnología en las operaciones mineras, se dan para automatizar el sistema de explotación, adecuar el método de minado con la finalidad de incrementar o mejorar la producción en la mina aplicando estrategias de la mano con la tecnología, para que los trabajos en la minería subterránea, se mecanicen en todas las áreas. La minera Cerro lindo no es ajena a la aplicación de estas tecnologías ya que es en la actualidad la mina subterránea mecanizada con mayor producción de mineral en todo el Perú, utilizando el método de explotación masivo como lo es el Sublevel Stopping.

Al respecto, se instalaron sistemas de tratamiento y recuperación del agua, y se implementó tecnología que permite reciclar y recircular el agua utilizada en un 100%. del agua de mar que permiten reciclar y reutilizar las aguas dentro de la operación minera.

Con el Método de Explotación se van generando los paralelepípedos que se formaban de tal manera que el diseño principal era crear una cruz o una "T" para cada tajo tanto en la parte superior como en la inferior, lo que facilitaba el control de la perforación para determinar sus costos en cada proceso de avance de la mina Cerro Lindo.

## ÍNDICE

**Página.**

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	2
1.2.1.	Geología regional .....	2
1.2.2.	Geología Local .....	15
1.3.	Formulación del problema.....	19
1.3.1.	Problema general .....	19
1.3.2.	Problemas Específicos.....	20
1.4.	Formulación de Objetivos .....	20
1.4.1.	Objetivo general .....	20
1.4.2.	Objetivos específicos.....	20
1.5.	Justificación de la investigación.....	20
1.6.	Limitaciones de la Investigación .....	21

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de Estudio.....	22
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	25
2.3.	Definición de términos .....	31
2.4.	Formulación de hipótesis.....	35
2.4.1.	Hipótesis general .....	35

2.4.2.	Hipótesis específicas .....	35
2.5.	Identificación de las Variables .....	35
2.5.1.	Variable Independiente:.....	35
2.5.2.	Variable Dependiente: .....	35
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	36

### CAPITULO III

#### METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación .....	37
3.2.	Nivel de Investigación.....	37
3.3.	Método de la Investigación. ....	38
3.4.	Diseño de la Investigación.....	38
3.5.	Población y muestras.....	38
3.5.1.	Población .....	38
3.5.2.	Muestra .....	38
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	38
3.6.1.	Técnicas.....	38
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	39
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	39
3.8.	Tratamiento estadístico de datos .....	39
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica ( .....	40

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Trabajo de Campo. ....	41
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	49
4.3.	Prueba de Hipótesis .....	51
4.4.	Discusión de resultados .....	52

#### CONCLUSIONES

#### RECOMENDACIONES

#### BIBLIOGRAFÍA

#### ANEXOS

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	<b>Página.</b>
Ilustración 1. Compañía Minera Cerro Lindo - Nexa.....	2
Ilustración 2. Esquema Geológico Regional.....	5
Ilustración 3. Columna Estratigráfica.....	15
Ilustración 4. A) Dioritas, B) Gabrodioritas - horblenditas.....	17
Ilustración 5. A) afloramiento de intrusivos graníticos (Qda. Gallo Rumi);.....	18
Ilustración 6. A) Vista panorámica al este, donde se muestra afloramientos de intrusivos granodioritas-tonalitas de grano medio y edad más reciente. B) Muestra de mano de granodiorita-tonalita grano medio. ....	19
Ilustración 7. Tabla geomecánica de la mina Cerro Lindo.....	27
Ilustración 8. Equipo perforación frontonero.....	28
Ilustración 9. Frente cargado y amarrado.....	29
Ilustración 10. Desatador Mecánico.....	30
Ilustración 11. Scooptram para limpieza de frentes.....	30
Ilustración 12. Aplicación de la voladura de Pre-corte en Sublevel Stopping.....	41
Ilustración 13. Aplicación de la voladura de Pre - corte en Sublevel Stopping con taladros en abanico.....	42
Ilustración 14. Aplicación de la voladura de Pre - corte en sub level stoping con taladros en abanico.....	42
<i>Ilustración 15. Jumbo Boomer 282.....</i>	<i>44</i>
Ilustración 16. Check List de Desatado de Roca.....	45
Ilustración 17. Bloqueo del Área de Trabajo.....	46
Ilustración 18. Desatador Scaler BTI 4.....	47
Ilustración 19. Labor de desatado.....	47
Ilustración 20. Scooptram 23 de 9 Yd3.....	48
Ilustración 21. Análisis de la Perforación en Terreno de Sulfuros.....	49
Ilustración 22. Análisis de la Perforación en Terreno de Diques.....	50
Ilustración 23. Análisis de la Perforación en Terreno de Relleno.....	51
Ilustración 24. Diagrama de Perforación por Tipo de Terreno.....	53
Ilustración 25. Caña con Cebo.....	54
Ilustración 26. Caña con Cebo.....	54
Ilustración 27. Taladro cargado con Anfo y Cebo.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página.</b>
Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	36
Tabla 2. Comparación por Tipo de Terreno .....	52
Tabla 3. Contenido por Caja de Explosivos .....	55
Tabla 4. Carguío por Frente.....	56
Tabla 5. Carguío con Anfo por Frente.....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Página.</b>
Anexo 1. Matriz de Consistencia	
Anexo 2. Planos - Geológicos	
Anexo 3. Panel Fotográfico	

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En toda empresa minera uno de los principales problemas son los costos ocasionados en las operaciones, por lo tanto, realizar un control en la perforación y el análisis de sus costos mediante La investigación actual tiene como objetivo optimizar los costos de perforación y voladura para reducir los costos operativos de la empresa Minera Cerro Lindo. Se requiere una mayor producción, un mejor control y el uso de cargas explosivas, así como una reducción de los costos operativos, para estandarizar una malla de perforación que permita una eficiencia en la perforación con una adecuada distribución de taladros de producción. Para que luego de ejecutarse los proyectos de voladura, los resultados obtenidos sean favorables en los costos operacionales.

El factor de carga debe ser menor al que utilizaban antes y la granulometría obtenida indique que más del 80% del material obtenido, pasa por

un tamiz de acuerdo a requerimientos de mina. Por lo que el presente trabajo plantea que un análisis de costos por tipo de terreno permitirá en la Compañía Minera Cerro Lindo, obtener mejores índices de productividad y un mayor beneficio económico.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La mina Cerro Lindo se encuentra en el área de Chavin, ubicada en la provincia de Chincha, Perú. Se encuentra a una distancia de 268 km al sureste de Lima y a 60 km de la costa. Es propiedad de Nexa Perú. El acceso desde Lima está disponible a través de la Carretera Panamericana pavimentada hacia el sur hasta Chincha, y luego a través de un camino sin pavimentar que sube por el valle del río Topara hasta la mina.

### *Ilustración 1.*

*Compañía Minera Cerro Lindo - Nexa*



### **1.2.1. Geología regional**

En el Perú, la serie volcano-sedimentaria del Grupo Casma contiene numerosos depósitos de sulfuros importantes que comparten características con otros yacimientos del mundo. En función de su entorno de formación, su edad y

la presencia de baritina, se ha clasificado a los depósitos peruanos como del tipo Kuroko. Los depósitos más conocidos y estudiados utilizando el modelo metalogénico de SMV (sulfuros masivos volcanogénicos) son Tambo Grande en el departamento de Piura, Perubar, Palma y Colquisiri en el departamento de Lima, y Cerro Lindo en el departamento de Ica. **Geomorfología**

A nivel regional, las siguientes son las unidades geomorfológicas:

### **Pampa Costanera**

La creación de esta unidad en una faja que se extiende paralela a la costa. La ribera litoral limita al oeste y una cadena de cerros bajos que alcanzan una altitud de alrededor de 200 metros limita al este (Salazar y Landa, 1993). Se extiende a lo largo del frente oceánico, con algunas colinas y cerros en el área. La anchura de esta unidad es de aproximadamente 10 km, dependiendo de si la cadena de cerros bajos o las estribaciones andinas se acercan o alejan de la ribera litoral. (Salazar y Landa, 1993).

- **Superficie Puna**

Esta superficie de erosión se cree que se formó durante el Mio-Plioceno, tras el emplazamiento de plutones y la serie de volcanes sedimentarios plegados del Terciario Inferior a Superior. La denudación que ocurrió en ese momento generó una superficie de erosión madura que tenía una altitud moderada con respecto al nivel del mar. El levantamiento de los Andes rejuveneció esta superficie, que luego fue disectada por la erosión glacial, fluvio-glacial y fluvial (Salazar y Landa, 1993). Presenta una penillanura de colinas concordantes y una pendiente suave hacia el oeste. Esta superficie morfológica se encuentra entre la divisoria continental y los contrafuertes occidentales superiores. (Salazar y Landa, 1993).

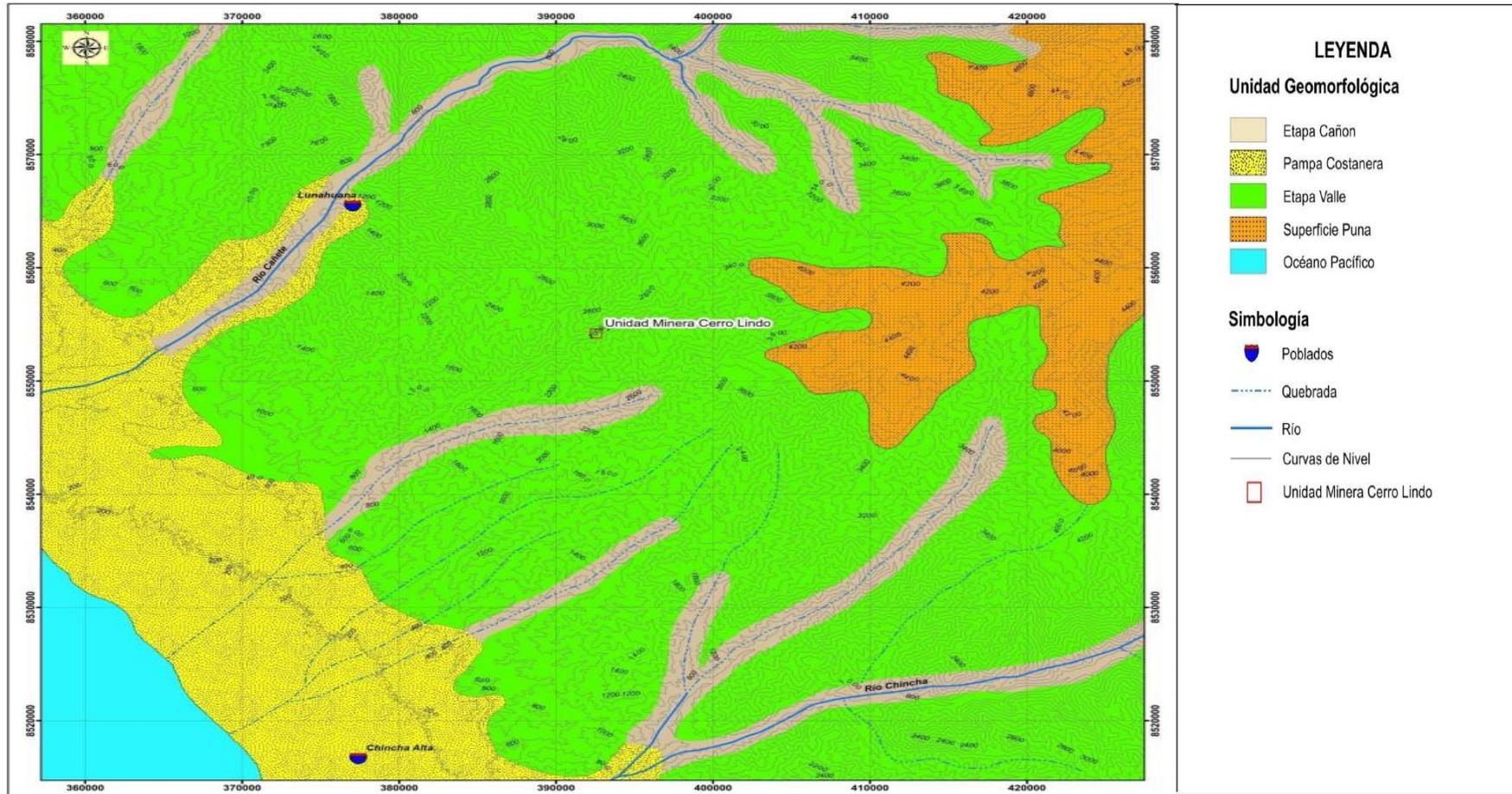
- **Etapa Cañón**

Esta unidad está relacionada con el aumento de la Superficie Puna desde casi el nivel del mar hasta aproximadamente 5000 m.s.n.m. como parte del proceso erosivo del sistema de los ríos de la vertiente pacífica. Los depósitos aluviales y fluvioglaciares ubicados en terrazas están conectados a esta unidad. (Salazar y Landa, 1993).

- **Etapa Valle**

La Superficie Puna ha sido disectada por un ciclo de erosión juvenil a maduro que ha creado penillanuras y cumbres concordantes en distancias de 40 a 60 km que descienden aproximadamente 3000 metros. En el año 1993, Salazar y Landa publicaron. En el plano N° 2 las unidades descritas se muestran.

*Ilustración 2.*  
*Esquema Geológico Regional.*



## **Litología**

En la región, se puede observar la Formación Huaranguillo, la cual se encuentra como una cubierta de techo sobre los intrusivos del Batolito de la Costa, y también se puede observar una secuencia volcánica que pertenece al Grupo Tantará.

### **A. Formación Huaranguillo (Kis-hu)**

La secuencia volcánica a sedimentaria gruesa, cuyo afloramiento se distribuye con un rumbo NO-SE, recibe este nombre. En el paraje Huaranguillo, al noreste de la hacienda Lunche en el río San Juan, se encuentra su localidad típica con una potencia estimada de 3,000 metros. (Salazar, 1993). Dentro de esta secuencia se encuentra el yacimiento de Cerro Lindo, que se remonta al Cretáceo Medio y forma parte del Grupo Casma. Es una secuencia de volcanes dominada por andesitas porfiríticas. Como resultado de la extensión de la cuenca durante la subducción, se depositaron en un ambiente de arc posterior. (Salazar, 1993). Se compone de tres miembros:

#### **Miembro Inferior (Kis-hu1)**

Debido a la entrada del Batolito de la Costa, la secuencia de volcanes grises con una cierta estratificación y un rumbo NOSE no presenta contacto inferior. La super unidad Tiabaya se encuentra en el noroeste, la super unidad Catahuasi en el noreste y la super unidad Incahuasi en el sur. Su afloramiento está limitado por la quebrada Topara, los cerros Campanario, Cullco, Palta Rumi y Mesa Rumi, y se infrayace con la unidad media. Se compone de andesitas grises con tonos verdosos metamorfizados (esquistos) causados por la tectónica Mochica. En el contacto con la super unidad Catahuasi, se ha

producido una alteración hidrotermal, y en la Qda. Huatiana 11 se puede observar una alteración similar en el contacto de las volcanitas con la superunidad Incahuasi. La esquistocidad tiene un rumbo NO-SE que se dirige hacia el norte y el sur, respectivamente. La mayor zona de interés económico se encuentra en esta región debido a los depósitos de sulfuros masivos de tipo volcanogénico con mineralización de zinc, cromo y plata. (El proyecto minero Cerro Lindo se encuentra en la Qda. Topará).

### **Miembro Medio (Kis-hu2)**

La secuencia de areniscas y pelitas delgadas, intercaladas con algunos niveles de volcanitas y cenizas delgadas, sobreyace e infrayace de manera correspondiente al miembro inferior y superior. Se corta por diques subvolcánicos de composición dacítica, porfirítica y verdosa. Está compuesto por areniscas grise y pardas de grano medio a fino que se intercalan en los sectores calcáreos con pelitas laminares muy delgadas. Se presentan con buzamientos variados y anticlinales y sinclinales amplios manteniendo un rumbo NO-SE. En la región noroeste, sus picos se limitan a los cerros Ancoquishca, Pata, Hoya, Atoc Sayco y Silla Pite, y hacia el sur los cerros Conta Grande y Santa Catalina. En esta zona, se encuentran en línea con la Formación Atocongo y se pueden observar en los cerros Huaranguillo, en su base y en las quebradas. La Mejorada, que se extiende hasta el valle del río San Juan y está rodeada por los cerros Cahuay Pata, Marcas Pata, Buena Vista y Jatun Convento, no está en armonía con la unidad superior.

### **Miembro Superior (Kis-hu3)**

Es una secuencia de calcárea silicificada con capas medianas a delgadas intercaladas por pelitas en la base. Desde la base hasta el techo, hay

variaciones en grosor y estructura, y a veces se pueden observar niveles de volcanitas que coinciden con los estratos. Los diques subvolcánicos porfiríticos forman anticlinales y sinclinales amplios y pliegues en chevron en la base y el techo. En los afloramientos cercanos al distrito de San Juan de Castrovirreyna se pueden observar calizas bandeadas de grano fino muy silicificadas, con estratificación laminar y grosores que van desde 0,02 m hasta 2,5 m. También se pueden observar niveles de areniscas cuarzosas gris claras subordinadas hacia el techo, presentando estructuras heterolíticas que a veces forman pliegues chevron. Los volcanes más notables se encuentran en los cerros Silla Pite, Chapaca, Rajuilla Pata y Lomas Yanalucac, así como en Infiernillo, Minasniyoc, Señal Huamanai, Quitasol, Huaytapata y Lomas Arcopunco. Se extiende direccionado hacia el cuadrángulo de Guadalupe y se encuentra en línea con la Formación Pariatambo en el sector suroriental y en discordancia angular con los volcanes de la Formación Tantará

## **B. Formación Tantará (Ptt-an)**

SALAZAR, H., (1993) la describe como un conjunto de erupciones volcánicas en su área típica, cerca del distrito de Tantará, en la cima del río del mismo nombre o San Juan. En esta investigación, separamos la formación de Tantará se clasifica en cuatro tipos: Ignimbritas, Brechas, Sedimentitas y Volcánitas.

### **Unidad de Ignimbritas (Ptt-an-ig)**

Son facies de ignimbritas rosadas riolíticas (soldadas) muy coherentes, con presencia de cristales de plagioclasa y cuarzo. Tienen una textura de fiame moderada. El cráter se encuentra en el valle del río Lambras, al sur de

Liscay, y se encuentra en una posición inconsistente con las secuencias de volcanes de la misma formación.

### **Unidad de Brechas (Ptt-an)**

Esta unidad se encuentra en las regiones de Charapunca, Lucuma, Anta y Amailla, así como en los farallones del río Tantará. Tiene un grosor de aproximadamente 150 metros y está litológicamente formada por brechas de 13 volcánicas de diferentes tamaños, con clastos de hasta 80 cm de diámetro. La matriz y los clastos tienen una composición andesítica predominante, de color gris que tiene un tono verdoso y azulado. Algunas secuencias de lavas grises muy delgadas se pueden ver. Conforme a la secuencia sedimentaria-volcánica superior, se invierte. **Unidad Sedimentaria (Ptt-an)**

Es una serie de pasos de sedimentos y volcanes que se compone de areniscas grises y pelitas pardo rojizas en estratos gruesos con algunas intercalaciones de volcanitas. La formación litológica se compone de areniscas feldespáticas grises de grano medio a grueso con intercalaciones de pelitas rojas. Hay algunos volcanes presentes. Con un rumbo de NO-SE y un buzamiento de 15o al NE, presentan un afloramiento lenticular. La zona de erupción se limita al valle del río Tantará y es más visible en el área intermedia del cerro Marcalla, donde se forman placolitos. Se extiende hacia el norte hasta el pueblo de Tantará y hacia el sur hasta la quebrada Apate.

### **Unidad de Volcanitas (Ptt-an)**

En sectores riolíticos se encuentra una secuencia de volcanitas gris oscuras con composición andesítica que tienen tonos verdosos y rojo porfirítico. Se pueden observar varias filas de tobas lapilli riolíticas bien soldadas que tienen un tono gris claro y un tono verde en la zona cercana a

Tantará. La secuencia más extensa de esta formación tiene una estratificación moderada y sus afloramientos se encuentran paralelos al río San Juan. Se extiende hacia el oeste por los cerros Cacrillo, Jatun Cancha, Huamatambo, Chilcapuquio, Chilca Rumi, mientras que hacia el oriente se extiende por los alrededores de la Villa de Arma, Huachos, Santa Rosa de Quilca, Pichuta y el cerro Tocino. Lucha contra los invasores del Batolito de la Costa y la Formación Hualhuani en las cercanías de la Villa de Arma y Cotas, pero no cumple con la Formación Sacsaquero. En el extremo noroeste del círculo se ubican las montanas de Campanayoc, Jatun Punta, Huayllamarca, Pitecancha y 14 Palmadera. También se encuentran los cerros Chihui Punta, Cochahuana y Ripicancha en la frontera con la hoja de Tupe. y Chihui Punta, en dirección norte, las super unidades del Batolito de la Costa están en desacuerdo con ellas y la super unidad Catahuasi la invade. En el área de la quebrada del río Lambras, en los parajes de San José y Liscay, se han infiltrado unidades desconocidas que forman parte del Paleógeno. Se relaciona con secuencias similares en los cuadrángulos de Castrovirreyna, donde se registran fechas entre  $40,9 \pm 0,9$ ,  $40,9 \pm 1,20$ ,  $41,2 \pm 1,20$  Ma. NOBLE et al., (1974) y MCKEE (1979).

### C. Cuaternario

Se compone de depósitos que se han distribuido de manera muy irregular en el área de estudio, los cuales se han diferenciado en función de su composición y tiempo de depósito.

#### **Depósitos Aluviales 1 (Qh-a11)**

Estos depósitos se encuentran en las laderas en la mayoría de las poblaciones andinas porque son principalmente productos de la

meteorización y acumulaciones de grava, arena y arcillas. Aprovechando la pendiente suave de los valles, se cultivan en su mayoría.

### **Depósitos Aluviales 2 (Qh-al2)**

Los depósitos se encuentran en las orillas de los ríos y quebradas (áreas intermedias y elevadas), y se componen principalmente de combinación de arena, arcillas y limos. La mayoría de ellos son cultivados y forman pequeñas terrazas, y debido a la variación del cauce y caudal de los ríos, a menudo se mantienen como activas.

## **D. Rocas Intrusivas**

### **Super Unidad Tiabaya (Ks-ti)**

Esta super unidad es el componente más grande y joven del segmento Arequipa, y en la zona de estudio se caracteriza por su naturaleza leucócrata, con composiciones que van desde monzogranitos hasta tonalitas. Se ha distinguido en cinco pulsos magmáticos y tiene tendencia a formar una estructura centrada en el valle del río San Juan, donde tiene una edad promedio de  $80 \pm 8$  Ma. (PITCHER, ref. cit. 1985). Casi todas las unidades cretáceas, ya sean volcánicas, sedimentarias o intrusivas,

### **Monzodioritas (Ks-ti/mzd)**

Se cree que es uno de los primeros pulsos magmáticos y se puede encontrar en los bordes del plutón. En dirección oriental, se puede ubicar en los cerros Chitia Pucro ubicados en las cercanías de Huachos y Miraflores, y se extiende hasta Capillas del Norte, cruzando las quebradas Chilcani, Liochuncho, Cajamarca y Yahuar Puquio. Se encuentra en el área occidental del valle, cerca de Sihuay y al suroeste de San Juan de Cacrillo. Con una composición que va desde monzodioritas hasta dioritas mesócratas y

leucócratas, tienen tonos verdosos granulares y son de grano medio a fino. Contienen una gran cantidad de plagioclasa como sustancia principal y feldespatos potásicos, piroxenos, cuarzo, arcillas y biotita como sustancias adicionales. Además, los óxidos de hierro y la clorita son efectos secundarios.

### **Granodioritas Tonalitas (Ks-ti/gd-to)**

En el área oriental, norte y sur occidental del valle se puede observar este pulso magmático en las zonas intermedias de los cerros Tocino, Chipanto, Oqueranta, Pichana, Inya Pampa, Maray Pata y Jatun Ichu, así como en las quebradas de los ríos Tantará, Arma y Huachos. Se extiende hacia el lado sur occidental con variaciones en la granulometría y composición, Aumenta la presencia de biotita y hornblenda en los cerros Abra Pata, Chipanacancha, en el río San Juan y en los sectores de Huachinga, Hda. Luchumarca. Además, se extiende hacia el noroeste a través de los cerros Luchumarca, Qdas, hasta la hoja de Chíncha. El Cerro Chiripampa, el Ayóque y el Almacén La roca se caracteriza por ser gris clara (leucócrata) y tiene tonos rosados en su litología. Está compuesta por plagioclasa, feldespatos potásicos y cuarzo, aunque este último puede variar en áreas. Además, se pueden encontrar xenolitos gris oscuros que podrían provenir de pulsos anteriores.

### **Monzogranitos (Ks-ti/mzg)**

El pulso magmático central se encuentra en el centro del valle del río San Juan y se puede observar a partir del sector Soncco de la Planta de Bombeo y en los cerros Chipanto, Muge, Puca Pata, Chilca Puquio, Mirador y Las Petacas. Sus rasgos varían de mesócratas a leucócratas y tienen un tono rosado. Sus granos son de grano medio a grueso y su estructura es hipidiomórfica, con minerales de plagioclasa, feldespatos potásicos y cuarzo

como componentes principales y minerales accesorios como biotita, anfíboles, arcillas, serpentinas y cloritas. Los picos son elevados y notables, con picos escarpados en dirección al valle del río San Juan. También se pueden observar xenolitos en los pulsos previos.

#### **Cuarzo monzogranitos (Ks-ti/cmz)**

En el área de Mosquitoyoc en Qda, se percibe una sensación mágica. Las Petacas y sus erupciones ingresan a la capacitación en Huaranguillo. Son rocas mesócratas a melanócratas granular con plagioclasa, feldespato potásico cuarzo y máficos de grano medio.

#### **Sienogranito (Ks-ti/sgr)**

En los cerros Jatun Junco, ubicados cerca de Cusicancha y Sihuay Chico, se pueden hallar rocas mesócratas de tonos rosados y verdes, granular de grano medio, holocristalinas con feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo en la región occidental del plutón.

#### **Super Unidad Incahuasi (Ks-in)**

Es un plutón con algunos cuerpos de dioritas, monzonitas y granodioritas, con una composición tonalítica y cuarzomonzodiorita predominante. Es un plutón grande con una morfología suave que parece tener lomadas suaves, que se extiende desde la Qda. Huatiana hasta el cerro Campanario y de este a oeste. hasta el cerro Campanario. Maraypata se extiende hacia el este hasta el cuadrángulo de Chíncha. Inhibe la formación de líneas temporales cretáceas como Atocongo y Huaranguillo. Tiene una edad radiométrica de emplazamiento en  $78 \pm 1$  Ma (PITCHER et al., 1985).

17

#### **Tonalitas (Ks-in/to)**

Son rocas mesócratas granulares con variaciones de tonalita y cuarzomonzodiorita a dioritas y contactos poco cartografiados. La composición modal contiene plagioclasa, feldespatos potásicos, cuarzo y biotita. Los cerros Huachanan, Jatun Casa, Guanaquillo, Huacarume, Llamacancha, León Rumi, Pabellón, Campana, Rondalla y Pahuaypite son los lugares donde se encuentran principalmente.

#### **Granodioritas (Ks-in/gr-bt)**

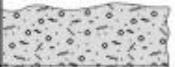
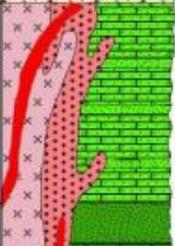
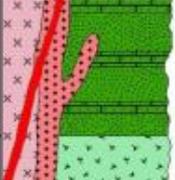
Los puntos de erupción se restringen a la Qda. Huatiana y al este del cerro Rondalla. La presencia de biotitas en forma de libro y hexagonales es su principal característica. En la Qda. Huatiana, se encuentran divididos por los diques porfiríticos y afaníticos en dirección sur-norte.

#### **Monzonitas (Ks-in/mz)**

Los cuerpos se ubican en los extremos del plutón, especialmente en la Qda. Almacén (Proyecto Almacén), y sus afloramientos han sido modificados por hidrotermia. Estos cuerpos son los principales almacenes de yacimientos metálicos, a pesar de que algunas rocas algo nuevas ofrecen una composición modal similar a las monzonitas.

La columna estratigráfica se muestra a continuación (Ilustración 4), donde se muestran las unidades descritas:

**Ilustración 3.**  
*Columna Estratigráfica*

ERA	PERIODO	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. Aluviales 2		Depositos polimicticos de bloques gravas arenas y limos	
			Dep. Aluviales 1		Depósitos de conglomerados de pie de monte, de arenas, limos arcillas	
	PALEOGENO	Eoceno	Formación Tantará	Formación Tantará-an.		Secuencias de lavas gris oscuras con tramos de color verde a marrón, de composición andesítica porfirítica
				Formación Tantará-ig.		Facies de ignimbritas gris claras con tonalidades rosadas
			Formación Huarangulillo	Formación Huarangulillo 3		Facies de caliza silicificada gris bandeada, replegada con intercalación de areniscas cuarzosas
				Formación Huarangulillo 2		Facies de areniscas cuarzosas, areniscas calcareas con niveles de limonitas
MESOZOICO	CRETACICO	Inferior	Formación Huarangulillo		Secuencias volcánica masivas, gris oscura de composición andesítica, en sectores presenta esquistocidad	

### 1.2.2. Geología Local

El depósito de Cerro Lindo se encuentra localmente en cavidades de piso y techo en rocas volcánicas félsicas de composición riolítica a riodacítica. La roca es grisácea blanca con algunos tonos rosados, azulinos y verdosos. Incluye texturas primarias como estratificación en tufos, bandeamiento de flujo y

amígdalas. La mina se encuentra en un ambiente bimodal (riolita-andesita) dentro de un edificio volcánico félsico.

### **Formación Huaranguillo (Kis-hu)**

La Formación Huaranguillo en la zona presenta una secuencia volcánica de Cretáceo Medio a superior, con rocas que afloran en la zona como:

#### **Riolita (Kis-hu/ri)**

La riolita potásica de Cerro Lindo se compone principalmente de biotita de color marrón oscuro y hornblenda marrón y verde con feldespato ortoclasa. El cuarzo, el ópalo y la calcedonia aparecen simultáneamente en ambas biotitas, y la riolita sódica con anfíboles llena las amígdalas. La roca que presenta textura afanítica y generalmente es de color gris claro a blanquecino se conoce como volcánico félsico. Es común encontrar riolitas en el campo, pero es difícil distinguir entre varios tipos. La actividad hidrotermal y la depositación de sulfuros están vinculadas genéticamente al emplazamiento.

#### **Andesita (Kis-hu/an)**

Andesita Moteada: En contacto con la riolita y la andesita, esta roca es única por la presencia de pequeños nódulos silicificados que incluyen chert y calcedonia en ocasiones. Los nódulos son fragmentos de roca volcánica andesítica, con los más pequeños de 0,5 cm a 1 cm. :21 cambiado El volcán Andesítico: Con una matriz afanítica, débil cloritización y propilitización, fenocristales de plagioclasa y biotita de color gris oscuro a gris verdoso.

### **Rocas Intrusivas**

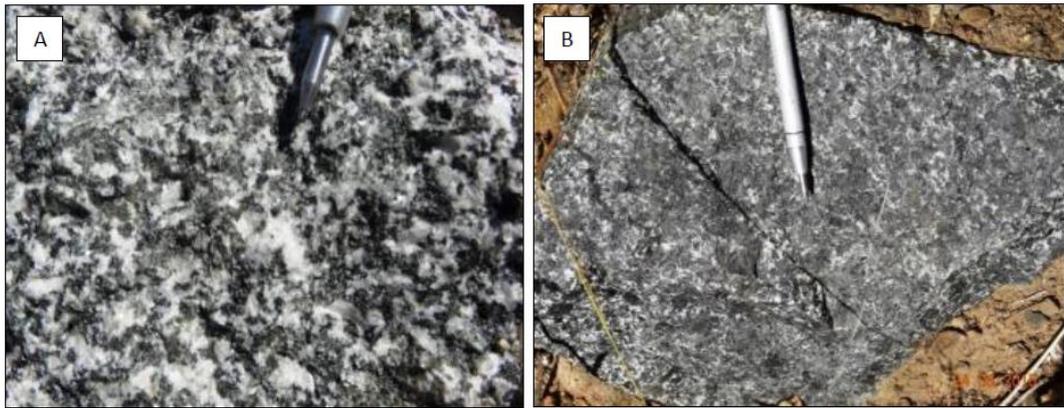
#### **Super Unidad Incahuasi (Ks-in)**

#### **Dioritas – Hornblenditas (Ks-in/di)**

Se encuentran entre los intrusivos más antiguos del Batolito de la Costa y muestran su punto más notable al este y noreste de la mina Cerro Lindo. Anteriormente, los intrusivos más ácidos han penetrado en esta roca. Sus componentes principales son plagioclasas y hornblenda-biotita, con calcita, epidota y cuarzo en venillas o concentraciones irregulares, y se distinguen macroscópicamente por su textura fanerítica gruesa. Muestras muy representativas se observa en la Ilustración 5.

**Ilustración 4.**

*A) Dioritas, B) Gabrodioritas - hornblenditas*



*Fuente: U.M. Cerro Lindo.*

**A. Granodioritas – Tonalitas (Ks-in/to-gd)**

Intrusivo Granodiorítico: Este intrusivo ocupa la mayor parte del área estudiada y las unidades sedimentarias se adhieren en su mayor parte a él como techos. Se encuentra en áreas topográficamente bajas.

Hay una gran cantidad de ellos en el área que rodea las unidades volcánicas-sedimentarias. Sus características macroscópicas incluyen un color gris claro y una textura equigranular, holocristalina de grano grueso. Los minerales esenciales incluyen plagioclasa, cuarzo, algo de ortosa y una gran cantidad de hornblenda, aunque hay poca biotita. Ilustración 6.

**Ilustración 5.**

*A) afloramiento de intrusivos graníticos (Qda. Gallo Rumi);*

*B) muestra de mano granodioritas-tonalitas.*



*Fuente: U. M. Cerro Lindo.*

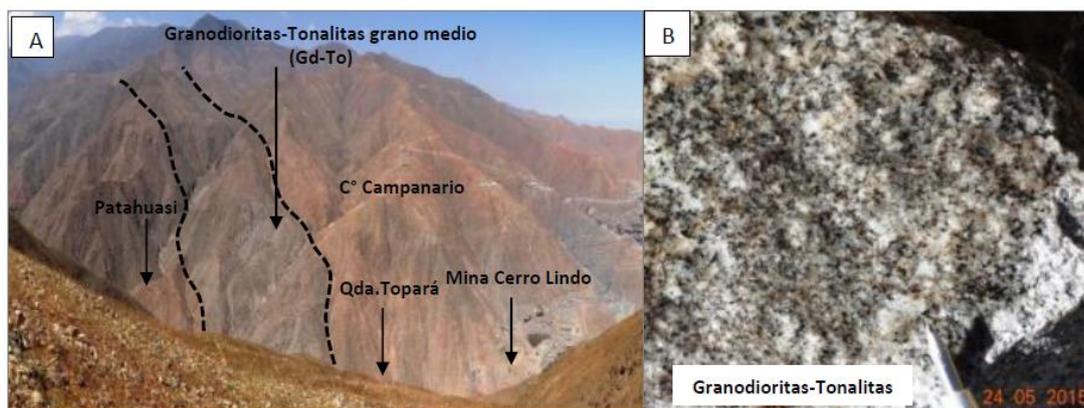
**B. Granodiorita – Tonalita (Ks-in/to-gd)**

Patahuasi. La secuencia volcánica de Cerro Lindo está comenzando con una roca grisácea. Es posible que haya extraído cuerpos mineralizados adicionales en el área este del yacimiento, tal vez el deshielo (anomalía) de Patahuasi. (Foto 3 A) El intrusivo se encuentra a 500 metros al noreste de la mina Cerro Lindo y forma parte de la cuenca de la Fm. Huaranguillo, donde los cuerpos mineralizados existentes se extendían hacia el este hasta la anomalía de Patahuasi. (Boca Mina 1875) por el río La zona de contacto topará aguas arriba y fluirá en dirección este-oeste a sur-este en una longitud de aproximadamente 3,5 km y un ancho de 500 a 600 m. Entrará en secuencias volcánicas e intrusivas de granitos. (granodioritas-dioritas). Sus características macroscópicas incluyen un tono gris-claro y una textura equigranular, holocristalina de grano medio con minerales como biotitas, cuarzo y plagioclasas. Además, la ortosa y los anfíboles (horblenda), que están débilmente cloritizados, son escasos. Este invasor es más joven que el Batolito de la Costa en edad.

## Ilustración 7.

### *Ilustración 6.*

A) Vista panorámica al este, donde se muestra afloramientos de intrusivos granodioritas-tonalitas de grano medio y edad más reciente. B) Muestra de mano de granodiorita-tonalita grano medio.



*Fuente: U. M. Cerro Lindo.*

Superunidad Catahuasi (PN-ca/to) La superunidad, que suele ser de composición tonalítica, es sólida y poco resistente a la erosión. Es gris con un tono azul. Situado al NO de la hoja, entre las quebradas Puquio y Chicuy, se extiende por más de 15 km en dirección NO-SE. Las erupciones volcánicas de la Formación Huaranguillo 1 y las secuencias volcánicas de la Formación Tantara sufren un impacto similar. En su extremo occidental, cerca de las secuencias cretáceas, esta unidad está tectonizada en sistemas de cizalla. Es posible que haya surgido de sistemas de transurrencias con dirección NO-SE, que han favorecido el emplazamiento prolongado de este cuerpo. La edad media es de  $24 \pm 1$  Ma (PITCHER, ref. cit. 1985).

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Es posible efectuar el control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Se podrá controlar la perforación y voladura por tipo de terreno para reducir costos en la Compañía Minera Cerro Lindo?
- b) ¿Sera posible analizar los costos de la perforación y la voladura para optimizar la malla de perforación en la Compañía Minera Cerro Lindo?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Efectuar el control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Controlar la perforación y voladura por tipo de terreno para reducir costos en la Compañía Minera Cerro Lindo.
- b) Analizar los costos de la perforación y la voladura para optimizar la malla de perforación en la Compañía Minera Cerro Lindo.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Mediante la presente Investigación se busca mejorar los costos de Perforación y Voladura en la Mina Cerro Lindo, mediante el su control y análisis haciendo un cambio en el diseño de malla de perforación y la secuencia de los retardos explosivos, por cada tipo de terreno, permitiendo una fragmentación adecuada en la voladura de avance y un mejor control de la carga explosiva. La empresa tendrá un efecto positivo en la economía, ya que disminuirá los costos

de operación de perforación y voladura, aumentará la producción de la mina y brindará mayor seguridad a los trabajadores mientras trabajan.

#### **1.6. Limitaciones de la Investigación**

En la Unidad Minera Cerro Lindo las principales limitaciones del proyecto de investigación son de campo y gabinete son:

El control de la perforación a realizar por cada tipo de terreno en las diferentes zonas de la Mina.

La compleja interpretación de análisis por cada tipo de terreno para obtener un resultado que se ajuste al proceso.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de Estudio**

##### **a) Antecedentes nacionales**

(Torres L., 2015), (Concha R., 2020), de la Universidad Tecnológica del Perú, desarrolla su tesis “Reducción y Optimización de Costos en Perforación y Voladura Implementando Barrenos de 16 Pies para Labores de Desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.”, El objetivo de esta tesis es determinar la viabilidad económica del cambio de malla de perforación para trabajos de desarrollo en la U.O. Inmaculada al crear una nueva malla de perforación de 16 pies para reemplazar la malla de perforación de 12 pies que ya existe. La tesis se enfocó en descubrir las características geomecánicas del suelo rocoso, seguido de una evaluación técnica-económica de las actividades de perforación y voladura en las labores de desarrollo. Después, La malla de 16 pies se utilizó en los trabajos de

desarrollo y también se llevó a cabo una evaluación técnica-económica. Finalmente, se creó un gráfico que comparaba los datos obtenidos en los análisis técnico-económico de las dos mallas distintas. Se encontró que la roca predominante en la zona de estudio era de tipo (IIIB), en su mayoría "Andesítica", con un GSI de 50 y un RMR de 55 en promedio. Los resultados obtenidos luego de la comparación entre las dos mallas de perforación son las siguientes:

- La malla de 12 pies tiene un avance de 3.19 metros por disparo, mientras que la malla de 16 pies tiene un avance de 4.29 metros por disparo.
- iv • La eficiencia de voladura de la malla de 12 pies fue del 96,84%, mientras que la de 16 pies fue del 97%.
- La malla de 16 pies tenía un volumen roto de 76.05 metros cúbicos, mientras que la malla de 12 pies tenía un volumen roto de 56.58 metros cúbicos.
- La tonelada rota de la malla de 16 pies fue de 194.69TM, mientras que la malla de 12 pies obtuvo una tonelada rota de 144.84TM.
- La malla de 12 pies costó 810.866 dólares por metro cuadrado, mientras que la malla de 16 pies costó 1051.247 dólares por metro cuadrado.
- El costo del acero por cada pie perforado fue de \$0,057 para una malla de 12 pies, en comparación con \$0,05 para una malla de 16 pies.

Para concluir, la presente tesis tiene como objetivo motivar a los estudiantes a desarrollar e implementar nuevas formas de realizar voladuras controladas utilizando una malla de perforación que genere una mayor rentabilidad. **(Camarena F., 2018)**, **(Cuellar J., 2021)**, de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, presenta su tesis "Optimización de los Índices de Perforación y Voladura en el Avance de la Rampa Patrick IV para la Reducción de Costos Operacionales, en la U.M. San Andrés CIA. Minera Marsa 2021"; La optimización de los costos de operación en la

minería subterránea peruana presenta desafíos. La Rampa Patrick IV está siendo abierta en la unidad San Andrés de Minera Marsa S.A. La sobrecarga es el principal problema de las operaciones mineras durante la apertura de la Rampa Patrick.

**b) Antecedentes Internacionales**

(Gonzales L., 2009), (Diaz J., 2012), de la Universidad Nacional de Colombia, presenta tesis de investigación “Análisis y Diseño de la Operación de Perforación y Voladuras en Minería de Superficie Empleando el Enfoque de la Programación Estructurada”. El análisis y diseño de las operaciones de perforación y voladura en la minería de superficie utilizando la técnica de programación estructurada se presenta en este artículo. La creación de una interfaz que permita la entrada de la densidad del explosivo, el diámetro y la inclinación de la perforación, la resistencia a la compresión de la roca y las dimensiones del banco es el objetivo de este estudio. Luego se calculan los valores de las variables más importantes que afectan el diseño de las operaciones de perforación y voladuras. La altura del banco, el burden, el espaciamiento, el taco, la carga del barreno, el número de barrenos y el factor de carga son algunos de los factores que se pueden usar para calcular esto. Esta técnica reduce el error humano causado por el uso repetitivo de fórmulas para calcular los parámetros involucrados en el diseño de perforación y voladura en la minería de superficie y permite diseñar las operaciones de perforación y voladura en menor tiempo.

(Salgado R., 2014), (Ramos M., 2018), Universidad Andrés Bello, Viña del Mar - Chile, desarrolla la tesis “Evaluación Económica y Ventajas Cualitativas en Implementación de Sistemas de Administración Estratégica

de Perforación y Tronadura”. Los datos como la secuencia, La tecnología enfocada en las operaciones de perforación y tronadura puede controlar los tiempos efectivos, los datos del operador, el largo de los pozos, los bits y los tipos de pozos, los diseños de mallas, los planes de carga, etc. para este estudio. El objetivo es medir qué se está haciendo bien y qué se está haciendo mal para mejorarlo y, a través de la implementación de estas tecnologías, poder beneficiar todo el proceso aguas abajo, ya sea mejorando el rendimiento de los equipos, alargando su vida útil y reduciendo los costos a lo largo del proceso.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **Perforación y Voladura**

El proceso de perforar agujeros en las rocas con el objetivo de proporcionar un lugar para que los explosivos puedan destruir y/o fragmentar la roca sólida. Actualmente, los trabajos de perforación se realizan con la ayuda de maquinaria u equipos específicamente diseñados para este propósito. Estos pueden ser neumáticos, eléctricos, hidráulicos e hidroneumáticos; percutivos, rotopercutivos, rotativos, eléctricos y así sucesivamente. La perforación para voladura es el proceso de hacer numerosos agujeros y/o huecos cilíndricos en la superficie de la roca que se volará. Los taladros, que tienen profundidades y distribuciones geométricas específicas, se diseñan para lograr el arranque, fragmentación y desplazamiento de una porción específica de la roca. Estos taladros alojarán las cargas explosivas y las detonarán con una sucesión precisa de detonaciones para producir un tamaño de partícula rocosa o rotura excepcional con proyecciones y oscilaciones mínimas.

### ***Malla de perforación.***

La malla de perforación es un diagrama específico bien estructurado y claro que se encarga de fragmentar y desplazar el material roto de acuerdo con las necesidades y habilidades requeridas por los ejecutores. Las propiedades y características geomecánicas del macizo rocoso son fundamentales para el diseño de mallas de perforación.

#### **Parámetros de perforación y voladura:**

Número de taladros.  $N_t$

Diámetro del taladro  $\phi$

Profundidad de taladro  $L_t$

Burden  $B$

Espaciamiento  $E$

Presión de detonación  $P_oD$ .

Factor de carguío  $FC$ .

Acoplamiento del explosivo  $A_e$ .

Longitud de carga explosiva  $L_c$

Distribución de los taladros en el frente.

Distribución de carga configuración.

#### **Ciclo de Minado**

El ciclo de minado de la Unidad Minera Cerro Lindo incluye el sostenimiento, la perforación, la voladura, la ventilación, el desate mecanizado, la limpieza y el transporte para el método de explotación de "stopping sublevel".

#### **Sostenimiento**

Se utilizan shotcrete vía humedad en la Unidad Minera Cerro Lindo con espesores de 2", 3" y 4" según la evaluación geomecánica de la labor requerida. Se empernan con pernos helicoidales sistemáticos de 10' espaciados de 1.5m x

1.5m y se refuerzan con fibras sintéticas para alcanzar una  $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ . Cuando el terreno lo requiere y previa evaluación geomecánica, se colocan cables boletín de 6.5 m a 15 m en cruces, selladas y en la preparación de tajos en el nivel superior e inferior.

Existen trabajos que cruzan zonas de roca de RMR bajo a muy bajo; este terreno de roca de baja calidad requiere sostenimiento de shotcrete, perno helicoidal y malla electro soldada.

### Ilustración 7.

Tabla geomecánica de la mina Cerro Lindo

nexa		MINA CERRO LINDO DEPARTAMENTO DE BOWENITA (GEOLOGICAL STRIKE-SLIP) (TROPICAL SUBDUCTION RESISTANCE)																																																													
Sitio: Perno de taladro minero SECCIÓN 5,00 - 5,00 m																																																															
<b>A</b>	Shotcrete (s=27) + Pernos sist 1.5 x 1.5 m de 7 pías.	<b>CONDICIONES</b> BUENA (MUY RESISTENTE, FRECA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY PIVOSAS (MUY RESISTENTE) (SE ROMPE CON 3 V. MAS GOLPES DE PICOTA) REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERNADO) DISCONTINUIDADES ANGULOSAS, LEVEMENTE ALTERNADO, MANCHAS DE OXIDACION, LINEAMIENTO ABIERTA, R: (50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA) POBRE (MODERADA, RESISTENTE, LEVE A MODERADA, ALTERNADA) DISCONTINUIDADES IRREG, MODERADAMENTE ALTERNADA, (SE ROMPE SUPERFICIALMENTE CON GOLPES DE PICOTA) MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERNADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRATIFICACIONES, MUY ALTERNADA RELENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (R: A 25 MPa) - (SE ROMPE A 50 MPa)	<b>METODOLOGÍA DE APLICACIÓN</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INDICE G.S.I.</th> <th>INDICE RMR</th> <th>INDICE Q</th> <th>TIPO DE SOPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LEVEMENTE FRACTURADA BUENA (LF/B)</td> <td>75-85</td> <td>40-100</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>LEVEMENTE FRACTURADA REGULAR (LF/R)</td> <td>65-75</td> <td>12-40</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>LEVEMENTE FRACTURADA POBRE (LF/P)</td> <td>55-65</td> <td>5-12</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>MODERADAMENTE FRACTURADA BUENA (MF/B)</td> <td>55-75</td> <td>12-40</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>MODERADAMENTE FRACTURADA REGULAR (MF/R)</td> <td>35-65</td> <td>3-12</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>MODERADAMENTE FRACTURADA POBRE (MF/P)</td> <td>45-55</td> <td>1-5</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>MODERADAMENTE FRACTURADA MUY POBRE (MF/MP)</td> <td>35-45</td> <td>0.4-1</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>MUY FRACTURADA BUENA (MFB)</td> <td>35-65</td> <td>3-12</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>MUY FRACTURADA REGULAR (MFR)</td> <td>45-55</td> <td>1-5</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>MUY FRACTURADA POBRE (MFP)</td> <td>35-45</td> <td>0.4-1</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>MUY FRACTURADA MUY POBRE (MFM/MP)</td> <td>25-35</td> <td>0.1-0.4</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>INTENSAMENTE FRACTURADA REGULAR (IF/R)</td> <td>35-45</td> <td>0.4-1</td> <td>D</td> </tr> <tr> <td>INTENSAMENTE FRACTURADA POBRE (IF/P)</td> <td>25-35</td> <td>0.1-0.4</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>INTENSAMENTE FRACTURADA MUY POBRE (IF/MP)</td> <td>15-25</td> <td>0.05-0.1</td> <td>F</td> </tr> </tbody> </table>	INDICE G.S.I.	INDICE RMR	INDICE Q	TIPO DE SOPORTE	LEVEMENTE FRACTURADA BUENA (LF/B)	75-85	40-100	A	LEVEMENTE FRACTURADA REGULAR (LF/R)	65-75	12-40	A	LEVEMENTE FRACTURADA POBRE (LF/P)	55-65	5-12	B	MODERADAMENTE FRACTURADA BUENA (MF/B)	55-75	12-40	A	MODERADAMENTE FRACTURADA REGULAR (MF/R)	35-65	3-12	B	MODERADAMENTE FRACTURADA POBRE (MF/P)	45-55	1-5	C	MODERADAMENTE FRACTURADA MUY POBRE (MF/MP)	35-45	0.4-1	D	MUY FRACTURADA BUENA (MFB)	35-65	3-12	B	MUY FRACTURADA REGULAR (MFR)	45-55	1-5	C	MUY FRACTURADA POBRE (MFP)	35-45	0.4-1	D	MUY FRACTURADA MUY POBRE (MFM/MP)	25-35	0.1-0.4	E	INTENSAMENTE FRACTURADA REGULAR (IF/R)	35-45	0.4-1	D	INTENSAMENTE FRACTURADA POBRE (IF/P)	25-35	0.1-0.4	E	INTENSAMENTE FRACTURADA MUY POBRE (IF/MP)	15-25	0.05-0.1	F
INDICE G.S.I.	INDICE RMR			INDICE Q	TIPO DE SOPORTE																																																										
LEVEMENTE FRACTURADA BUENA (LF/B)	75-85			40-100	A																																																										
LEVEMENTE FRACTURADA REGULAR (LF/R)	65-75			12-40	A																																																										
LEVEMENTE FRACTURADA POBRE (LF/P)	55-65			5-12	B																																																										
MODERADAMENTE FRACTURADA BUENA (MF/B)	55-75			12-40	A																																																										
MODERADAMENTE FRACTURADA REGULAR (MF/R)	35-65	3-12	B																																																												
MODERADAMENTE FRACTURADA POBRE (MF/P)	45-55	1-5	C																																																												
MODERADAMENTE FRACTURADA MUY POBRE (MF/MP)	35-45	0.4-1	D																																																												
MUY FRACTURADA BUENA (MFB)	35-65	3-12	B																																																												
MUY FRACTURADA REGULAR (MFR)	45-55	1-5	C																																																												
MUY FRACTURADA POBRE (MFP)	35-45	0.4-1	D																																																												
MUY FRACTURADA MUY POBRE (MFM/MP)	25-35	0.1-0.4	E																																																												
INTENSAMENTE FRACTURADA REGULAR (IF/R)	35-45	0.4-1	D																																																												
INTENSAMENTE FRACTURADA POBRE (IF/P)	25-35	0.1-0.4	E																																																												
INTENSAMENTE FRACTURADA MUY POBRE (IF/MP)	15-25	0.05-0.1	F																																																												
<b>B</b>	Shotcrete (s=27) + Pernos sist 1.5 x 1.5 m de 7 pías.																																																														
<b>C</b>	Shotcrete (s=27) + Pernos sist 1.5 x 1.5 m de 7 pías.																																																														
<b>D</b>	Shotcrete (s=27) + Pernos sist 1.5 x 1.5 m de 7 pías.																																																														
<b>E</b>	Shotcrete (s=27) + Malla Electro soldada + Shotcrete (s=27)																																																														
<b>F</b>	Shotcrete (s=27) + Malla Electro soldada + Shotcrete (s=27) + O' + Chimbres																																																														
<b>ESTRUCTURA</b> LEVEMENTE FRACTURADA TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD = 75 - 100) (5 A 6 FRACTURAS POR METRO)		(B) (C) (D) (E) (F) LF/B LF/R LF/P																																																													
MODERADAMENTE FRACTURADA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (RQD = 50 - 75) (8 A 12 FRACTURAS POR METRO)		(B) (C) (D) (E) (F) MF/B MF/R MF/P MF/MP																																																													
MUY FRACTURADA MODERAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD = 25 - 50) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)		(C) (D) (E) (F) MFB MFR MFP MFMP																																																													
INTENSAMENTE FRACTURADA PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCIPADAS FORMANDO FRAGMENTOS ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD = 0 - 25) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)		(D) (E) (F) IF/R IF/P IF/MP																																																													

### Perforación

Para los trabajos de avance de desarrollo en la Unidad Minera Cerro Lindo, se utilizan equipos hidráulicos para perforar en una sección de 5 metros por 4,5 metros con dos brazos perforadores. La utilización de equipos con la

tecnología más avanzada ayuda a avanzar los metrajes perforados y permite cumplir con el metraje programado.

Ilustración

8.

Equipo perforación frontonero



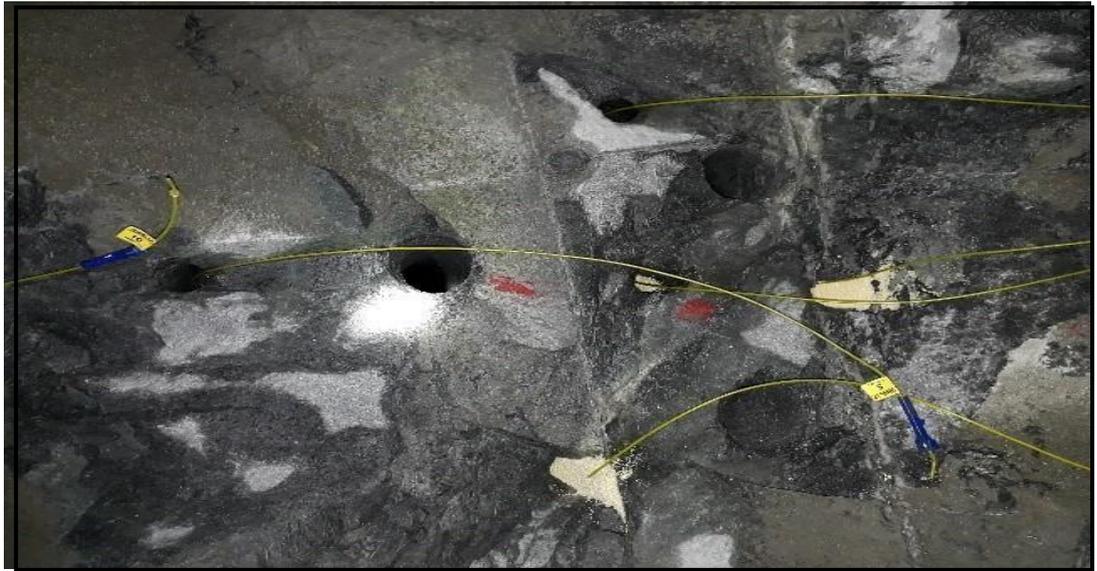
### **Voladura**

El carguío se realiza con un equipo llamado anfoloader (cargador neumático mecanizado). Fanel de periodo corto (15m): Carmex.

Explosivos: cordón detonante (pentacord 5p): emulsión 3000 (2" x12")  
agente de voladura: anfo.

### ***Ilustración 9.***

*Frente cargado y amarrado*



### **Ventilación**

Los ventiladores primarios, los extractores primarios y los ventiladores auxiliares componen el sistema de ventilación de la U.M. Cerro Lindo. Todos estos forman una red compleja que actualmente ingresa 2,000,000 de CFM a la mina, lo que cubre el requerimiento actual de 1,700,000 de CFM. Debido a que se realiza durante el cambio de guardia, se realiza sin tener en cuenta el requisito de voladura.

### **Desate mecanizado**

El desatado utiliza desatadores electrohidráulicos Scaler BTI para hacer caer las rocas sueltas en hastiales, coronas, etc.

El desatado se lleva a cabo en esta área en frentes ciegos como cruceros, galerías, rampas y otros lugares donde las condiciones son inestables por seguridad, así como en otros lugares donde las condiciones son inestables por seguridad el desatado en trabajos donde las condiciones son inestables por

seguridad. También se realiza el desatado de las ventanas de los tajos vacíos para la preparación de tapones de contención de relleno.

***Ilustración 10.***  
***Desatador Mecánico***



*Fuente: Minera Cerro Lindo.*

### **Limpieza y transporte**

La cámara de carguío, que está diseñada para cumplir con las especificaciones El material se mueve a las parrillas del nivel 1820 desde el tajo de extracción del nivel inferior, donde los scoops cargan el material y lo vierten en el camión por este último, o en ocasiones, cuando las parrillas están en mantenimiento, el mineral se mueve a la superficie del Botadero 100, donde pasa al siguiente proceso, que es el chancado.

***Ilustración 11.***  
***Scooptram para limpieza de frentes***



*Fuente: Minera Cerro Lindo.*

### 2.3. Definición de términos

**Análisis de Costos.** método para determinar si un proceso de su empresa o su empresa en su conjunto es rentable.

**Broca.** El elemento cortante del barreno, que generalmente es muy duro o extremadamente duro, se compone de carburo de tungsteno o diamante artificial (carborundo).

**Burden.** Es el camino que se encuentra entre el borde exterior de una malla de perforación y un taladro que está saturado con explosivos. El diámetro de la perforación, las características del material macizo y el explosivo son los principales factores que afectan el peso.

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

**Caja Piso:** Es la roca debajo de la veta.

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

Constituyentes esenciales de los criaderos son: la mena, la ganga y el estéril.

**Contactos litológicos:** que normalmente forman las cajas de techo y piso de una veta.

**Dinamita.** Material explosivo sensitivo al fulminante como vector primordial para desplegar energía. Prioritariamente en las dinamitas el sensibilizador es la nitroglicerina.

**Discontinuidades.** Los planos de origen metamórfico o sedimentario separan las unidades geológicas del macizo rocoso.

**Emulsión.** Son explosivos inversados en aceite y agua de dos fases líquidas; Una fase continua que está formada primordialmente por una fusión de

hidrocarburos y otra fase dispersa en forma de pequeñas gotas de nitrato de amonio en una solución acuosa de sales oxidantes.

**Espaciamiento.** es la distancia que hay entre los taladros de una misma fila o el área de influencia que están llenos de explosivos en una malla de perforación.

**Explotación.** Es un proceso de minado para extraer el mineral económico utilizando los diversos métodos de explotación para posteriormente ser beneficiado en la planta concentradora.

**Explosivos.** Son mezclas de químicos que se descomponen rápidamente y liberan un gran volumen de gases a altas presiones y temperaturas, lo que provoca efectos devastadores.

**Fallas.** Las grietas se han movido. Estas son fracturas pequeñas que se encuentran en áreas locales de la mina o estructuras importantes que pueden atravesar toda la mina.

**Fulminante común.** Es un recipiente de aluminio circular con un sello en uno de sus extremos que contiene una cantidad precisa de explosivo primordial que es demasiado sensible al centello de la mecha de seguridad o a otro explosivo secundario con mayor fuerza detonante.

**Proceso de voladura.** Está compuesto por varios componentes cuyo propósito es generar una explosión (voladura).

**Roca.** La litosfera (corteza terrestre) está formada por rocas que son cualquier combinación natural de minerales.

**Macizo rocoso.** Es la formación geológica natural conformada por la matriz rocosa y sus discontinuidades.

**Matriz rocosa.** - Material rocoso sin discontinuidades o bloques de roca intactos entre discontinuidades Aunque se considera continua, es heterogénea y anisótropa, y está ligada a la fábrica, textura y estructura, así como a los minerales.

**Mena.** parte más valiosa del mineral que se puede utilizar para extraer uno o más metales a un precio razonable.

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

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

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

**Perfil geotectónico:** Es el conjunto de tareas que incluyen investigación subterránea, análisis y recomendaciones para el diseño y construcción de ductos subterráneos.

**Perfil litológico** Es una rama de la geología que estudia la composición y estructura de las rocas, incluyendo el tamaño del grano, las características físicas y químicas, las estructuras metamórficas, entre otras cosas. Su composición, textura, tipo de transporte y material cementante también están incluidos.

**Perforación:** es el primer paso en la preparación de una voladura. El propósito es abrir taladros, huecos cilíndricos en la roca que se utilizan para alojar el explosivo y sus componentes iniciadores.

**Persistencia:** Es la extensión o el tamaño de una discontinuidad. Con menor persistencia, la masa rocosa será más estable.

**Pliegues:** Son intrusiones de roca ígnea de forma tabular que tienen estratos curvados y suelen estar empinados o verticales.

**Potencia.** El ancho o espesor de un yacimiento mineralizado medido en posición vertical frente a las cajas

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

**Relleno:** Los elementos que están dentro de la discontinuidad La masa rocosa es más hábil en materiales duros que en materiales suaves.

**Roca intacta:** Es el bloque que se encuentra entre las discontinuidades y puede ser representado por un trozo de testigo o una muestra de mano utilizada en experimentos de laboratorio.

**Roca meteorizada:** es el proceso de descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrósfera y biósfera.

**Rumbo.** Es la posición de una veta, estrato o manto inclinado en un plano horizontal con respecto al norte magnético.

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

**Yacimiento de Mineral.** Compuesto de uno o más minerales que contiene sustancias metálicas aprovechables, independientemente de su tamaño o forma.

**Zonas de corte:** Son bandas de material de varios metros de espesor donde se produjo el colapso de la roca.

**Zonificación geomecánica.** proceso de separación de áreas con condiciones geomecánicas y comportamiento similares de la masa rocosa.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Si efectuamos el control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno se realizará el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Con el controlar la perforación y voladura por tipo de terreno se reducirá costos en la Compañía Minera Cerro Lindo
- b) Con el análisis de los costos de la perforación y la voladura optimizaremos la malla de perforación en la Compañía Minera Cerro Lindo.

## **2.5. Identificación de las Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente:**

X: Aplicación del Relleno Hidráulico en Pasta en la Compañía Minera Cerro Lindo.

### **2.5.2. Variable Dependiente:**

Y: Rellenar Tajos a Largas Distancias en la Compañía Minera Cerro Lindo.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

*Tabla 1.*  
*Operacionalización de Variables.*

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Control de la Perforación y Voladura por tipo de Terreno en la Compañía Minera Cerro Lindo.	En toda empresa minera uno de los principales problemas son los costos ocasionados en las operaciones, por lo tanto, realizar un control en la perforación y el análisis de sus costos mediante La investigación actual tiene como objetivo optimizar los costos de perforación y voladura para la empresa Minera Cerro Lindo. Se requiere una mayor producción, un mejor control y el uso de cargas explosivas, así como una reducción de los costos operativos, para estandarizar una malla de perforación.	Operaciones Mineras  Planificación Minera  Ciclo de Minado	Sección  Profundidad de taladro  Diámetro del taladro  Burden  Espaciamiento
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo.	Mediante la presente Investigación se busca mejorar los costos de Perforación y Voladura en la Mina Cerro Lindo, mediante el su control y análisis haciendo un cambio en el diseño de malla de perforación y la secuencia de los retardos explosivos, por cada tipo de terreno, permitiendo una fragmentación adecuada en la voladura de avance y un mejor control de la carga explosiva. La empresa tendrá un efecto positivo en la economía, ya que disminuirá los costos de operación de perforación y voladura, aumentará la producción de la mina y brindará mayor seguridad a los trabajadores mientras trabajan.	Unidad Minera  Cerro Lindo	Analisis  Parametros  Costos

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Basado en el Control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno y el análisis de costos se determina que tenemos una investigación del tipo Cuantitativa.

Aplicada: Por la Perforación y Voladura por Tipo de Roca de la Mina Cerro Lindo, teniendo como objetivo el análisis de costos.

Experimental: Por el análisis de costos con la información obtenida en la perforación y voladura para la reducción de costos en las operaciones.

Documental: Por toda la documentación realizada y obtenida durante el proceso de la investigación.

De campo y de laboratorio: Por los resultados obtenidos en el proceso de investigación.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

### **3.3. Método de la Investigación.**

El Enfoque cuantitativo, hipotético deductivo, paradigma positivista y alcance de naturaleza descriptiva.

Método deductivo: Para llegar a una conclusión determinativa, se analizan los datos generales.

Método inductivo: En la obtención de conclusiones a través de la observación y la experimentación, y luego se analizan y se buscan el esquemas o predisposiciones para mejorar y/o solucionar lo detectado.

### **3.4. Diseño de la Investigación**

El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional, que permite efectuar el control de la perforación y voladura para realizar el análisis y determinar un diseño adecuado para la perforación y reducir los costos en las operaciones.

### **3.5. Población y muestras**

#### **3.5.1. Población**

Está determinada por los Tipos de Roca que será los referentes para la ejecución de la investigación, mediante las cuales se logrará determinar los rangos de la perforación y voladura para realizar los análisis.

#### **3.5.2. Muestra**

La Muestra se tomaron en la perforación realizada en cada frente por Tipo de Roca para obtener los resultados requeridos luego de sus respectivos análisis.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

##### **Descripción de las técnicas empleadas**

Recopilación y análisis de data

Se recopila información por cada frente de perforación teniendo como referencia fundamental el Tipo de Roca.

### **Observación directa y toma de datos**

Las observaciones realizadas en cada frente por tipo de terreno, nos dan las referencias necesarias para efectuar la descripción necesaria, para un análisis exhaustivo por cada frente de perforación.

### **Búsqueda de información bibliográfica**

Se tomaron como referencias las informaciones de diferentes mineras que realizaron la misma investigación para minimizar sus costos en la perforación.

### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.**

#### **- Materiales**

Planos topográficos.

Parámetros de la perforación.

Informes Geotécnica – Geomecánica de la Mina.

Reporte de procesos de perforación realizados.

Informe de detalles imprevistos durante la perforación.

Libreta de campo.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La técnica aplicada fue la de llevar un control sistemático por cada tipo de terreno, para tener un adecuado detalle para realizar un adecuado procesamiento y análisis de los datos, que permitirán reducir los costos en la perforación, mediante la aplicación de mejores técnicas de perforación con un adecuado diseño de la malla de perforación por cada tipo de terreno en la Compañía Minera Cerro Lindo.

### **3.8. Tratamiento estadístico de datos**

Las aplicaciones de las unidades experimentales que genera la Perforación y Voladura los detalles para sus analices permiten obtener una estadística en los procesos y lograr un modelo estadístico que refleja los resultados obtenidos en el Control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica (**

La ética tener una referencia a la afirmación de la conciencia individual por lo que se realiza o actúa, proceso fundamental en la formación de la persona tanto profesional como socia, así mismo la aplicación de las reglas impuestas por la sociedad que se deben aplicar y llevar con considerable cuidado para no trabajar con malos hábitos en la vida profesional

## CAPITULO IV

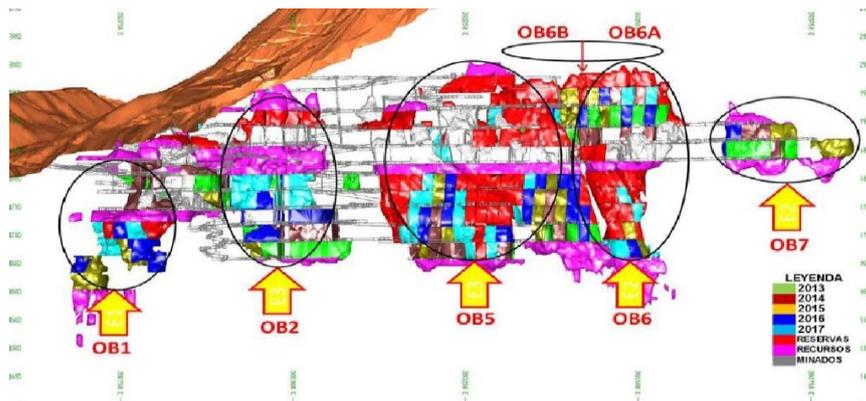
### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Trabajo de Campo.

##### Método de Minado

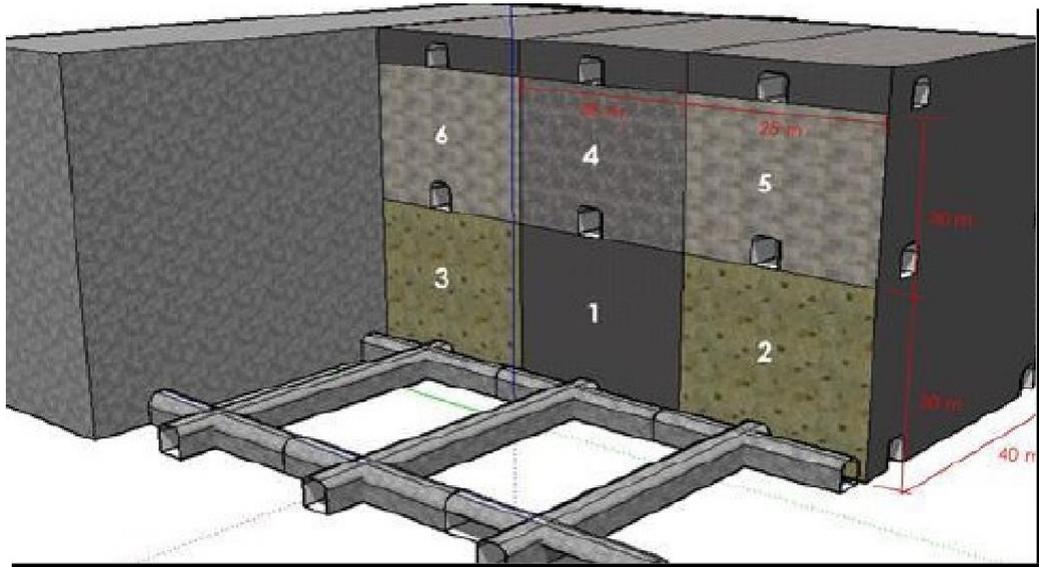
Los paralelepípedos se forman de tal manera que el diseño principal era crear una cruz o una "T" en la parte superior e inferior de cada tajo. La galería transversal se conoce como galería acanalada, mientras que la galería más larga se conoce como galería central o principal. Todos los tajos tienen la misma matriz y cada nivel. configuración.

*Ilustración 12.  
Aplicación de la voladura de Pre-corte en Sublevel Stopping*



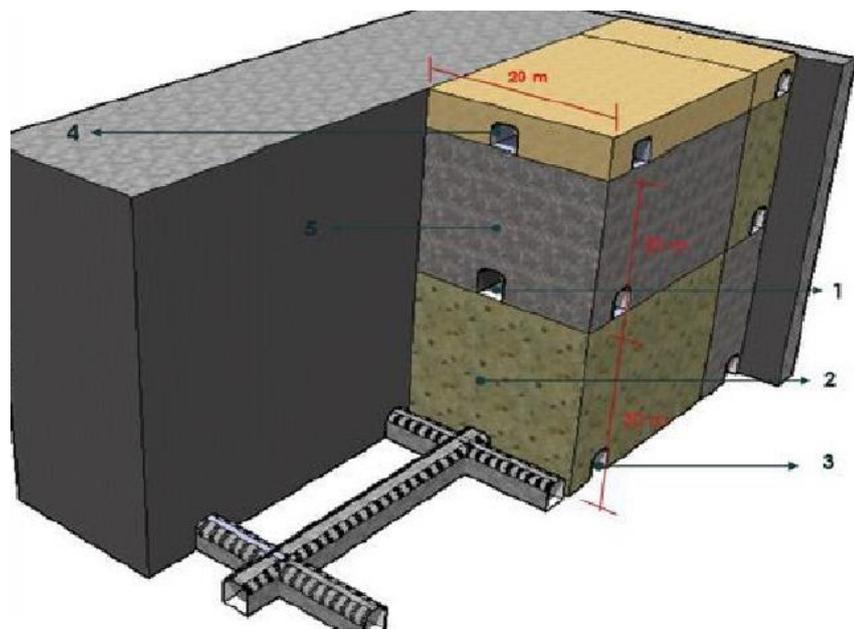
Fuente: UM. Cerro Lindo.

**Ilustración 13.**  
**Aplicación de la voladura de Pre - corte en Sublevel Stopping con taladros en abanico**



Fuente: UM. Cerro Lindo.

**Ilustración 14.**  
**Aplicación de la voladura de Pre - corte en sub level stoping con taladros en abanico**



Fuente: UM. Cerro Lindo.

1. Galería Principal del Tajo y primera ventana de extracción.
2. Tajo base o inferior.
3. Galería Slot del tajo inferior.
4. Galería superior del Tajo intermedio e inferior del Tajo superior.
5. Tajo intermedio de 20m x 30m.

### **Perforación en Avances**

Antes de la perforación de cada frente, el equipo Boomer 282 se utiliza para realizar el IPERC y el Check List del equipo. Esto implica inspeccionar visualmente la zona de trabajo, verificar el uso adecuado de los EPP y verificar si la máquina está en buenas condiciones de trabajo. La perforación de un frente se realiza de la siguiente manera:

#### **Instalación del equipo.**

El equipo debe colocarse en una superficie estable y nivelada. Se alimenta con electricidad.

El agua se usa para eliminar los desechos de los taladros.

#### **Procedimiento de Perforación.**

La perforación comienza con los taladros de arrastre, cada uno de los cuales está equipado con un tubo para evitar que el detritus caiga en los siguientes taladros. Se realizan tres taladros de alivio después de la preparación de los taladros de arranque. La malla estándar consta de 51 taladros, con tres taladros de alivio; sin embargo, la mayoría de las veces, el operador decide, dependiendo principalmente del tipo de terreno a perforar. La barra tiene una longitud de 16 pies, pero solo penetra 15 pies. Esto se debe a la posición del equipo hacia adelante, con un diámetro de broca de 45 mm y un diámetro de alivio de 102 mm.

*Ilustración 15. Jumbo Boomer 282*



*Fuente: U.M. Cerro Lindo.*

### **Desate y Limpieza en Avances**

En la Unidad Minera Cerro Lindo, se consideran avances de frentes como desarrollos, preparaciones de cruceros, rampas, etc. y galerías de exploración.

La siguiente es la descripción del ciclo:

1. Ventilación
2. Carguío y Acarreo
3. Regado y Desatado
4. Sostenimiento
5. Perforación
6. Voladura

### **Procedimiento**

Antes de comenzar las operaciones, los operadores completan el listado de liberación de área y equipo. Al llegar al lugar de trabajo del desatado, se colocan bastones, barras luminosas o conos para limitar o bloquear su espacio.

**Ilustración 16.**  
**Check List de Desatado de Roca**

Registro - CL-MI-ESTD-05-1  
Actualización

**MILPO**  
**CHECK LIST DESATADOR MECANIZADO DE ROCAS**

Guardia DIA  NOCHE  04-05-16

Equipo BT1 # TV

Operador Bernardino Choque

HOROMETRO INICIO 6678.6 FINAL

Condiciones del equipo BIEN  MAL

**VERIFICACIÓN GENERAL DEL EQUIPO**

Chasis.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Chapa de contacto.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tablero: Luces de advertencia, Indicadores.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Mandos Manuales.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Freno de Servicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Freno de Parqueo.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Lunas: Delantera, Posteriores, Laterales.	<input checked="" type="checkbox"/>	X - Necesito cambios.
Brazo Articulado.	<input checked="" type="checkbox"/>	X - tiene demasiado juego por de pesos y balanceo
Martillo.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Chisel o Punta de Martillo	<input checked="" type="checkbox"/>	
Cilindros Hidraulicos	<input checked="" type="checkbox"/>	X - Se cae solo cilindro de luca # el fuga interna.
Mangueras Hidraulicas	<input checked="" type="checkbox"/>	
Luces delanteras.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Luces Posteriores.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Circulina.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Claxon.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Alarma de retroceso.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Espejos retrovisores.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aire Acondicionado	<input checked="" type="checkbox"/>	X - Deficiente en refrigerante
Nivel de Aceite de Tanque Hidraulico	<input checked="" type="checkbox"/>	
Fugas de Aceite Hidraulico	<input checked="" type="checkbox"/>	
Enfriador de Aceite	<input checked="" type="checkbox"/>	X - Recalentamiento del sist. h
Motor Hidraulico.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Llantas delanteras.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Llanta posterior.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Motor Diesel.	<input checked="" type="checkbox"/>	X - Refrigerante del motor llega a temperatura.
Nivel de Aceite de Motor Diesel.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Alternador.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Arrancador.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Fajas de Ventilador y Alternador	<input checked="" type="checkbox"/>	
Filtro Primario y Secundario de Aire	<input checked="" type="checkbox"/>	

**AVISO A MANTENIMIENTO**

FIRMA DE OPERADOR

Vº Bº JEFE DE GUARDIA

*Ilustración 17.  
Bloqueo del Área de Trabajo*



*Fuente: UM. Cerro Lindo.*

Para evitar accidentes, se debe detener el trabajo y informar a la sala de control en caso de carecer de estas herramientas.

Luego, inspeccione el área de trabajo para determinar donde falta el desatado. Después de completar el IPERC, generalmente comienza con coronas y hastiales.

El lápiz (chicel) está inclinado hacia las caídas de rocas para evitar que el equipo caiga.

### **Desate de Rocas**

El desatado utiliza desatadores electrohidráulicos Scaler BTI para hacer caer rocas sueltas en hastiales, coronas, etc.

El desatado se realiza en frentes ciegos como cruceros, galerías, rampas, etc. y en trabajos donde las condiciones son inestables por seguridad.

### **Desatador Scaler BTI**

Son desatadores electrohidráulicos que producen percusión. con 352 HP y un motor diésel de 130 bares.

El desate puede alcanzar una altura máxima de 7m.

Se incluyen dos desatadores en progreso: Scaler BTI 4 y Scaler BTI 5..

**Ilustración 18.**  
*Desatador Scaler BTI 4*



*Fuente: UM. Cerro Lindo*

**Datos de campo:**

El desatador se desplaza del taller de Atlas Copco a las labores de trabajo.

Iniciando el desatado de rocas en el Nivel 1710, con las labores OB2B; Cx. 360, y simultáneamente continua en el mismo Nivel 1710; con las labores OB5B; Cx. (

**Ilustración 19.**  
*Labor de desatado*



*Fuente: UM. Cerro Lindo.*

Realizar un desatado de 3 frentes por guardia, con secciones de 4 por 5.

Realizando los cálculos se tiene un aproximado de 65 m<sup>2</sup> en cada frente con un periodo de tiempo de 1.5 horas. Este proceso puede variar de acuerdo al macizo rocoso, que va cambiando conforme a los avances del minado.

Cabe mencionar que el desatado en terrenos sulfurados (mineral), es mucho más frágil que en desmonte, en comparación al tiempo de desatado.

### **Limpieza**

La unidad minera cuenta con 5 Scooptram CAT y 2 SANDWIK, de 6, 9 y 11

Yd3, para limpiezas de tajos y avances.

*Ilustración 20.  
Scooptram 23 de 9 Yd3*



*Fuente: UM. Cerro Lindo.*

### **Cálculos de números de cucharadas en un frente**

Ancho: 5m

Altura: 4m

Avance:  $\approx$  4m

$$\gamma_{\text{mineral}} = 4 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3}$$

Tonelaje total = 4m\*5m\*4m\*4 = 320 ton en el frente.

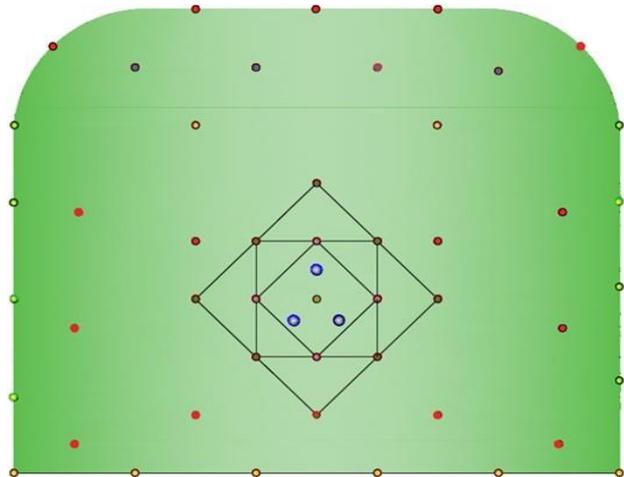
#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

##### Análisis de Perforación en Tres Tipos de Terreno

A continuación, se analiza tres frentes de diferentes terrenos: Sulfuro, Dique y Relleno.

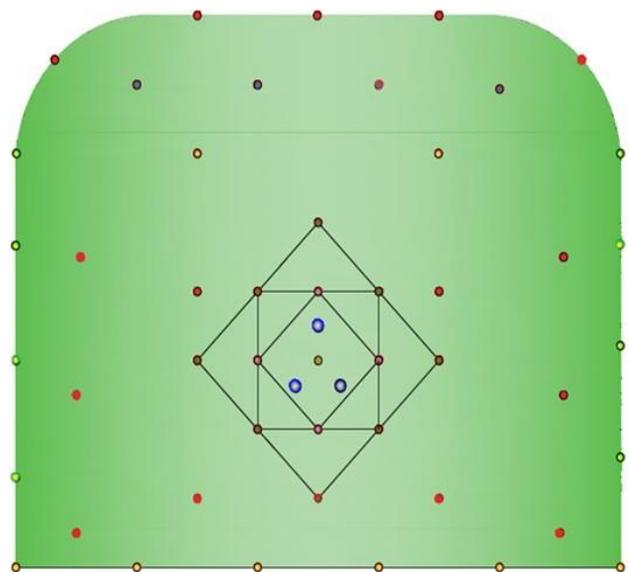
*Ilustración 21.  
Análisis de la Perforación en Terreno de Sulfuros*

N° Taladros	Tiempo de penetración (seg)		
1	120	Labor	Cx 026 Nive I 1710 OB5
2	110	Turno	Día
3	147	Operador	Angel Alcantara y Huaranga
4	123	Hora inicio	09:35
5	126	Hora final	10:55
6	122	Equipo	Boomer 282
7	121	Tipo de frente	Sulfuro
8	138	Φ broca avances	45 mm
9	141	Φ alivio	102 mm
10	118	Long Taladro	15 pies
11	130	Long barra	16 pies
12	126	Tiempo promedio de penetración 45mm:	128.083 segundos
13	130	Metros perforados (Φ=45mm):	219.6 metros
14	117	Velocidad de penetración:	0.0357 m/s
15	122	Tiempo de trabajo	87.00 min
16	104	tiempo de sacado de barra y cambio:	0.39 min/taladro
17	112	Instalación de equipo y Tiempo muerto	15 min
18	132	eficiencia:	160.914 m³/hora
19	132	Tiempo de perforación por taladro:	2.524722 min
20	120		
21	124		
22	120		
23	139		
24	125		
25	146		
26	100		
27	116		
28	123		
29	146		
30	130		
31	140		
32	145		
33	126		
34	125		
35	129		
36	133		
37	153		
38	121		
39	132		
40	134		
41	134		
42	138		
43	133		
44	132		
45	121		
46	124		
47	145		
48	141		
49	305		
50	315		
51	322		



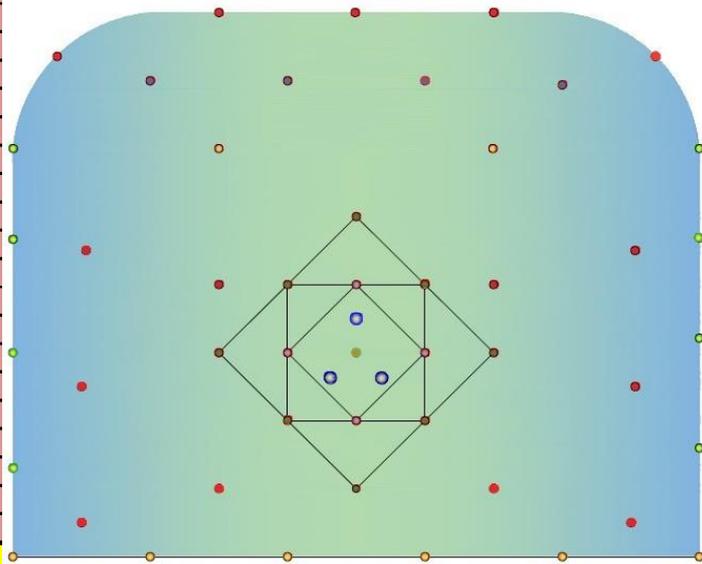
**Ilustración 22.**  
Análisis de la Perforación en Terreno de Diques

N° Taladros	Tiempo de penetración (seg)		
1	120	Labor	Cx 026 Nive   1710 OB5
2	110	Turno	Día
3	147	Operador	Angel Alcantara y Huaranga
4	123	Hora inicio	09:35
5	126	Hora final	10:55
6	122	Equipo	Boomer 282
7	121	Tipo de frente	Sulfuro
8	138	Φ broca avances	45 mm
9	141	Φ alivio	102 mm
10	118	Long Taladro	15 pies
11	130	Long barra	16 pies
12	126		
13	130		
14	117		
15	122		
16	104	Tiempo promedio de penetración 45mm:	128.083 segundos
17	112	Metros perforados (Φ=45mm):	219.6 metros
18	132	Velocidad de penetración:	0.0357 m/s
19	114	Tiempo de trabajo	87.00 min
20	120	tiempo de sacado de barra y cambio:	0.39 min/taladro
21	124	Instalación de equipo y Tiempo muerto	15 min
22	120	eficiencia:	160.914 m³/hora
23	139	Tiempo de perforación por taladro:	2.524772 min
24	125		
25	146		
26	100		
27	116		
28	123		
29	146		
30	130		
31	140		
32	145		
33	126		
34	125		
35	129		
36	133		
37	153		
38	121		
39	132		
40	134		
41	134		
42	138		
43	133		
44	132		
45	121		
46	124		
47	145		
48	141		
49	305		
50	315		
51	322		



**Ilustración 23.**  
**Análisis de la Perforación en Terreno de Relleno**

N° Taladros	Tiempo de penetración (seg)	Labor	Cx 027 Nivel 1710.OB5
1	156	Turno	Día
2	141	Operador	Angel Alcantara y Huaranga
3	146	Hora inicio	13:02
4	155	Hora final	15:01
5	141	Equipo	Boomer 282
6	147	Tipo de frente	Dique
7	158	Φ broca avance	45 mm
8	156	Φ alivio	102 mm
9	156	Long Taladro	15 pies
10	160	Long Barra	16 pies
11	144		
12	148		
13	153		
14	149	Tiempo promedio de penetración 45mm:	149.542 segundos
15	157	Metros perforados (Φ=45mm):	224.175 metros
16	145	Velocidad de penetración:	0.0306 m/s
17	148	Tiempo de trabajo	119.00 min
18	153		
19	150	tiempo de sacado de barra y cambio:	0.39 min/taladro
20	149	Instalacion de equipo y Tiempo muerto	15 min
21	151		
22	152	eficiencia:	119.950 m/hora
23	148		
24	158	Tiempo de perforación por taladro:	2.88 min
25	161		
26	154		
27	142		
28	156		
29	143		
30	145		
31	155		
32	146		
33	155		
34	153		
35	154		
36	145		
37	131		
38	155		
39	155		
40	143		
41	142		
42	151		
43	142		
44	145		
45	143		
46	143		
47	146		
48	152		
49	399		
50	369		
51	350		



**4.3. Prueba de Hipótesis**

La Unidad Minera Cerro Lindo realiza constantemente la evaluación de los trabajos de perforación y voladura, pero requiere en esta oportunidad efectuar

el control de perforación por tipo de terreno por lo tanto en el presente proyecto se tienen las variables Independiente y Dependiente, mediante las cuales se debe acepta la hipótesis: Si efectuamos el control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno se realizará el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources.

**H0:** Control de la Perforación y Voladura por tipo de Terreno en la Compañía Minera Cerro Lindo.

**H1:** Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo.

#### 4.4. Discusión de resultados

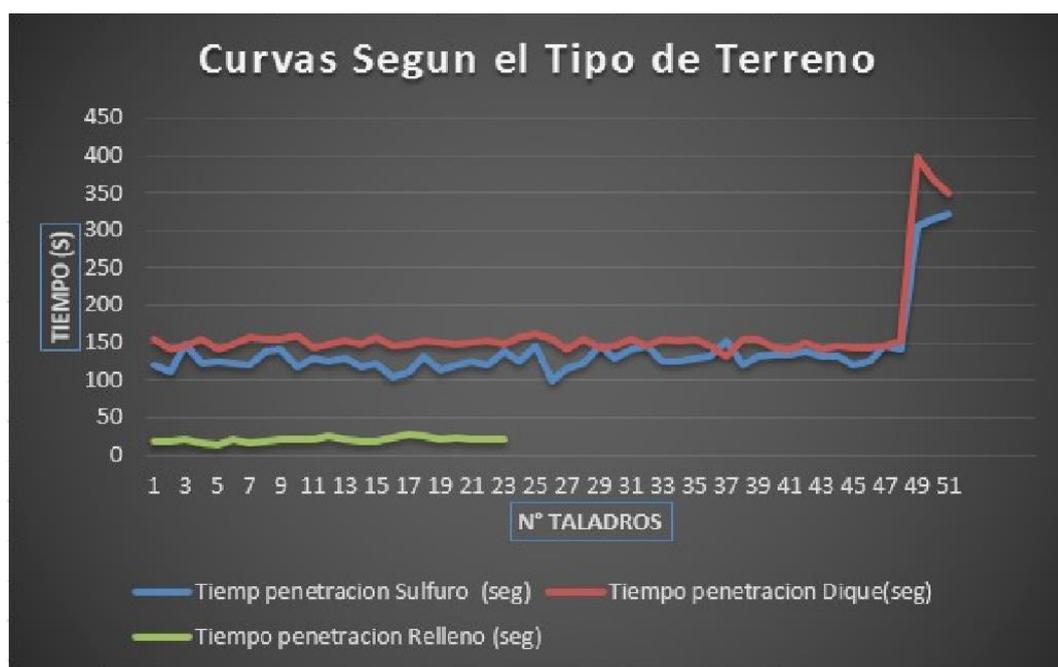
##### Comparación de la Perforación en los Tres Tipos de Terreno.

*Tabla 2. Comparación por Tipo de Terreno*

N° taladros	Tiempo penetración Sulfuro (seg)	Tiempo penetración Dique(seg)	Tiempo penetración Relleno(seg)
1	120	156	18
2	110	141	19
3	147	146	21
4	123	155	17
5	126	141	15
6	122	147	21
7	121	158	17
8	138	156	18
9	141	156	20
10	118	160	22
11	130	144	20
12	126	148	25
13	130	153	22
14	117	149	19
15	122	157	18
16	104	145	23
17	112	148	27
18	132	153	25
19	114	150	20
20	120	149	23
21	124	151	22
22	120	152	20
23	139	148	22
24	125	158	
25	146	161	
26	100	154	
27	116	142	
28	123	156	
29	146	143	
30	130	145	
31	140	155	
32	145	146	
33	126	155	
34	125	153	
35	129	154	
36	133	145	
37	153	131	
38	121	155	
39	132	155	
40	134	143	
41	134	142	
42	138	151	
43	133	142	
44	132	145	
45	121	143	
46	124	143	
47	145	146	
48	141	152	
49	305	399	
50	315	369	
51	322	350	

Fuente: U.M. Cerro Lindo.

*Ilustración 24. Diagrama de Perforación por Tipo de Terreno*



*Fuente: UM. Cerro Lindo.*

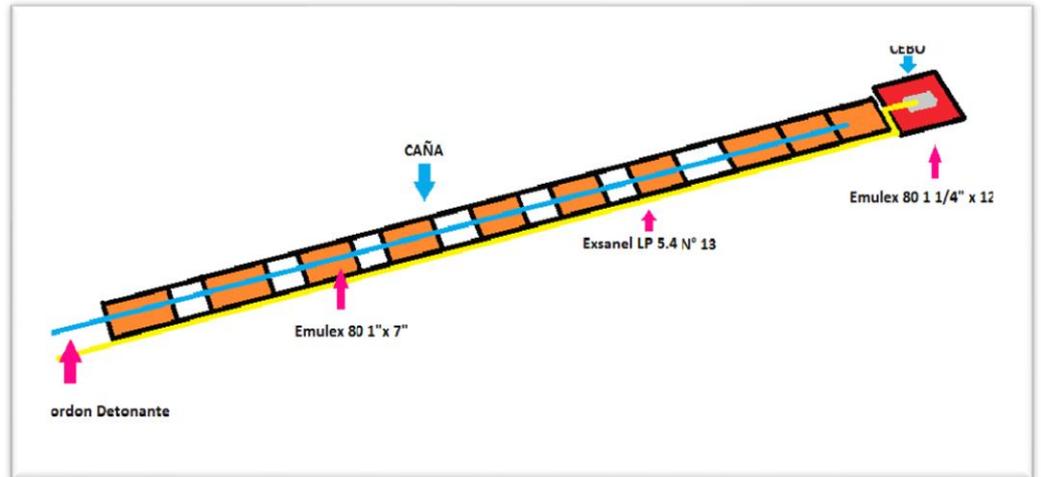
La gráfica muestra que los tiempos requeridos para completar cada taladro varían según el tipo de terreno, con el dique como el más largo, mientras que para los sulfuros disminuyen los tiempos, aunque los tiempos pueden aumentar en algunos taladros, es importante tener en cuenta que hay incrustaciones de diques y que el tiempo de perforación en el relleno disminuye significativamente y casi siempre es constante debido a la pureza del relleno.

### **Voladura en Avances**

### **Carguío de Taladros**

Los taladros de techo se utilizan con un cebo y una caña.

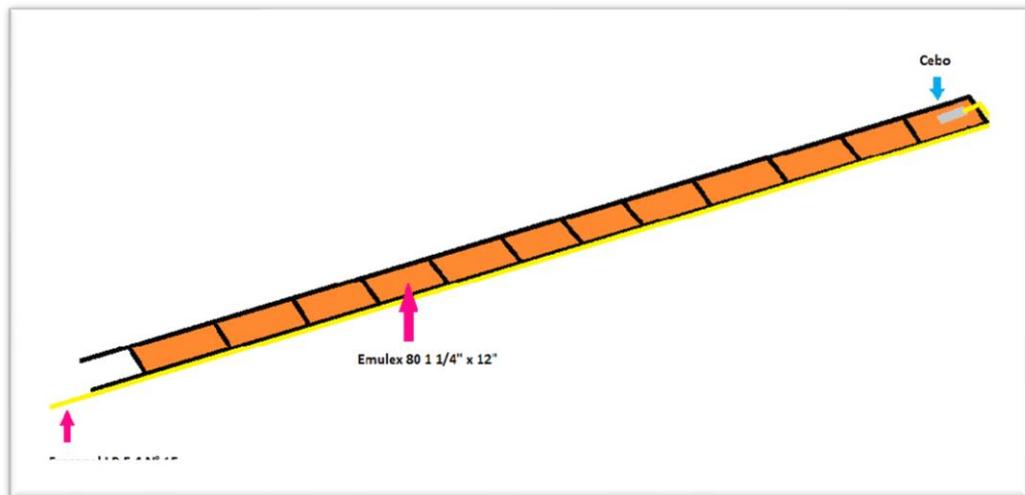
*Ilustración 25. Caña con Cebo*



*Fuente: UM. Cerro Lindo.*

La carga de los taladros de arrastre varía según el terreno, como se muestra en el siguiente gráfico.

*Ilustración 26.  
Caña con Cebo*

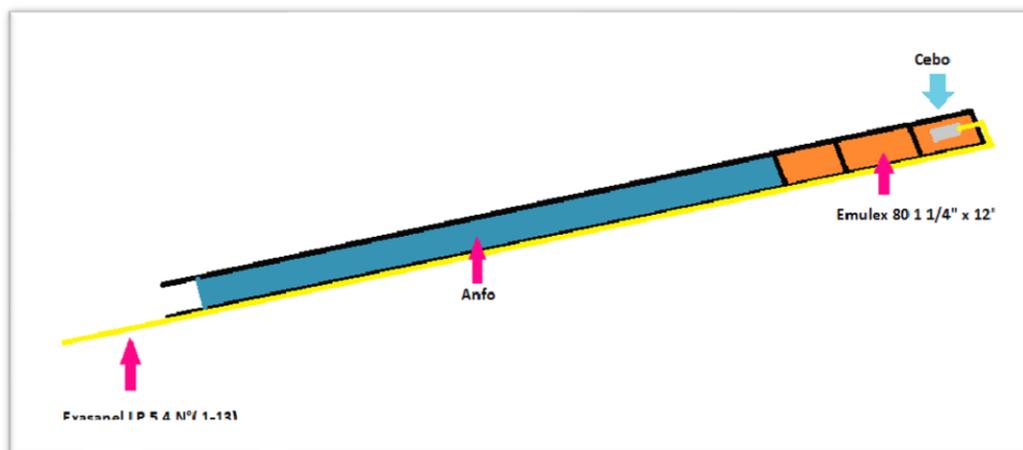


*Fuente: UM. Cerro Lindo.*

Las ayudas y hastiales para taladros de arranque se cargan de la siguiente manera:

**Ilustración 27.**

*Taladro cargado con Anfo y Cebo*



*Fuente: UM. Cerro Lindo.*

**Carguío de taladros**

Análisis de una caja de explosivos:

**Tabla 3.**

*Contenido por Caja de Explosivos*

Emulex 80	cant.	peso caja	Peso Unit Kg
1 1/4" X 12"	94	25	0.266
1" x 7"	120	25	0.208

En la siguiente Tabla se muestra el control de la perforación y voladura efectuado para realizar el análisis de costo en la Compañía Minera Cerro Lindo:

**Tabla 4.**  
*Carguío por Frente*

Tipo	Emulex 80 1" x 7"		Emulex 80 1 1/4" x 12"		Cordon detonante		Exanel			Costo S/	Kilos
	Cantidad	C.U.S/	Cantidad	C.U.S/	Metros	C.U.S/	N°	C.U.S/	Cantidad		
Techo	50	6.26	5	5.99	5	0.71	13	3.44	5	363.7	11.746
Arrastre	0	0	72	5.99	0	0	15	3.48	6	452.16	19.149
Astiales	0	0	24	5.99	0	0	13	3.44	8	171.28	6.383
Arranque y nucleo	0	0	87	5.99	0	0	1	3.35	1	524.48	18.125
							2	3.36	2	6.72	
							5	3.35	2	6.7	
							8	3.37	8	26.96	
							9	3.38	8	27.04	
							10	3.4	8	27.2	
Costo total										1606.24	55.403

**Tabla 5.**  
*Carguío con Anfo por Frente*

2 Guia Ensamblada Carmex 2.40 Mt S/	4.2 s/.
6 sacos de Examon P	150 kilos
precio por kilo	2.1 s/.
N° Taldros	37
Kilos por taladro	4.054 Kilos
costo por taladro de anfo	8.514 s/.
costo por frente de anfo	315

Costo total por frente cargado = S/. 1925.44

**Factor de Carga (FC):**

Volumen de frente volado: 96.075 m<sup>3</sup>

Toneladas voladas por frente: 432.338 Ton

FC: 0.48 Kg/Ton

## CONCLUSIONES

Se logró calcular la velocidad de perforación y la velocidad de penetración.

El tiempo de perforación está relacionado con el tipo de terreno y el diámetro de la broca, según los parámetros mencionados.

Se logró estimar el factor de carga de un frente. Se pueden calcular los metros de avance que se pueden lograr en un mes o en un año utilizando los tiempos de perforación de un frente.

Los malos rendimientos en la voladura de una guardia anterior, trae como consecuencia que el equipo de desate consuma más tiempos efectivos en la guardia siguiente y no pueda avanzar con otros frentes o labores pendientes.

Uno de los principales problemas que originan la falla mecánica de los equipos por sobrecalentamiento, es la ventilación deficiente de las zonas de trabajo.

Mejorar las condiciones de las vías de acceso (rampas, galerías, etc.) para las operaciones porque retrasan el ciclo de minado.

## **RECOMENDACIONES**

La presencia de tiempos muertos es producto de la mala coordinación del operador con el área de mantenimiento para evitar fallas mecánicas como roturas de tuberías de agua, aceite o aire comprimido, se recomienda realizar el programa de mantenimiento.

Verifique el área de trabajo por el supervisor responsable para evitar interrupciones imprevistas en el trabajo, como la falta de trazos de topografía, agua, aire comprimido, energía eléctrica, etc.

Al realizar la carga de los taladros con Anfo, se sugiere supervisar el cargado para evitar desperdiciar el Anfo al llenado de los taladros.

Verificar que la ventilación de las labores de trabajo sea eficiente para mantener un adecuado ambiente de trabajo y evitar demoras en el proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atlas Power Company. (1987). Explosives and Rock Blasting. USA. Caballero A. (2009). Innovaciones en las guías metodológicas para los planes y tesis de maestría y doctorado. Segunda impresión. Lima, Perú: Edit. IM Alen Caro.
- Castillo, J. y Medina, H. (2015). Aplicación de voladura controlada en labores de avance en sección 3.5 m x 3.0 m para la reducción del factor de avance y porcentaje de sobre rotura en Compañía Minera Condestable. Tesis para título profesional de Ingeniero de Minas. Trujillo, Perú: UNTA.
- Contreras, W. (2009). Selección del explosivo adecuado y carga máxima por retardo usando el monitoreo modelamiento y análisis de vibraciones, aplicación en mina Ares, (tesis de pregrado). Lima, Perú.
- Day, R. (2005). Cómo escribir y publicar trabajos científicos: NW-Washington. Estados Unidos. E.E Robocon Servicios S.A.C. (2017 y 2018) – Área de Productividad.
- Exsa. (2002). Manual práctico de voladura. Exsa. (2003). Explosivos convencionales y accesorios para voladura. Segunda edición, Lima, Perú.
- Hoek E. & Brown. (1980). Excavaciones subterráneas en rocas. Mexico: Mc Graw Hill.
- Holmberg, R. (1993). Rock blasting and explosives engineering CRC press, United States of America. <https://es.wikipedia.org/wiki/Voladura>  
[https://www.mindat.org/glossary/smooth\\_blasting](https://www.mindat.org/glossary/smooth_blasting)  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13855149909408030>
- Jimeno, C., Jimeno, E. Y Carcedo, F. (2004). Manual de perforación y voladura de John Standard (1990). Test Method for Specific Gravity, Absorption and Voids in Hardened Concrete.
- KARZULOVIC, Antonio; SISTEMAS DE CALIFICACION Y CLASIFICACION GEOTÉCNICA DE MACIZOS ROCOSOS.
- López Jimeno, C. (1986). Cálculo y diseño de voladura en túneles. Madrid: Institutotecnológico geo minero de España.
- Manual Examine (2000). Departamento de Ingeniería Civil y Mecánica de Rocas – Universidad de Toronto, Canadá.
- Sampieri, H. (1997). Metodología de la Investigación. México: Naucalpan de Juárez.
- Sánchez, Y. (2012). Optimización en los procesos de perforación y voladura en

el avance de la rampa en la mina Bethzabeth (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Central de Ecuador, Ecuador.

Tamayo, M. (1977). Metodología formal de la investigación científica. Comex. Bogotá.

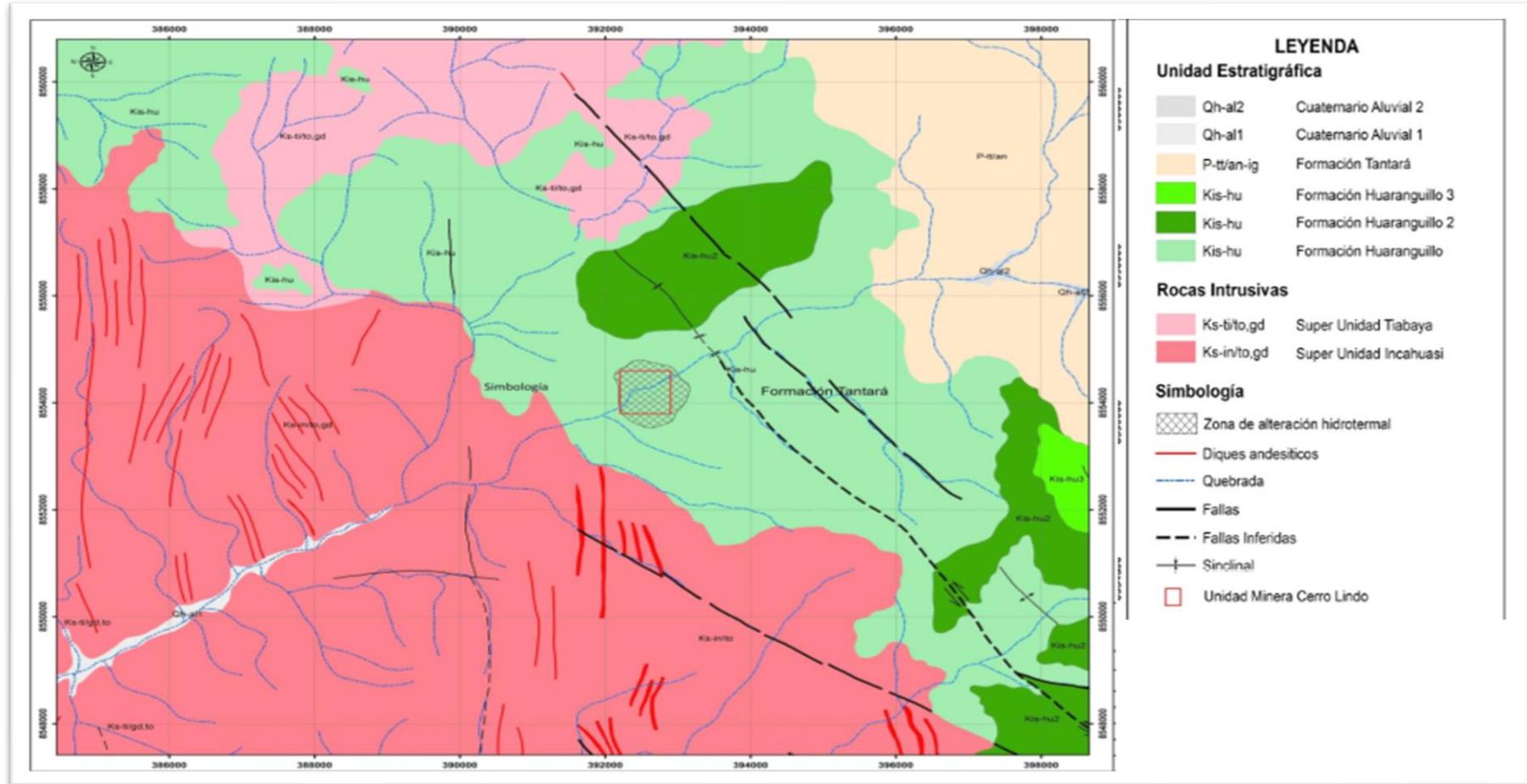
The Kuz – Ram. (2005). Fragmentation model - 20 years on. Cunningham, C.N.B.C.South Africa: African explosives limited. Modder.

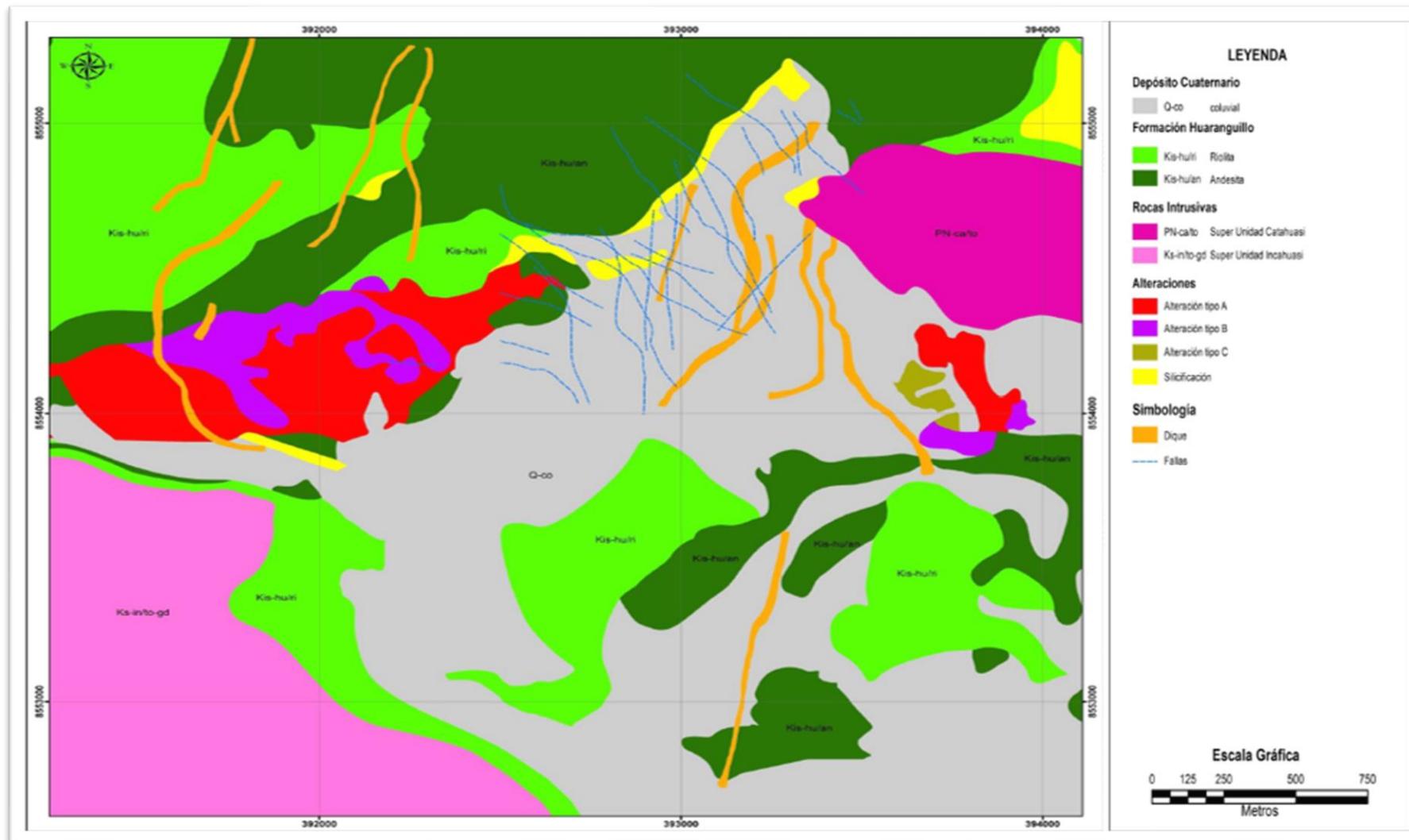
# **ANEXOS**

**Anexo 1.**

*Matriz de Consistencia*

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>						
<b>TÍTULO: Control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources.</b>						
<b>Tesista:</b> Bach. Alexandra Luz SOLORZANO MIRANDA						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TIPO Y NIVEL DE INVEST</b>
<p><b>GENERAL:</b> ¿Es posible efectuar el control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>A. ¿Se podrá controlar la perforación y voladura por tipo de terreno para reducir costos en la Compañía Minera Cerro Lindo?</p> <p>B. ¿Será posible analizar los costos de la perforación y la voladura para optimizar la malla de perforación en la Compañía Minera Cerro Lindo?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Efectuar el control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno para el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>A. Controlar la perforación y voladura por tipo de terreno para reducir costos en la Compañía Minera Cerro Lindo.</p> <p>B. Analizar los costos de la perforación y la voladura para optimizar la malla de perforación en la Compañía Minera Cerro Lindo.</p>	<p><b>GENERAL</b> Si efectuamos el control de la Perforación y Voladura por Tipo de Terreno se realizará el Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo – Nexa Resources.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>A. Con el controlar la perforación y voladura por tipo de terreno se reducirá costos en la Compañía Minera Cerro Lindo</p> <p>B. Con el análisis de los costos de la perforación y la voladura optimizaremos la malla de perforación en la Compañía Minera Cerro Lindo..</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b> X: Control de la Perforación y Voladura por tipo de Terreno en la Compañía Minera Cerro Lindo.</p> <p><b>Variables Dependientes</b> Y: Análisis de Costos en la Compañía Minera Cerro Lindo.</p>	<p>Planeamiento Minero</p> <p>Operaciones Mineras</p> <p>Compañía Minera Cerro Lindo.</p>	<p>Parametros Geotecnicos</p> <p>Geomecanica</p> <p>Metodo de Explotacion</p> <p>Tajos</p> <p>Estabilidad</p> <p>Sostenimiento</p>	<p><b>TIPO:</b> Aplicada.</p> <p><b>NIVEL:</b> Evaluativa.</p>





Geológico Local - Unidad Minera Cerro Lindo

*Anexo 3.*  
*Panel Fotográfico.*



**01. Vista Panorámica Mínera Cerro Lindo**



**02. Área de Parqueo de Transporte de Personal**



**03. Oficinas Generales Cerro Lindo**



**04. Molinos Cerro Lindo**



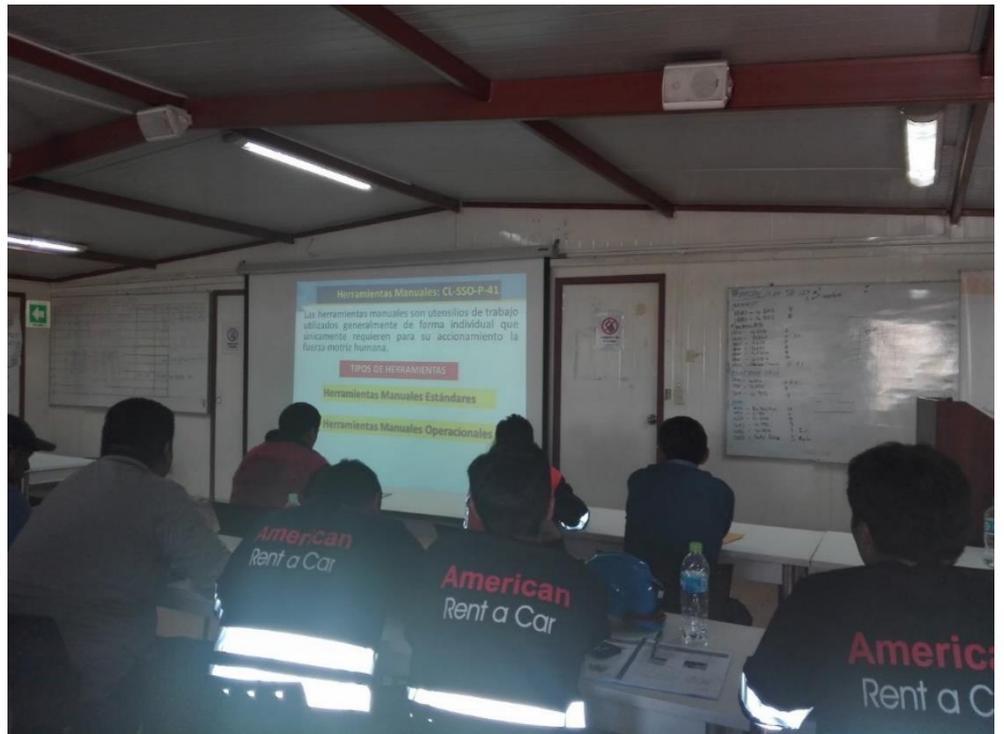
**05. Area de Campamentos Cerro Lindo**



**06. Dia Festivo Cerro Lindo**



**07. Zona de Relaves Cerro Lindo**



**08. Inducción Cerro Lindo**



## **09. Área de Influencia de Cerro Lindo**