

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Elaboración del documento técnico para el desarrollo  
del plan de minado en el inicio de actividades de  
exploración y explotación en la Concesión Minera  
Manjar 15 2020 - Cajamarca, 2021**

Luis Leonardo Dominguez Saavedra

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Cajamarca, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTOS**

Reconozco y agradezco especialmente a mis padres por el apoyo económico y moral que recibí en los momentos más críticos y a la entereza que asumieron. El sendero no fue sencillo y jamás disiparon la confianza. A mis tíos y primos que tampoco me negaron el apoyo, se agradece el cobijo dado durante lo que logré en terminar la carrera.

A la ciudad de Cajamarca por el buen trato de sus ciudadanos. Además, dar gracias a mis amistades cajamarquinas que permanecieron siempre brindándome soporte emocional.

A la empresa minera por compartir los datos y documentación para el desenvolvimiento de este proyecto de tesis.

A mi asesor: Javier Córdova Blancas por la cooperación ofrecida en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Muchas gracias por el sostén ilimitado.

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por ponerme a las personas correctas en los momentos difíciles que pasé, a pesar de las dificultades siempre estuve con él espiritualmente y él me brindo resistencia para permanecer.

Asimismo, mi tesis lo dedico a mi madre y mi padre que han sabido formarme con valores, los cuales me han servido mucho en todo mi recorrido profesional y en la vida misma.

A mis tías y hermanas que continuamente han permanecido conmigo, dándome sus consejos, su soporte y con quienes compartí momentos negativos y positivos de la vida.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Planteamiento del problema	16
1.1.2. Formulación del problema	17
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo general	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. Justificación e importancia	19
1.3.1. Justificación social - práctica	19
1.3.2. Justificación académica	19
1.3.3. Justificación económica	19
1.4. Hipótesis de la investigación	20
1.4.1. Hipótesis general	20
1.4.2. Hipótesis específicas	20
1.5. Identificación de las variables	20
1.5.1. Variable independiente	20
1.5.2. Variables dependientes	20
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes del problema	22

2.1.1. Antecedentes nacionales -----	22
2.2. Generalidades de la empresa W&J Minería y Construcción SAC -----	24
2.2.1. Historia -----	24
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades -----	24
2.3. Geología general -----	26
2.3.1. Geología regional -----	26
2.3.2. Geología local -----	29
2.3.3. Depósitos cuaternarios -----	31
2.3.4. Topografía kárstica -----	33
2.4. Bases teóricas -----	34
2.4.1. Marco legal -----	34
2.4.2. Marco administrativo -----	36
2.4.2.1. Pre calificación legal -----	36
2.4.2.2. Procedimiento para inicio/reinicio de actividades de exploración, desarrollo, preparación y explotación y modificaciones. -----	38
2.4.3. Permisología -----	39
2.5. Diseño de la mina -----	39
2.5.1. Reservas estimadas -----	39
2.5.1.1. Cálculo de las reservas -----	39
2.6. Razón en el croquis de la explotación -----	43
2.6.1. Método de explotación -----	44
2.7. Blasting and Drilling -----	46
2.7.1. Drilling -----	46
2.7.2. Equipos de perforación -----	47
2.8. Cálculo de equipos y maquinarias -----	52
2.8.1. Equipos superficiales -----	52
2.8.2. Clasificación de equipos -----	53
2.9. Explosivos. -----	54
2.9.1. Criterios del explosivo -----	55
2.9.2. Parámetros de la carga -----	55
2.9.3. Explosivos comerciales -----	55
2.9.4. Cálculo de explosivos -----	59

2.10. Estudio geomecánico -----	59
2.10.1. Clasificación geomecánica RMR -----	59
2.10.2. Designación de calidad de roca (RQD) -----	60
2.10.3. GSI (Geological Strenght Index). -----	61
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	63
3.1. Método y alcances de la investigación -----	63
3.1.1. Método de la investigación -----	63
3.1.2. Alcances de la investigación -----	64
3.2. Diseño de la investigación -----	64
3.2.1. Tipo de diseño de investigación -----	64
3.3. Población y muestra -----	64
3.3.1. Población -----	64
3.3.2. Muestra -----	64
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	65
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	65
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	65
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	66
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	66
4.1.1. Análisis del cálculo de recursos y reservas -----	66
4.1.1.1. Cálculo de la potencia promedio. -----	67
4.1.1.2. Cálculo del área, volumen, ley y reservas. -----	68
4.1.1.3. Cálculo de “VOE” Y “ROP”. -----	70
4.1.2. Análisis del cálculo y dimensionamiento de flota -----	70
4.1.3. Análisis del cálculo de explosivos. -----	70
4.1.3.1. Perforación. -----	70
4.1.3.2. Malla de perforación -----	71
4.1.3.3. Voladura y tipo de explosivo. -----	71
4.1.3.4. Requerimientos de explosivos -----	71
4.1.4. Análisis de los componentes mineros. -----	72
4.1.4.1. Canteras -----	72
4.1.4.2. Diseño del tajo -----	72
4.1.4.2.1. Elementos geométricos -----	72

4.1.4.2.2. Elementos operativos -----	73
4.1.4.2.3. Elementos geomecánicos-----	76
4.1.5. Análisis del estudio geomecánico-----	77
4.1.5.1. Parámetros de clasificación geomecánica -----	79
4.1.5.2. GSI (Geological Strengthindex) -----	85
4.1.6. Análisis del Marco Legal -----	86
CONCLUSIONES -----	87
RECOMENDACIONES -----	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	90
ANEXOS-----	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	21
Tabla 2. Distancias en la ruta de transporte Cajamarca - Calera .....	25
Tabla 3. Características físicas de la caliza .....	28
Tabla 4. Cuadro resumen del diseño de mina .....	39
Tabla 5. Potencia en los puntos .....	67
Tabla 6. Puntos específicos de los elementos de la muestra .....	68
Tabla 7. Factores geométricos del depósito .....	73
Tabla 8. Factores operativos a considerar para el diseño de la cantera .....	73
Tabla 9. Características y propiedades a definir en campo para la caracterización del macizo rocoso .....	78
Tabla 10. Resistencia uniaxial de la roca intacta .....	79
Tabla 11. Calidad de la roca. ....	80
Tabla 12. Espaciado de las discontinuidades .....	81
Tabla 13. Descripción del espaciado .....	81
Tabla 14. Descripción de persistencia .....	82
Tabla 15. Presentación de la abertura .....	82
Tabla 16. Tipos de rugosidades .....	83
Tabla 17. Valoración de la Discontinuidades de la estación geomecánica .....	84
Tabla 18. Descripción de humedad .....	85
Tabla 19. Calidad de macizos rocosos en correspondencia al índice RMR .....	85
Tabla 20. Colocación del macizo rocoso .....	86
Tabla 21. Matriz de operacionalización de variables .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Carretera Cajamarca-Bambamarca-----	25
Figura 2. Caliza a describir las características físicas -----	28
Figura 3. Formación de calizas -----	29
Figura 4. Calizas de la fm. Cajamarca en Manjar 15-2020 -----	29
Figura 5. Calizas con fracturas-----	30
Figura 6. Geología general de la zona -----	30
Figura 7. Columna estratigráfica de Manjar 15-2020-----	30
Figura 8. Depósitos fluviales-----	31
Figura 9. Depósitos aluviales-----	31
Figura 10. Rumbo y buzamiento del manto-----	31
Figura 11. Corte geológico de la concesión Manjar 15-2020 -----	32
Figura 12. Calizas de la fm. Cajamarca -----	33
Figura 13. Lapiaces en caliza -----	34
Figura 14. Dolina en calizas -----	34
Figura 15. Cálculo utilizando el método de los perfiles -----	40
Figura 16. Bloque analizado mediante el método de inverso a la distancia-----	42
Figura 17. Perfil de las atribuciones de las leyes en el bloque-----	43
Figura 18. Explotación por bancos-----	45
Figura 19. Estrado o plataforma de trabajo y superior -----	45
Figura 20. Talud del banco-----	45
Figura 21. Ángulo de talud -----	46
Figura 22. Berma de seguridad -----	46
Figura 23. Resistencia a la comprensión simple según el tipo de rocas -----	49
Figura 24. Curvas de tensión-deformación -----	49
Figura 25. Clasificación de los macizos rocosos -----	50
Figura 26. Rapidez de avance condicionado por las RPM -----	51
Figura 27. Gráfico de la velocidad de avance en función del desgaste -----	52
Figura 28. Carguío de excavadora a camiones-----	52
Figura 29. Pólvora negra -----	55
Figura 30. Emulsión-----	59

Figura 31. Cantera a explotar -----	66
Figura 32. Potencia en perfil ABC-----	67
Figura 33. Potencia en punto DE-----	67
Figura 34. Diseño de malla -----	71
Figura 35. Talud del banco en la concesión Manjar 15-2020 -----	74
Figura 36. Ángulo de talud en la concesión Manjar 15-2020-----	75
Figura 37. Corte vertical del aprovechamiento con talud terminable-----	75
Figura 38. Corte de talud -----	76
Figura 39. Diseño de banco de explotación -----	76
Figura 40. Plataforma de trabajo -----	76
Figura 41. Sistematización para describir el macizo rocoso-----	77
Figura 42. Estación geomecánica-----	78
Figura 43. Valoración del RQD -----	80
Figura 44. Rugosidad de la roca-----	83
Figura 45. Relleno de calcita en la roca -----	83
Figura 46. Presencia de agua -----	84
Figura 46. Caracterización del macizo rocoso para estimar la resistencia -----	86

## RESUMEN

La tesis titulada “Elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera “manjar 15 2020” tiene por objetivo la elaboración del documento técnico del plan de minado, la cual se requiere de cálculo de recursos , cálculo de reservas, describir el método de explotación , componentes del proyecto minero, localización geográfica, describir geología, características del depósito, geología local, características geométricas, topografía, hidrología, diseño de la mina ,criterios para el diseño de explotación, estudio geomecánico, procesos productivos, operación minera, ciclo de minado, perforación voladura, requerimientos de explosivos, etc.

El tipo de investigación es descriptiva y explicativa y el método de la investigación inductivo deductivo. Las conclusiones a las que se ha llegado son que en el plan de minado elaborado se requerirán 303 kg de dinamita, 3744 metros de mecha lenta, 3744 metros de mecha rápida, cordón detonante 15600, 7450 Kilos de anfo, 3744 unidades de detonadores o fulminante número 6. En el cálculo de maquinaria se requerirá para el transporte un camión de 20 toneladas de capacidad, una retroexcavadora equipada con cucharón y picotón, la perforación se realizará con YT28 Air leg Jack Hammeya. En el estudio geomecánico nos resulta un RMR de 66 considerándose roca buena, y sin presencia de agua, en el cálculo de recursos y reservas se obtiene mediante el cálculo del método de perfiles e inverso a la distancia obteniendo recursos 832386.56 toneladas métricas, que con un ritmo de producción de 2000 toneladas métricas mensuales da una vida útil de la mina de 34.68 años.

En el lapso de la mejora de la actual tesis se manejó el método analítico, de forma descriptiva y explicativa, vamos a explicar paso a paso desde la geología, método de explotación, cálculo de explosivos, diseño de la mina, etc. Finalmente, la correcta elaboración de un plan de minado lograra el inicio de actividades en la concesión minera “MANJAR 15 2020”.

**Palabras clave:** plan de minado, geología, recursos, reservas, dimensionamiento de equipos, método de explotación.

## **ABSTRACT**

The thesis entitled "Development of the technical document for the development of the mining plan at the beginning of exploration and exploitation activities in the mining concession "manjar 15 2020", has the objective of preparing the technical document of the mining plan, which will be requires, calculation of resources, calculation of reserves, describe the method of exploitation, components of the mining project, geographical location, describe geology, characteristics of the deposit, local geology, geometric characteristics, topography, hydrology, mine design, design criteria of exploitation, geomechanical study, production processes, mining operation, mining cycle, drilling and blasting, explosive requirements, etc.

The type of research is descriptive and explanatory and the method of inductive-deductive research. The conclusions reached are that the elaborated mining plan will require 303 kg of dynamite, 3,744 meters of slow fuse, 3,744 meters of fast fuse, 15,600 detonating cord, 7,450 kilos of anfo, 3,744 units of detonators or percussion caps. number 6, in the calculation of machinery, a 20-ton capacity truck, a backhoe equipped with a bucket and pick will be required for transport, the drilling will be carried out with YT28 Air leg Jack Hammeya, in the geomechanical study we find an RMR of 66 Considering good rock, and without the presence of water, in the calculation of resources and reserves it is obtained by calculating the profiles method and inversely to the distance, obtaining resources 832386.56 Metric Tons, which with a production rate of 2000 Metric Tons per month gives a mine life of 34.68 years.

In the period of improvement of the current thesis, the analytical method was handled, in a descriptive and explanatory way, we will explain step by step from geology, exploitation method, calculation of explosives, mine design, etc. Finally, the correct preparation of a mining plan will achieve the start of activities in the mining concession "MANJAR 15 2020".

**Keywords:** mining plan, geology, resources, reserves, equipment sizing, exploitation method.

## INTRODUCCIÓN

El plan de minado comprende los criterios de construcción, diseño y aplicación en la operación, se emplea para establecer las operaciones unitarias para que ocurra una continuación lógica de las actividades proyectadas. En este sentido, dando cumplimiento a la normativa peruana ambientales vigentes y a fin de poner en marcha el proyecto minero artesanal de la concesión minera, la misma que se aprobó, con CÓDIGO N°010252220 a favor de W&J Minería y Construcción S.A.C, situada en la Carta Nacional 14 - F alcanza 600 ha de amplitud con coordenadas concernientes de la zona 17 UTM.

La Concesión Minera MANJAR 15-2020 se ubica en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Bambamarca, caserío de Apán Bajo. La unidad minera es asequible desde la urbe de Cajamarca cruzando la carretera asfaltada hasta las instalaciones de Minera Gold Field con tramos cortos de carreta afirmada; luego se tiene acceso por la carreta asfaltada de Hualgayoc hasta el caserío Apán Bajo (antes de Bambamarca) y luego hasta las instalaciones de la empresa Fresnillo Perú S.A.C mediante una trocha.

El proyecto, materia de evaluación, consiste en la explotación de roca Caliza. La operación se desplegará en modo *open pit* y se va a extraer mediante bancos, en etapas de perforación y voladura, después se carga, transporta y selecciona la roca hasta los hornos donde se transformará en O Ca (Oxido de calcio).

La actual tesis, presenta los siguientes capítulos: Capítulo I se desenvuelve el planteamiento del problema, objetivos e hipótesis general y los específicos, la justificación e identificación de las variables independientes y dependientes.

El Capítulo II, presenta el marco teórico, explicando los antecedentes del problema, las generalidades de la concesión, unidad minera, las bases teóricas,

base legal del plan de minado, recursos y reservas, geología general, equipos de transporte de minería, equipos de perforación, etc.

El Capítulo III, describe la base de investigación, la metodología y alcance de la investigación, también explica el diseño, nivel de investigación a desarrollar, considerando la población y muestra para su análisis, así mismo explica la recolección y tratamiento de información.

El Capítulo IV, expone el procesamiento, análisis e interpretación de resultado del cálculo de recursos –reservas, cálculo de explosivos, cálculo de equipos, caracterización del macizo rocoso en la Concesión Minera Manjar 15-2020, con la finalidad de lograr el inicio de actividades en la concesión.

El Autor

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La normativa del Perú solicita requisitos para el inicio de actividades en una concesión donde existe mineral de interés. Uno de los requisitos es el plan de minado, el cual es un documento técnico donde explican los parámetros técnicos sobre cálculo de recursos, cálculo de reservas, el método de explotación, componentes del proyecto minero, localización geográfica, describir geología, características del depósito, geología local, características geométricas, topografía, hidrología, diseño de la mina, criterios para el diseño de explotación, estudio geomecánico, procesos productivos, operación minera ,ciclo de minado, diseño del botadero perforación voladura, requerimientos de explosivos ,etc. Este requisito del plan de minado rige en todo el territorio peruano y el ente encargado de su aprobación e inspección es el Ministerio de Energía y Minas y en las regiones a través de la Dirección Regional de Energía y Minas de Cajamarca.

En todo el ámbito nacional existe minería informal e ilegal que no cuentan con un plan de minado y extraen los minerales al margen de la ley. En la región Cajamarca, según el mapa de minería informal del Gobierno Regional de Cajamarca, en el 2010 existieron aproximadamente 60 concesiones informales en actividad extrayendo materiales de construcción, piedra caliza, arena, caolín,

manganeso, carbón de piedra, polimetálicos, sin ningún plan de minado racional perjudicando al estado, al medio ambiente y a la seguridad de las personas.

El plan de minado una vez aprobado debe ser actualizado anualmente. Por eso, es determinante la aprobación de este plan de minado para que el proyecto minero pueda iniciarse; por ende, el mismo debe estar correctamente elaborado para evitar futuros levantamiento de observaciones, los cuales retrasarían el inicio de este proyecto minero.

La presente tesis presentará el plan de minado en la concesión no metálica Manjar 15 2020, el cual se elaborará correctamente para evitar que se generen observaciones que retrasen el inicio del proyecto.

### **1.1.2. Formulación del problema**

- **Problema general**

¿Cómo elaborar el documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo realizar el cálculo de los recursos y reservas, en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020?

b) ¿Cómo realizar el diseño de los componentes mineros en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020?

c) ¿Cómo realizar el cálculo y dimensionamiento de flota en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de

actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020?

d) ¿Cómo realizar el estudio geomecánico en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020?

e) ¿Cómo influye el cálculo de explosivos en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Elaborar el documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

a) Realizar el cálculo de recursos y reservas en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.

b) Realizar el diseño de los componentes mineros en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.

c) Realizar el cálculo y dimensionamiento de flota en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.

d) Realizar el estudio geomecánico en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.

e) Realizar el cálculo de explosivos en la elaboración del documento técnico para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.

### **1.3. Justificación e importancia**

#### **1.3.1. Justificación social - práctica**

El cumplimiento de las normas legales en el Perú fomenta la minería formal, el plan de minado fomenta la extracción racional de los recursos, así se tiene más control sobre los impactos ambientales beneficiando a la sociedad.

El inicio de una operación minera genera trabajo en la mano de obra en la zona de influencia local. Es por ello, que de aprobarse el inicio de actividades en la concesión minera Manjar 15 2020 se hará un trabajo conjunto entre empresa y comunidad para el ascenso de calidad de vida de los residentes.

#### **1.3.2. Justificación académica**

La investigación permitirá ampliar el conocimiento sobre la realización del documento técnico del plan de minado; asimismo, brindar pautas técnicas para los pequeños mineros en el cumplimiento de las normas legales y la correcta elaboración del plan de minado para las personas universitarias, trabajadores, titulares mineros y todas las personas interesadas del rubro minero.

#### **1.3.3. Justificación económica**

La investigación logrará elaborar un correcto plan de minado para evitar las observaciones las cuales de darse generan pérdida de tiempo recursos y ello conlleva al aumento de inversión, también es importante el plan de minado para justificar pasivos ambientales en un futuro evitar multas económicas.

Realizar el correcto plan de minado nos proporcionara la opción más económica técnica y operativamente; por ejemplo, en la elección del explosivo, etc.

## **1.4. Hipótesis de la investigación**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La elaboración del documento técnico del plan de minado influye positivamente en el inicio de actividades en la concesión minera Manjar 15 2020.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) El cálculo de recursos y reservas en la elaboración del documento técnico influye positivamente para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.
  
- b) El diseño de los componentes mineros en la elaboración del documento técnico influye positivamente para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.
  
- c) El cálculo y dimensionamiento de flota en la elaboración del documento técnico influye positivamente para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.
  
- d) El estudio geomecánico en la elaboración del documento técnico influye positivamente para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.
  
- e) El cálculo de explosivos en la elaboración del documento técnico influye positivamente para el desarrollo del plan de minado en el inicio de actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15 2020.

## **1.5. Identificación de las variables**

### **1.5.1. Variable independiente**

Elaboración del documento técnico del plan de minado

### **1.5.2. Variables dependientes**

Inicio de actividades exploración y explotación

### 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Elaboración del documento técnico del plan de minado.	Esta variable significa la elaboración del plan de minado contiene todas las actividades a realizar durante un año. Además, es un documento Técnico que se elabora para obtener las cantidades de Explosivos y Accesorios.	Geología  Geomecánica	Potencia del yacimiento, ley.  Caracterización del macizo rocoso.  ROP, VOE	Cálculo de recursos y reservas.  RMR de Bienaski  Cálculo de explosivos. el cálculo y dimensionamiento de flota Diseño de los componentes mineros
VD: Para el inicio de actividades de exploración y explotación.	Actividades relacionadas a las etapas operacionales de un proyecto minero para su explotación.	• Variables Económicas		

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

- Tesis titulada: “*Propuesta de plan de minado de la cantera Los Chancas III 5Hnos, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca*” de la Universidad Privada del Norte. El objetivo de la investigación es desarrollar la propuesta de plan de minado, diseñar el plan de operaciones anual, caracterizar la geología y la geomecánica del macizo rocoso, calcular las reservas que presenta la cantera y determinar el método y diseño de explotación. El objetivo general es elaborar una propuesta de plan de minado para la cantera Los Chancas III 5Hnos describiendo los diversos parámetros que intervienen de acuerdo a las normas vigentes. (1)
  
- Tesis titulada “*Influencia de un plan de minado en la productividad de la concesión minera no metálica Alsabe 1, El Timbo, departamento de Cajamarca, 2015*” de la universidad Alas Peruanas. La investigación tiene como objetivo proponer un plan de minado, el cual mejore la productividad, minimizar gastos y haciendo el proyecto más rentable con ello tener el permiso para pruebas de minado en la concesión no metálica Alsabe 1, el plan de minado se llevará a cabo a través de la observación del proceso para la implementación de mejoras, las cuales deben ser verificadas. (2)

- Tesis titulada: “*Propuesta de implementación de plan de minado en la cantera Dolomita Jajahuasi 2001*” de la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo de la investigación es calcular las reservas probadas y probables del yacimiento, proponer un plan de minado basado con un ritmo de producción promedio 341 000 t anuales con la maquinaria suficiente para que se cumpla con la programación. La conclusión de la implementación de un plan de minado en la cantera de dolomita es factible debido a que el cálculo de reservas hecho en la investigación arroja que se tiene 22 3634 470.51 t de mineral entre las reservas probadas y probables, lo que representa una vida de mina de 65 años al ritmo de producción propuesto. (3)
- Tesis titulada: “*Propuesta de plan de minado en la concesión no metálica Monte Alto caserío Shiguas, distrito de Bambamarca provincia de Hualgayoc Cajamarca, 2019*” de la Universidad Privada del Norte. El objetivo de la investigación es desarrollar la propuesta de plan de minado, caracterizar la geología, evaluar los factores hidrológicos e hidrogeológicos y la geomecánica del macizo rocoso, calcular las reservas que presenta la cantera y determinar el método y diseño de la explotación. La conclusión indica que se pretende explotar 880 toneladas mensuales, 10560 toneladas anuales, sus reservas totales son 67992.3 toneladas de caliza para explotar, la vida de la mina es 6 años 5 meses con un rop de 40 t/día, el método de explotación es a cielo abierto mediante bancos ascendentes, la cara del banco es de 600, el ancho de vía 6 metros, la pendiente de vía debe tener 10 %, 1 metro de ancho de banquetta y la altura del banco debe ser 2 metros.(4)
- Informe de Experiencia Laboral titulado: “*Desarrollo del plan de minado para el proyecto Conga*” de la Universidad Nacional de Trujillo. El informe se encarga de hacer una compilación de la experiencia profesional investigador donde menciona el proceso para generar los planes de minado del proyecto conga que incluyen dimensionamiento de flotas, secuencia de minado plan de descargas de desmonte según las restricciones propias del proyecto y yacimiento. (5)

- Tesis que lleva como título: “Planeamiento minero para el contrato de concesión hkn-08071, mina La Esmeralda ubicada en los municipios de Jenesano y Tibana departamento de Boyacá” de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. La investigación presenta el caso de mina esmeralda en Boyacá-Colombia, la cual describe cada una de las fases de desarrollo, preparación y explotación considerando parámetros geológicos, estructurales, ambientales y de normas legales de Colombia con el fin de realizarlo rentable económicamente, se estableció método de explotación, cantidad de reservas explotables disponibles, vida optima de la mina. Se llega a la conclusión que tendrá 5 años de vida útil del yacimiento será una explotación minera semimecanizada. (6)

## **2.2. Generalidades de la empresa W&J Minería y Construcción SAC**

### **2.2.1. Historia**

La empresa que está a cargo del proyecto es W & J Minería y Construcción SAC especializada en fabricación de cemento, cal y yeso. La fecha de creación y fundación fue 24/05/2010, registrada como una Sociedad Anónima Cerrada. Su Gerente General es Urrutia Carrera Julissa Katerine (desde: 13/05/2010), el proyecto donde se va a realizar la extracción de cal, antiguamente extraía de manera artesanal por los pobladores aledaños, luego fue concesionado a la empresa Fresnillo Perú S.A.C y por último dando la posta a la empresa W & J Minería y Construcción SAC, la cual se encargará de desarrollar el proyecto de explotación no metálica Manjar15-2020.

### **2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades**

El proyecto minero se desarrollará en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc y departamento de Cajamarca. Las coordenadas UTM de la concesión son: n 9258000 e 769000; n 9255000 e 769000; n 9255000 e 768000; n9258 000 e768000.

La accesibilidad para ingresar a la unidad es: para llegar a la concesión Manjar 15-2020 se realiza en 2 trechos.

- **Cajamarca – Apán Bajo:** se usa esta carretera para llegar hasta la intersección de la trocha que nos lleva a las instalaciones mineras. Se conduce hasta el km 80 de la carretera Cajamarca – Bambamarca, el viaje dura 1 hora 20 minutos 0.94 km desde el desvío hasta la misma cantera.



**Figura 1. Carretera Cajamarca-Bambamarca**

- **Trocha carrozable Apán Bajo – instalaciones mineras:** hay 3 km desde el desvío hasta la misma cantera.

**Tabla 2. Distancias en la ruta de transporte Cajamarca - Calera**

Ruta	Distancias (km)	Vías terrestres	Tiempos
Cajamarca – Apán Bajo	80	Carretera asfaltada y afirmada	1 hora 20 min.
Apán Bajo – Calera	3	Trocha carrozable	10 min
<b>Total</b>	<b>83</b>		<b>1 horas 30 min.</b>

## **2.3. Geología general**

### **2.3.1. Geología regional**

El depósito no metálico del cual se está generando el recurso presenta rocas calizas de la formación geológica Cajamarca, compuesta de calizas con intercalaciones de lutitas. La caliza es un tipo de roca sedimentaria que en su mayoría es carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), pero casi siempre tiene compuestos de ( $\text{MgCO}_3$ ) conocido como magnesita y demás carbonatos. Adicionalmente, a veces sujeta minúsculas proporciones como cuarzo, arcilla, siderita, etc. Las calizas son fácilmente reconocidas debido a su carácter monomineral, su característica física es que en la escala de mohs es menor que el mineral del cobre y según la escala de mohs es 3, y su característica química es que reacciona con ácidos como con el ácido clorhídrico produciendo efervescencia que es fácilmente observable.

#### **2.3.1.1. Propiedades de la caliza**

La propiedad más significativa de la piedra caliza es que es permeable. Cuando la caliza reacciona con el agua se produce la disolución, donde el carbonato de calcio se va a disolver. La caliza tiene exfoliación romboédrica perfecta, sistema cristalino romboédrico, dureza 2-3 en la escala de mohs, color blanco negro gris azulado, color de raya blanco, la caliza comercial tiene una densidad  $1.922 \text{ kg/dm}^3$  y la densidad bruta es  $2,242 \text{ kg/dm}^3$  y brillo opaco. Sujeta silicatos y sílice en varias proporciones.

#### **a) Tipo básico**

La caliza es del tipo porosa generalmente compuesta de carbonatos entre el más característico se encuentra el carbonato de calcio, también existe la dolomita que mayoritariamente en su contenido de carbonato de magnesio. La roca caliza es resistente a los fenómenos como la meteorización, es por ello que edificios y construcciones antiguas han permanecido hasta la actualidad con el mínimo de deterioro por los fenómenos como la meteorización, pero el contacto con el agua de la lluvia o de los ríos provoca la disolución de la caliza, transportando la caliza logrando que la caliza tenga la erosión kárstica. La caliza es indispensable en la fabricación de cementos, asimismo están los briozoos fosilizados que es una red

de estructuras regular generalmente de fango calizo o comúnmente llamado orgánico de briozoos.

### **b) Composición química**

Está conformado por  $CaCO_3$ ,  $Mg$  y  $K$ , así mismo algunos tienen añadido sustancias nutritivas. Contiene cristales del tipo prismáticos romboédricos, escalenoedros, a veces con mezcla entre ellos; normalmente con acumulación fibrosas, laminares, psolifica, estalactita, maclas y variadas.

### **c) Dureza**

La resistencia al ser rayada se considera dureza relativa, esta es comprobada mediante la escala de mohs. La textura granular es considerada de fina a gruesa y su característica principal es que es rasposa.

### **d) Densidad**

Esta característica va condicionada a la altura donde esta se encuentra dentro del depósito; asimismo, depende de los restos fósiles y silicatos que está contenida en el yacimiento, pero generalmente es mínimo. El color predominante es el blanco y diversos según el tipo de impurezas según el color estas pueden variar de pardo, incoloro, amarillo, rosa, gris, blanco. Asimismo, se puede cometer el error de identificar el mineral por el color el cual es erróneo ya que unos minerales tienen el escalafón de colores. La forma correcta de tener un indicador más aceptado es al hacer la raya, tomar el polvo que queda y colocarlo en una placa de porcelana así se podrá apreciar si es brillo de opaco a cristalino, vítreo, traslucido a terroso; por ejemplo, el brillo cristalino de la dolomita.



**Figura 2. Caliza a describir las características físicas  
Tomado del Departamento de Geología**

**Tabla 3. Características físicas de la caliza**

Características físicas	
Densidad	2.7- 2.72
Brillo	Vítreo
Raya	Blanca
Dureza	4

**Tomado del Departamento de Geología**

#### **e) Ambiente de depósito**

Se considera roca caliza al cual contiene el 50% de  $\text{CaCO}_3$ , con variaciones porcentuales de impurezas. Generalizando se considera cualquier material que contenga  $\text{CaCO}_3$ , ejemplo, margas, coral, travertino, creta, mármol, cada uno de estos minerales tiene propiedades físicas diferentes, pero para caliza en sí, solo se considera el mineral que está compuesto por calcita, que mediante la calcinación resulta cal viva. El proceso de meteorización de la roca caliza no solo contiene  $\text{CaCO}_3$  sino también carbonato de hierro  $\text{FeCO}_3$ , al tratarse resulta solución de caliza y residuos de  $\text{FeO}$ .



**Figura 3. Formación de calizas**

### 2.3.2. Geología local

La geología local corresponde al cuadrángulo de Cajamarca (14f) y la concesión corresponde a la cordillera occidental.

Posee su procedencia de la era Mesozoico y Cretáceo Superior, alineación Cajamarca (ks-ca). Con una potencia de afloramiento de 15 metros como observamos en la figura 4.

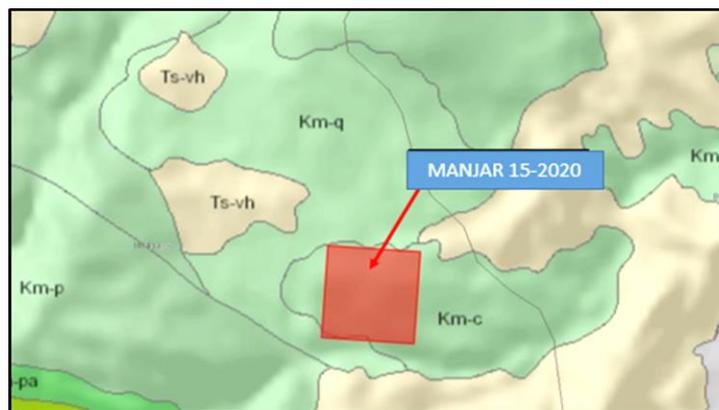


**Figura 4. Calizas de la fm. Cajamarca en manjar 15-2020  
Tomado del Departamento de Geología**

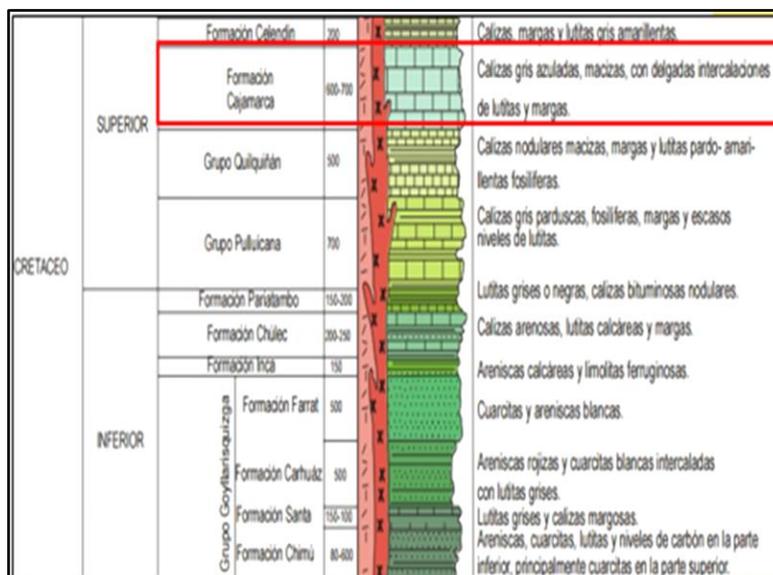
Se basa mayoritariamente de calizas azuladas, gris oscura, con estrechas interposiciones de lutitas, se halla numerosos fósiles.



**Figura 5. Calizas con fracturas**  
Tomado del sector Geología



**Figura 6. Geología general de la zona**  
Tomado del sector Geología



**Figura 7. Columna estratigráfica de manjar 15-2020**

### 2.3.3. Depósitos cuaternarios

#### 2.3.3.1. Depósito fluvial

Es el material que ha sido acumulado por los ríos. El material está condicionado por la geografía donde transita el río, así como del sitio en el que es removido.



*Figura 8. Depósitos fluviales*

#### 2.3.3.2. Deposito aluvial

Materiales depositados en las depresiones mayormente continentales, trasladados por las aguas de los ríos.



*Figura 9. Depósitos aluviales*

#### 2.3.3.3. Rumbo y buzamiento del manto



*Figura 10. Rumbo y buzamiento del manto*

En campo se tomaron estas medidas con brújula tipo bruntom rumbo 45° norte este y el buzamiento 38° sur este.

#### **2.3.3.4. Tipo de depósito**

Estas calizas se encuentran estratificadas; por tanto, el tipo de depósito es no metálico – sedimentario – estratificado. Según la clasificación genética de los yacimientos minerales (Smirnov, 1976) es de serie exógena del grupo sedimentario de la clase químicos.

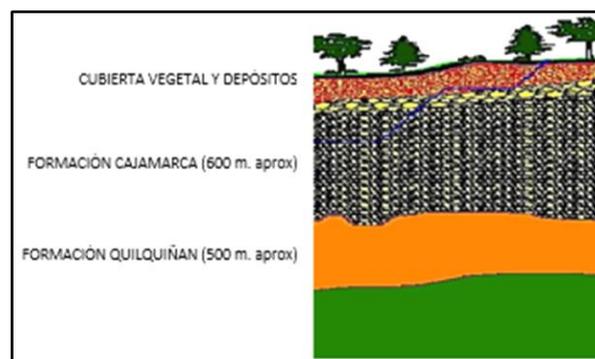
De acuerdo a esta clasificación, el depósito es químico ya que su ambiente de formación es netamente sedimentario.

#### **2.3.3.5. Origen biológico**

Las calizas que se descubren en yacimientos se han formado en épocas pasadas donde la tierra y el clima eran más cálidos que en la actualidad, cuando no existía los polos y el nivel del mar era superior al actual. En ese tiempo las zonas de los continentes estaban cubiertas por mares epicontinentales poco profundos. Actualmente, se desarrollan pocas plataformas carbonatadas unos de los pocos son los arrecifes los cuales fijan el carbonato de calcio marino.

#### **2.3.3.6. Características geométricas**

Este yacimiento de rocas calizas es un yacimiento regular; ya que se presenta en capas. Se presenta como depósito monomineral. A la ganga se le llama sustancia inútil, en este caso serían las arcillas y óxidos.



**Figura 11. Corte geológico de la concesión manjar 15-2020**

### 2.3.3.7. Potencia de la roca

La concesión se encuentra en la cordillera occidental. Perteneciente a la era Mesozoica Cretáceo Superior. En la figura 10 se observa la potencia del afloramiento la cual es de 15 metros de potencia.



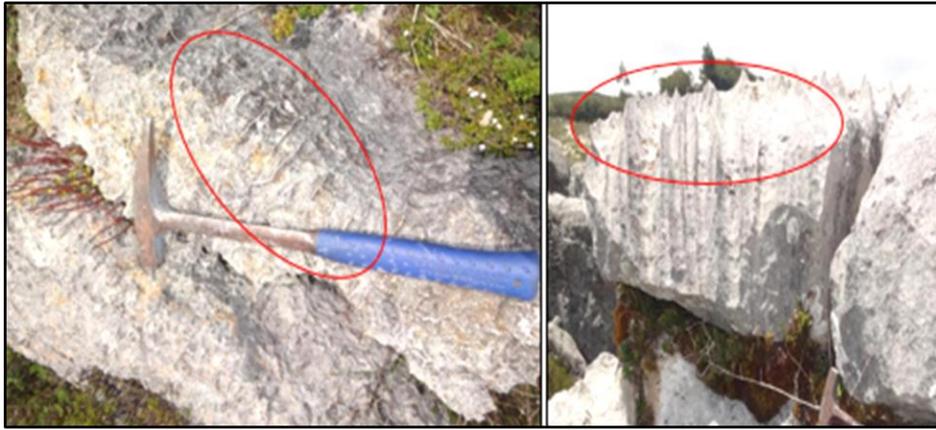
*Figura 12. Calizas de la fm. Cajamarca*

### 2.3.3.8. Potencia de la formación Cajamarca

En su mayoría está formada por caliza azulada o gris oscura, con tenues combinaciones de lutitas, donde se descubre numerosos fósiles la cual se observa aproximadamente entre 599 a 700 metros.

### 2.3.4. Topografía kárstica

Esta topografía se forma generalmente en los lugares donde abunda la lluvia; por ejemplo, Cajamarca y se aprecia cuevas, arroyos subterráneos, grietas, sumideros, el lecho se integra de roca carbonatada rica. Se forma mediante la meteorización de la roca que tiene carbonato y se da en época de lluvia el agua al bajar obtiene bióxido de carbono del aire, cambiando tenuemente ácida, va diluyendo la roca durante su formación. En la concesión minera se puede observar lapiazes como en la figura 13 y dolinas como en la figura 14.



**Figura 13. Lapiaces en caliza**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica**



**Figura 14. Dolina en calizas**

## **2.4. Bases teóricas**

La presente investigación se ejecutará en la concesión minera Manjar 15-2020, la empresa que desarrollará el proyecto está especializada en fabricación de cemento, cal y yeso. Fue instituida y constituida el 24/05/2010, inscrita adentro de las sociedades mercantiles y comerciales como sac. (sociedad anónima cerrada).

### **2.4.1. Marco legal**

El marco legal aporta los cimientos en donde las instituciones edifican y establecen la naturaleza y el alcance de la aportación de las empresas, personas naturales en este caso en el área de minería. El marco legal para antes, durante y después del inicio de actividades en el rubro minero se hallan en un buen número reguladas e interconectadas entre sí.

Su soporte en el país es la constitución y la legislación suprema, que se integra con la legislación decretada por un parlamento, durante la etapa republicana se han ido dando leyes promulgadas las cuales han ido cambiando con el tiempo. Dentro de las provisiones legales se encuentran ambientales, tributarios, sociales y laborales

El marco legal faculta a la autoridad en el Perú, el cual es el MINEM, quien administra los recursos en materias primas y minerales de valor económico de forma racional, socialmente, laboralmente y ambientalmente responsable.

#### **2.4.1.1. Decreto Supremo Nº018-92-EM**

Este decreto establece las instrucciones que corresponden perseguir los titulares mineros quienes son los administrados ante los entes jurisdiccionales administradores mineros para practicar la acción minera. Detallaremos los artículos más importantes del DS 018-092.

##### **a) Anexo I “Autorización para reinicio e inicio de actividades”**

En el anexo I encontramos todo lo que nos solicita para la permisión del inicio de las actividades de explotación, así como el reinicio cuando la actividad minera a estado paralizada en cualquier tipo de concesiones y modificaciones según el tipo de explotación *open pit* o *underground*.

##### **b) Explotación de material para construir en todo tipo de concesiones de *open pit*.**

Para la explotación a cielo abierto se solicita plano de ubicación de las instalaciones de la mina, planos topográficos geotécnicos hidrológicos, hidrogeológicos, y zona sísmica, plan de minado conteniendo (geología económica local, estructural, regional), elección del método explotación, reservas, planeamiento y demás detalles técnicos, diseño de los tajos, diseño de los botaderos, diseño de los almacenamiento de explosivos y sub estaciones de energía, casa fuerza, instrucción de seguridad, salud laboral, límite de explotación, cronograma de acciones.

### **c) Explotación en *underground* para todo tipo de concesiones.**

Para explotación subterránea se solicita planos ( instalaciones de la mina, topográficos, geotécnicos hidrológicos, hidrogeológicos, y zona sísmica, plan de minado conteniendo, geología económica local, estructural, regional), elección del método explotación, reservas, planeamiento y demás detalles técnicos, diseño de los tajos ,diseño de los botaderos, casa fuerza, diseño de los almacenamiento de explosivos y sub estaciones de energía , ventilación, programa de avance, casa fuerza, instrucción de seguridad , salud laboral , límite de explotación , cronograma de acciones.

### **2.4.2. Marco administrativo**

El ente encargado de disponer los recursos minerales es el MINEM y su similar en la región Cajamarca es la DREM Cajamarca.

#### **2.4.2.1. Pre calificación legal**

Es la documentación de la empresa y/o persona natural que se requiere, documentación saneada sobre el terreno donde se va a realizar el proyecto minero. Esta documentación debe estar actualizada ya que es requisito indispensable para proseguir con el proceso de inicio de actividades.

#### **a) Testimonio de escritura pública**

La escritura pública es la documentación que da fe que la empresa se ha constituido de forma legal. Este testimonio corresponde sellado y firmado por el abogado e incluir la firma de todos los colaboradores de la sociedad, incorporando los esposos de ser necesario.

#### **b) Ficha ruc de la empresa que va a desarrollar el proyecto.**

La ficha RUC es la documentación donde describe todos los datos de los contribuyentes y la condición tributaria. Dentro de la ficha ruc están incluidos los siguientes términos de seguridad, firma digital de la SUNAT, código QR, número de transacción.

**c) Copia legalizada del DNI del representante de la empresa.**

Es una copia del documento de identidad legalizada por un notario.

**d) Título de la concesión minera**

Este autoriza al titular la facultad a exploración y explotaciones de elementos minerales metálicas o no metálicas, previa autorización de determinados títulos habilitantes otorgados por las autoridades multisectoriales competentes.

**e) Resolución aprobando el estudio ambiental**

Esto lo da la oficina de asuntos ambientales con opinión favorable de la ANA si fuera necesario, asimismo se debe precisar que para un proyecto considerado pequeña minería el estudio ambiental requerido es la día “Declaración de impacto ambiental” , esta resolución faculta al proyecto con una certificación ambiental para que se pueda desarrollar el proyecto minero.

**f) Resolución de concesión de beneficio.**

Si el proyecto va a dar algún tratamiento físico, físico químico de mineral extraído se requiere una concesión de beneficio, esta resolución es brindada por la DREM Cajamarca o en su defecto por el Ingemmet, en el caso que estuviera en trámite se puede realizar una declaración de compromiso que va a realizar el trámite para la concesión de beneficio.

**g) Certificado de calidad emitido por un laboratorio externo**

El certificado de calidad de la cal debe ser emitido por un laboratorio autorizado para estos fines, lo cual nos va a indicar la granulometría de este depósito de cal como el % de o ca, existente en la muestra.

**h) Resolución de la Sucamec autorización de explosivos**

Resolución de la Sucamec que informa que la empresa cuenta con la permisión de uso de explosivos.

#### **2.4.2.2. Procedimiento para inicio/reinicio de actividades de exploración, desarrollo, preparación y explotación y modificaciones.**

Para cada actividad minera, el titular debe seguir el procedimiento estipulado al ente encargado el cual puede ser el MINEM, o la dirección regional de cada gobernación regional según la división política la cual pertenezca.

##### **a) Para el inicio de actividades de exploración. “artículo 75”**

La solicitud la debe presentar el titular mediante el formulario el cual es electrónico el cual debe contener el seudónimo, código, número del instrumento ambiental, programa de trabajo y seguridad, Cira, Declaración Jurada de Propiedad del Predio, acreditación del Ministerio de Cultura del ámbito geográfico donde se va a realizar la exploración, la tramitología no demora más de 15 días.

##### **b) Para el inicio o reinicio de las actividades de desarrollo, preparación (incluye plan de minado y botaderos)**

El titular minero debe presentar el instrumento ambiental, documento donde acredite ser propietario de la parte superficial donde se desarrollará el plan minero y todos sus componentes, autorización del ministerio de transporte si aqueja carreteras.

##### **c) Para el inicio o reinicio de las actividades de explotación.**

El titular tiene que advertir a la Dirección Regional de Energía y Minas para que este empiece la inspección donde se verificará según conformidad del plan de minado competente anteriormente, además de la vigilancia ambiental certificado por prueba de laboratorios la inspección es favorable el MINEM y luego la DREM de la jurisdicción regional facultará el inicio de la acción de explotación.

##### **d) Para modificaciones de plan de minado**

Para modificaciones del plan de minado como por ejemplo en el cambio del método de explotación o la construcción y funcionamiento del depósito de desmonte, se deben seguir los requisitos del numeral 2 del artículo, y para el primero se solicita la intrusión del comité de seguridad y del supervisor para que firmen el acta en el anexo 1, todo esto lo debe presentar el titular a la dirección regional de

energía y minas o en su defecto gobierno regional de la jurisdicción correspondiente donde se encuentre la concesión minera.

### 2.4.3. Permisología

Aquí colocar todos los permisos que se necesitan por ejemplo documentación de la OEFA de captación de aguas si es que el proyecto va a tener planta de beneficio

### 2.5. Diseño de la mina

El mineral que se extrae de la cantera es la piedra caliza y el estéril será la capa de cubierta vegetal además de una capa de arcilla; el ritmo óptimo de producción mensual será de 2000 t de roca caliza. La duración de cierre de minas estará dada por el volumen de producción y procesamiento. El volumen a explotar se encuentra desde 3053.120 msnm, hasta 3038.230 msnm, siendo 15 m de potencia.

**Tabla 4. Cuadro resumen del diseño de mina**

Producción mensual	2000 toneladas
Producción anual	24000 toneladas
Mineral de interés	Caliza
Esteral	Lutitas, top soil

#### 2.5.1. Reservas estimadas

El cálculo de reservas es la parte fundamental en las etapas del proceso para poder llegar a la productividad efectiva.

##### 2.5.1.1. Cálculo de las reservas

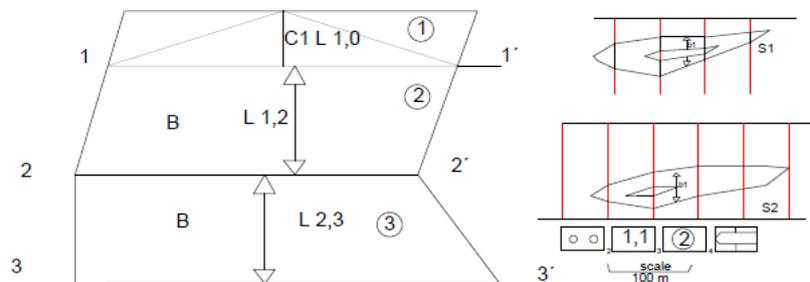
La intención principal del cálculo de reservas de un yacimiento se fundamenta en establecer la cantidad de mineral existente y, luego con esta información, estimar la factibilidad de realizar la explotación comercial de los minerales metálicos o no metálicos del yacimiento, utilizando las propiedades del macizo rocoso como el peso específico, ley del mineral y densidad.

Para la estimación de recursos se pueden utilizar dos métodos tradicionales (bloque minero, método de los triángulos, métodos de los polígonos, el inverso a la distancia, entre otros), y los geo-estadísticos. Actualmente los métodos geo-estadísticos, están siendo más utilizados para la estimación de recursos, el alto costo de este método ya que se requieren datos hace que sean menos accesibles a la pequeña inversión en minería por ello los métodos tradicionales aún son utilizados como el método de inverso a la distancia, en una opción significativa cuando no se consigue hacer uso de la geo-estadística.

### 2.5.1.1.1. Método de perfiles

Este método se puede utilizar cuando en el yacimiento exista una red regular que ayude la construcción de cortes geológicos. Estos cortes geológicos del yacimiento, pueden ser horizontales, verticales o perfiles no paralelos según su orientación. En el caso de perfiles verticales corresponde la distancia entre líneas de exploración, y en los perfiles horizontales de cortes verticales la altura entre niveles

### Ejemplo de método de perfiles



**Figura 15. Cálculo utilizando el método de los perfiles**

Lo primero que se tiene que hacer para calcular mediante el método de perfiles es rodear el cuerpo del mineral tanto interna como externamente en el plano luego dibujar los perfiles según la escala adecuada incluido los  $s$  del contorneo; después, según la forma de los perfiles que forman puede ser cuadrado trapecio, rectángulo, etc. Luego se calculan las áreas, más adelante se calcula los volúmenes. Si la

resta entre estas áreas es menor al 40 % entonces aplicamos la fórmula del trapecoide.

$$\frac{(S1 + s2)}{2} * l$$

Si la resta es mayor al 40% entonces aplicamos la fórmula del cono truncado.

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} E^{-\frac{1}{2\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}} * l$$

La fórmula de la cuña y del cono dependencia se utiliza para hallar el volumen de los costados de los extremos del bloque.

$$V_{cuña} = \frac{1}{2} s * l \quad v_{cono} = \frac{1}{3} s * l$$

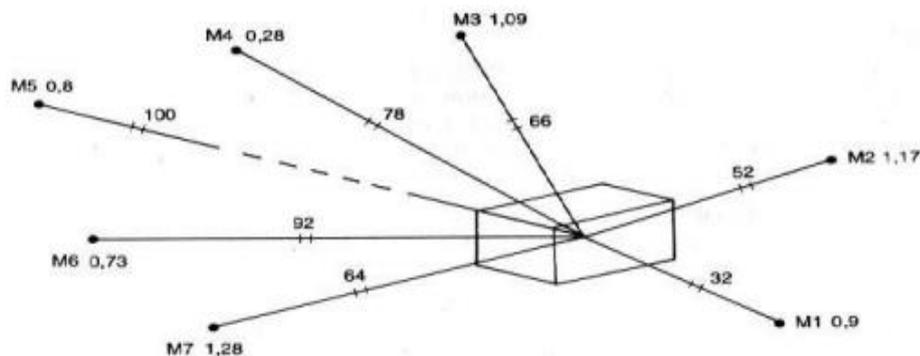
El método logra considerar de una manera más total las peculiaridades de la naturaleza geológica del depósito, la forma y las situaciones de yacencia de la mineralización. Las desventajas son que se encuentra basado en la intercalación rectilínea de los datos de exploración entre las secciones contiguas y por ende no se puede usar si la tectónica del cuerpo mineral es complicada, además su otra desventaja es que si la distancia entre los contornos son demasiados al utilizarse este método se incurre en errores grandes en el cálculo de volúmenes. Por ende, no se aconseja utilizarlo para los primeros del estudio geológico del depósito, primordialmente en una constitución geológica compleja. Además, al calcular las reservas de mineral útil no se utilizan los datos de exploración obtenidos en los puntos dentro del bloque, sino los puestos en las secciones principales de exploración.

#### **2.5.1.1.2. Técnica de inverso a la distancia**

Este método no es recomendable en yacimientos con límites grandemente definidos. Este método de inverso a la distancia establece los recursos a mediante un factor de ponderación a cada muestra que sitia el punto central de un bloque

mineralizado. La ponderación es el inverso de la distancia entre el punto en asunto y el conocido, elevado a una potencia, su fórmula es:

$$L = \frac{\sum \frac{1}{d^m}}{\sum \frac{1}{d^n}}$$

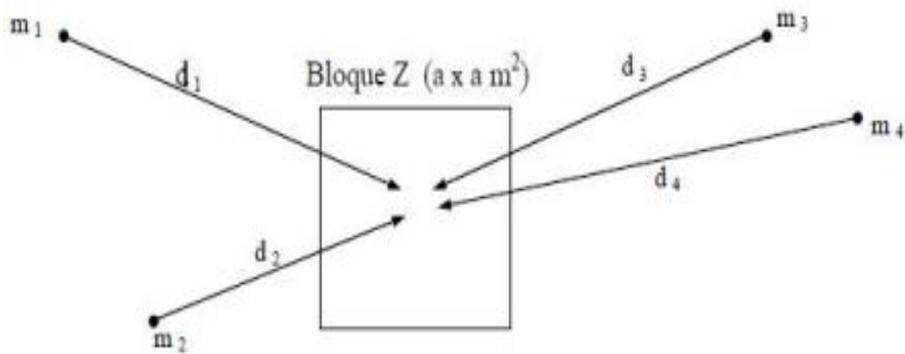


**Figura 16. Bloque analizado mediante el método de inverso a la distancia**

### 2.5.1.1.3. Técnica de inverso a la distancia al cuadrado

Se basa en la hipótesis del potencial químico postula que las atracciones son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia, y como gran parte de los depósitos se producen por intercambio iónico su distribución debería ser de acuerdo con el inverso del cuadrado de la distancia.

Las características de este método son que el cuerpo mineralizado, debe dividirse en bloques de igual tamaño denominados “bloque minero”. Radica en un cálculo de ponderadores los cuales dan peso a la muestra dependiendo de la distancia. Emplea un factor de ponderación a cada muestra que asedia el punto central de un bloque mineralizado, en el mismo nivel topográfico cuando es de dos dimensiones o del nivel de tres dimensiones. Esta técnica es aplicable a depósitos de regular masivo como, de hierro y cobre y en pocos yacimientos de mantos como la caliza carbón, etc.



**Figura 17. Perfil de las atribuciones de las leyes en el bloque**

El factor elegido precedentemente es el inverso de la distancia en cada ejemplar y del medio del bloque, elevado a una potencia “n”, el cual toma una valía de 1 y 3. Permaneciendo así:

$$\partial_i = \frac{\frac{1}{d_i^n}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^n}}, \quad \text{condición } \sum \partial_i = 1$$

Para hallar la ley media se deberá realizar:

$$Z = \sum \partial_i * l_i = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \frac{1}{d_i^n}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^n}}$$

Para la selección de las muestras que tendrán influencia en la estimación se debe delimitar un área de búsqueda llamada vecindad. Esta área deberá tener una forme circular o elíptica, según el comportamiento de las variables regionalizadas. Si el comportamiento de las muestras es isotrópico el área de búsqueda será un círculo, por antípoda si presenta anisotropía será un espacio con forma elíptica.

## 2.6. Razón en el croquis de la explotación

En un buen croquis de una mina primeramente se debe de haber dado por finalizado la etapa de exploración, mediante se tendrá el tipo del depósito con la totalidad de sus peculiaridades estructurales y litoestatigráfica que servirán para mejorar la medida del yacimiento del croquis final e implantar la proyección de los trabajos, la suposición de la propiedad de los minerales y por consiguiente, el

provecho del proyecto minero. Para la proyección de una mina del tipo open pit se tiene que tener en cuenta estos cuatro factores:

**a) Factores geométricos**

La morfología y estructura del depósito, inclinación del depósito, inclinación en demarcaciones de la concesión, etc.

**b) Factores geomecánicos**

Condicionado por los ángulos máximos de estabilidad de las inclinaciones en todos los bloques en que se ha dividido el depósito.

**c) Factores operativos**

Medidas exactas para que el equipo de carguío acarreo y transporte maniobren en escenarios apropiados de seguridad y eficiencia por ejemplo la anchura adecuada de las bermas y las pistas, altura de banco adecuadas para evitar desprendimientos del terreno, anchura de fondo, etc.

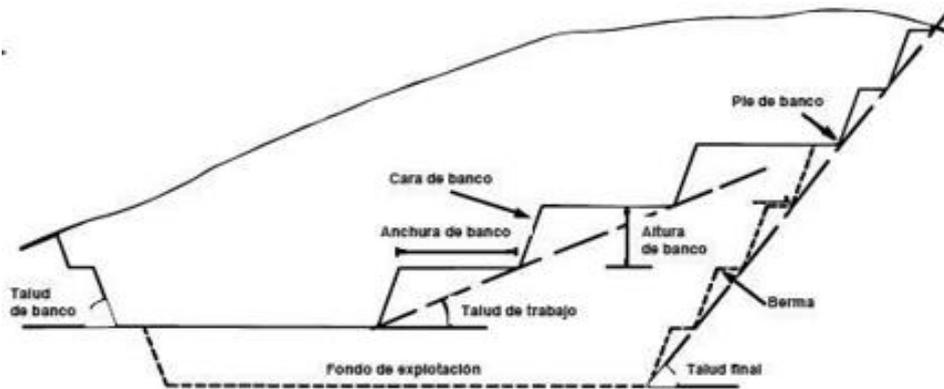
**d) Factores medioambientales**

Factores ambientales que faciliten la restauración de los terrenos que minimicen los impactos ambientales u oculten de la vista los huecos o escombreras.

**2.6.1. Método de explotación**

**2.6.1.1. Explotación por bancos**

Este tipo de explotación se aplica para canteras donde la extracción del mineral económico no es minuciosa y se puede dar en bancos grandes como también en pequeños según la geometría del yacimiento, esta explotación se da en bancos según avance se rompen para remover las unidades de bloque mineros y con el equipo pesado que se obtiene planos de corte limpio.

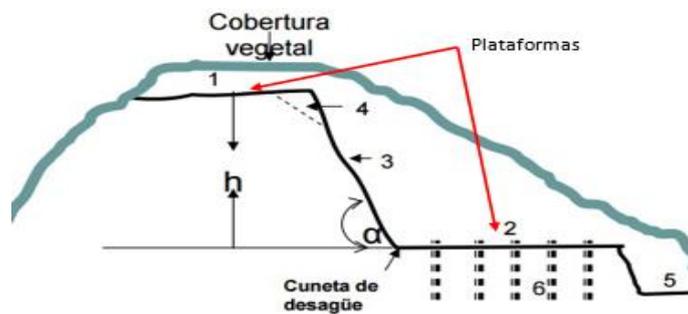


**Figura 18. Explotación por bancos**

### 2.6.1.2. Componentes de un banco

#### a) Estrado superior y de trabajo

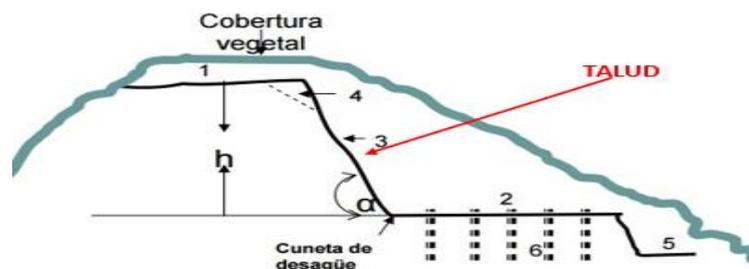
Es el espacio horizontal establecida y restringida por la elevación del banco.



**Figura 19. Estrado o plataforma de trabajo y superior**

#### b) Talud del banco

Es la superficie inclinada del banco al costado de la explotación y por el otro por la planta inferior y superior.



**Figura 20. Talud del banco**

### c) Ángulo de talud del banco

Es aquel que tiene su formación del plano horizontal y el talud del banco.

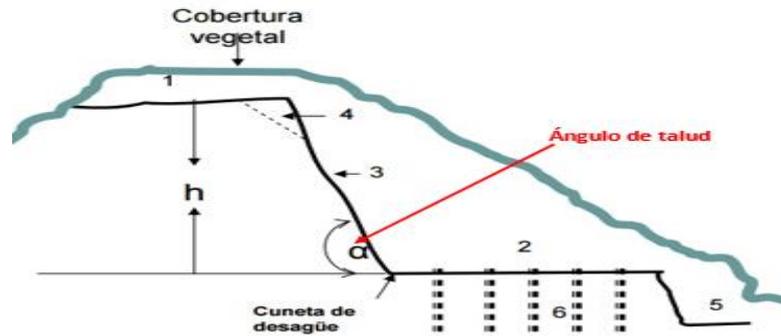


Figura 21. Ángulo de talud

### d) Berma de seguridad

La berma de seguridad es el pequeño espacio que se agrega al canto para darle estabilidad y minimizar el desprendimiento de pedazos de roca. Sirve para advertir sucesos, atajando en las bermas los pedazos de roca que se segregan.

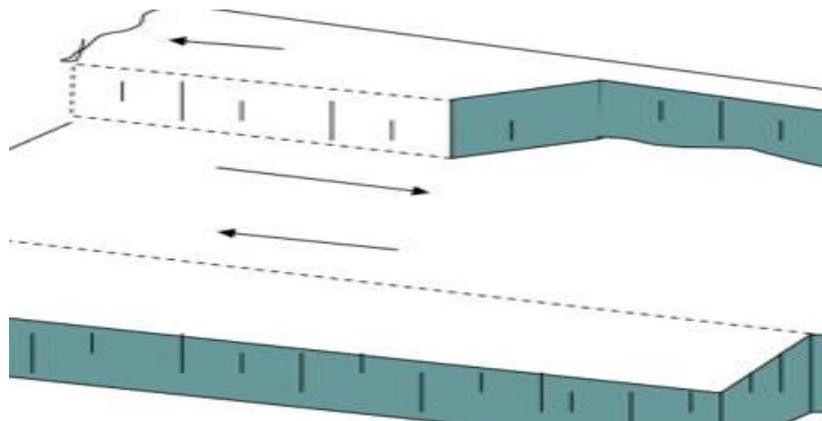


Figura 22. Berma de seguridad

## 2.7. Blasting and Drilling

### 2.7.1. Drilling

Es el acto que mediante medios mecánicos se propone a elaborar un orificio. Para lograr este objetivo debe retirar y eliminar la roca destruida del interior del agujero utilizando agua o aire comprimido. El objetivo de la perforación es arrancar la máxima cantidad de roca (mineral o estéril) con la ayuda de los explosivos. Antes de perforar se debe saber los materiales donde se va hacer la perforación

como el tipo de roca y los atributos básicas de la roca. La acción de perforar tiene principios mecánicos de rotación y percusión mediante esto se genera golpes y fricción que trituran la roca.

## **2.7.2. Equipos de perforación**

### **2.7.2.1. Manuales**

Estos tipos de equipos son de percusión trabajan con aire comprimido que abastece una compresora, generalmente se da para perforaciones mínimas que van desde el rango de diámetro de 2,5 cm a 5 cm, para perforaciones horizontales se utiliza el equipo *Jack Leg* y para verticales para techo o chimeneas se utilizan los *Stopers*.

### **2.7.2.2. Mecanizadas**

Este tipo de equipos son de roto percusión y percusión que están montadas en el chasis, puede ser en orugas o ruedas, los diámetros de perforación varían desde 3.5cm hasta 15 cm hasta 66 pies de profundidad, algunos de estos equipos mecanizados tenemos los jumbos neumáticos, *wagondrill*, *track drill*, que utilizan brocas intercambiables y barrenos que se acoplan al brazo de perforación.

### **2.7.2.3. Mecanizadas rotatorias**

Este tipo de equipos se trabaja en *open pit* para grandes dimensiones estas vienen montadas sobre camión que se pueden transportar individualmente y la perforación se da por presión con brocas rotatorias.

### **2.7.2.4. Clasificación de perforación por tipo de trabajo**

Los tipos de trabajo, tanto en obras de *open pit* o *underground*, se clasifican en perforación por banqueo, perforación de avance de galerías y túneles, perforación de producción, perforación de chimeneas, sostenimiento de rocas.

### **2.7.2.5. Propiedades de las rocas que impactan a la perforación**

Las propiedades de las rocas y sobre todo las físicas son sumamente importantes para la perforación y por ello se deben conocer antes de perforar por

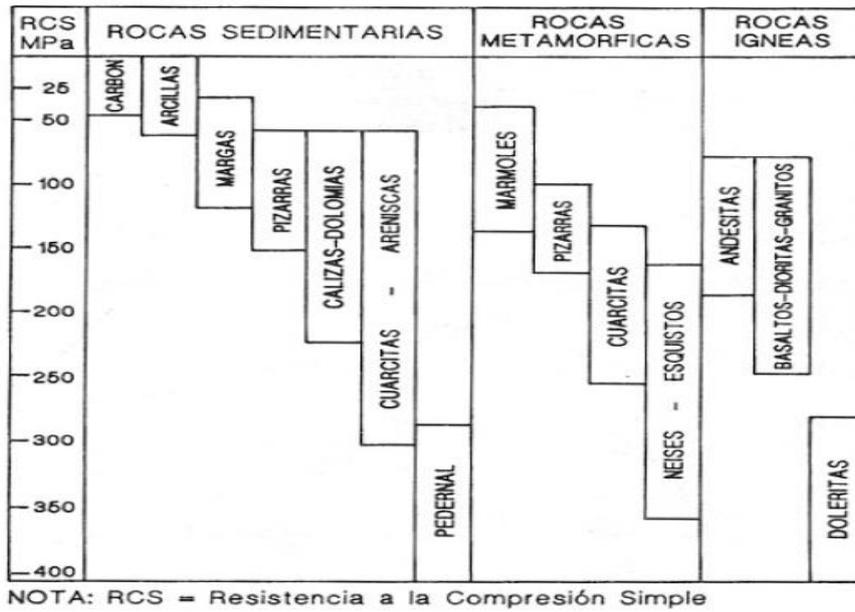
ejemplo si es panizo el barreno puede bloquearse, las propiedades más comunes tenemos resistencia, elasticidad, dureza, abrasividad, plasticidad, estructura, textura, características de rotura.

#### **a) Dureza.**

Durante la perforación las rocas por sus propiedades tienen diversos tipos de dureza es por ello que la resistencia de la dureza es el factor a superar en la perforación. Según la escala de Mohs clasifica los minerales según la dureza que van desde el uno que le corresponde al talco y el método de identificación es que marca la roca, hasta el diamante que tiene dureza 10 y su método de identificación es raya a cualquier sustancia excepto a otro diamante. Asimismo, la clasificación según la resistencia a la compresión en MPA a la roca con resistencia mayor de 200 se considera roca muy dura y en escala de Mohs mayor a 7, entre 100 – 200 MPA con dureza en escala de Mohs entre 6-7 se considera roca dura, así hasta una resistencia a la compresión menor de 10 con escala de Mohs entre 1 y 2 se considera muy blanda.

#### **b) Resistencia**

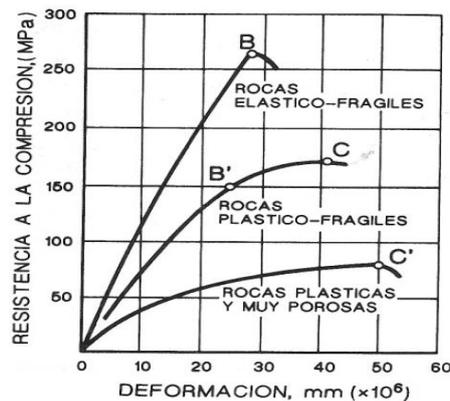
Es la propiedad de oponerse a su destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica. Los tipos de rocas tienen diferente resistencia y esto es debido a su composición mineralógica.



**Figura 23. Resistencia a la compresión simple según el tipo de rocas**

### c) Elasticidad

La elasticidad se da cuando se tiene una conducta elástico vulnerable y cuando los esfuerzos desbordan el término de elasticidad estas se destruyen.



**Figura 24. Curvas de tensión-deformación**

### d) Plasticidad

La plasticidad empieza cuando las tensiones logran pasar el límite de la elasticidad, esta plasticidad está condicionada por la composición mineralógica de los minerales que se encuentran en la roca. Mientras más cuarzo tenga la roca la plasticidad disminuye, ya que estos son minerales duros, en cambio las arcillas aumentan esta propiedad.

### e) Abrasividad

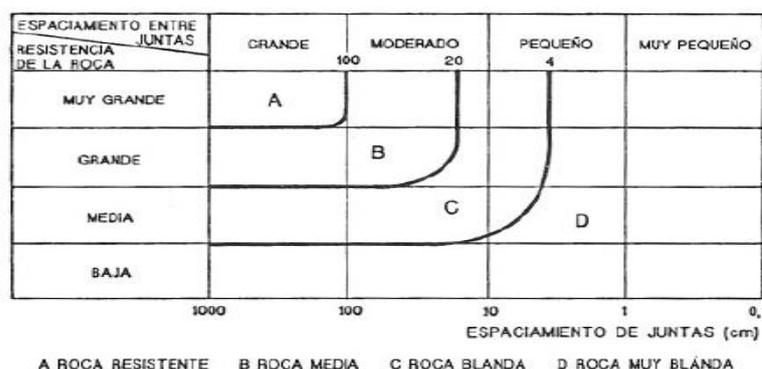
La abrasividad se puede ver en el desgaste de brocas en la perforación, ya que a mayor abrasividad disminuye el ciclo de trabajo de los accesorios de perforación ya que desgastan la superficie mediante el contacto. Cada tipo de roca contiene cuarzo en cierto porcentaje lo que ocasiona que aumente la abrasividad y por ello el desgaste, se tiene desde la cuarcita que contiene entre 60 -100% de cuarzo, la arenisca con contenido de cuarzo entre 25-90%, el neis que tiene entre 15-50%, la mica esquisto que tiene entre 15-35% de cuarzo, la pegmatita que contiene entre 15-30% de cuarzo, y la norita y la anortosita que contiene 0% de cuarzo.

### f) Textura

Cuando se habla de textura se refiere a la estructura de la roca de los granos de los minerales. Se verifica en el tamaño de los granos en la forma de estos en la porosidad, ya que estos aspectos influyen en el rendimiento de la perforación. Por ejemplo, cuando la perforación se hace en un esquisto la perforación es más difícil ya que estos granos tienen de forma lenticular, todo lo contrario, con una arenisca ya que estos granos son redondos y la perforación se hace más fácil.

### g) Estructura

La estructura tiene que ver como con el buzamiento y el rumbo así también como con las propiedades estructurales como fallas, juntas, diaclasas, planos de estratificación, esquistosidad ya que afectan a la linealidad de los barrenos, a la estabilidad de las paredes y rendimientos de la perforación.



**Figura 25. Clasificación de los macizos rocosos**

### 2.7.2.6. Indicadores de perforación

#### a) Rapidez de rotación (rpm)

La velocidad de rotación depende según la marcha que se esté perforando asimismo es contrariamente proporcional con la resistencia de descompresión de la roca, asimismo se debería tener en cuenta el motor, presión de la bomba de agua, velocidad de rotación y la marcha.

#### b) Fuerza de empuje

El objetivo de esta fuerza es sobrepasar la resistencia a la compresión de la roca que se está perforando. En macizos rocosos duros y muy duros cuando se aplica una fuerza de empuje excesivamente produce la incrustación de la cabeza y la destrucción, y llega al término de la utilidad de la herramienta.

#### c) Diámetro de perforación

A mayor diámetro a perforar se va a considerar mayor área por ende la resistencia aumenta, por ello la fuerza de empuje está determinada por el área que se va hacer la perforación mejor conocido como el diámetro y la dureza de la roca.

#### d) Velocidad y caudal del aire de barrido

Cuando el barrido es muy bueno la rapidez de avance y la rapidez de rotación son directamente proporcional.

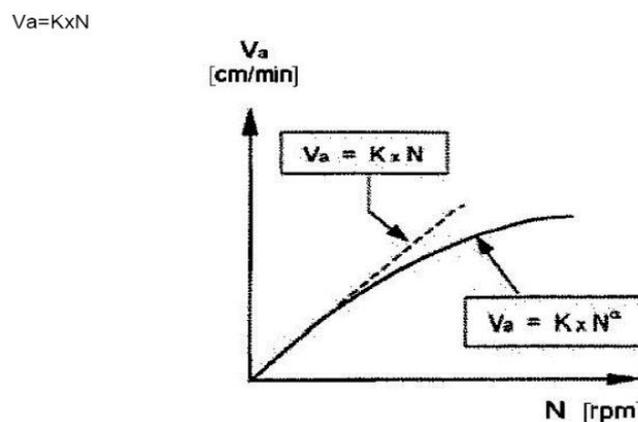
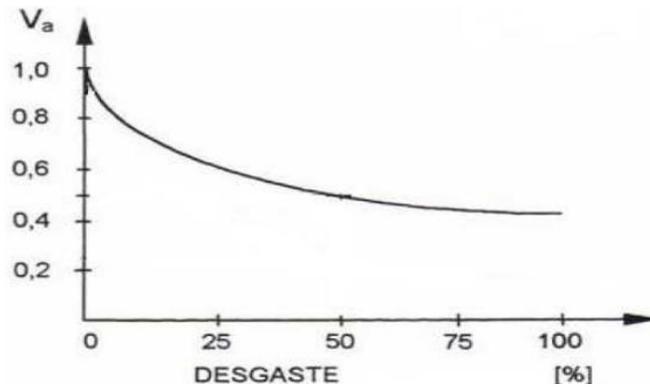


Figura 26. Rapidez de avance condicionado por las RPM

### e) Desgaste de los trépanos

Cuando se va desgastando el tricono por el mismo uso la velocidad de avance decrece es por ello la revisión periódica de los tricono para evitar estos inconvenientes.



*Figura 27. Gráfico de la velocidad de avance en función del desgaste*

## 2.8. Cálculo de equipos y maquinarias

### 2.8.1. Equipos superficiales

Son todos los equipos necesarios para poder transportar acarrear extraer, nivelar, perforar, compactar que intervienen en las operaciones minas, las cuales se hacen indispensable su uso para poder llegar al cronograma de producción deseados.



*Figura 28. Carguío de excavadora a camiones*

## **2.8.2. Clasificación de equipos**

### **2.8.2.1. Equipos de perforación**

#### **a) El schrammt450bh**

Sirve para perforaciones livianas, especialmente para canteras y *open pit*, es de fácil transporte las medidas son 8 pies de ancho, con cabina que protege de la inclemencia del clima al operador.

#### **b) Simba 1254**

El Simba 1254 es un equipo de perforación mecanizada del tipo de barrenos largos, es de sistema eléctrico, las barras son adaptadas para tubos de 4",5",6" hasta 32 metros, no tiene sistema de lubricación del martillo.

#### **c) Explorac r50**

Este equipo consta de perforación por circulación inversa, se adapta para trabajar en zonas remotas sus dimensiones son 9,60 metros alto, 2.50 metros de ancho, 8.8 metros de largo, peso de 7.38 toneladas, presión 20 bares, aire de compresión 365 litros/segundo, velocidad máxima 97 revoluciones por minuto.

### **2.8.2.2. Equipos de carguío**

#### **a) Cargador frontal**

Existen cargadores frontales sobre neumáticos y sobre orugas lo más utilizados son sobre neumáticos en cambio sobre orugas se da en casos complejos, estos vienen equipados con cuchara con dos brazos laterales articulados para que puedan maniobrar, la cuchara consta de movimiento independiente de rotación alrededor del eje horizontal, estos movimientos son articulados gracias a los cilindros hidráulicos.

### **2.8.2.3. Equipos auxiliares**

#### **a) Motoniveladora**

Este equipo sirve para mantener y construir los caminos donde pasan los camiones de acarreo y transporte, este equipo es cómodo y fácil servicio para el operador y ayudan a aumentar el rendimiento de su inversión.

### **b) Retroexcavadora**

Esta máquina consta de brazo y cucharón para excavar el material es usada para trabajos en movimiento de tierras para realizar las actividades de rampas, huecos para tuberías drenajes y preparación de los pad de lixiviación en minería de tajo abierto.

### **c) Compactador vibratorio**

Este equipo sirve para compactar el terreno, como también la comprensión de materiales de difícil adherencia como la piedra triturada asfalto, arena, rellenos en generales, suelo arenoso, etc. Sirve para la construcción en muros de llenado para el mejoramiento del pad de lixiviación, rampas, carreteras.

### **d) Excavadoras**

En minería su evolución ha sido sorprendente llegando a pesar 800 toneladas, este equipo puede ser en orugas o neumáticos y permite llevar operaciones de excavación, extracción, carga y descarga de materiales,

## **2.8.2.4. Equipos de transporte de material**

### **a) Camión volquete 20 t**

Es un tracto camión de volteo que tiene una tolva de descarga que se encuentra situada atrás y sirve para transportar materiales como arena, escombros, tierra, minerales, entre otros. La tolva funciona mediante un dispositivo hidráulico el cual permite elevarse para la descarga del material.

## **2.9. Explosivos.**

Los explosivos en minería son utilizados para el quebrantamiento de componentes pétreos mediante la práctica de voladura de las rocas, son de fácil sensibilizados y pueden reaccionar bajo cualquier estímulo es por ello que se requiere personal capacitado para transporte como encebado y detonación de estos los cuales pueden causar accidentes graves incluso la muerte. Los componentes químicos que unido a un fulminante reaccionan y generan un fuerte impacto, donde dan como resultados liberación de gases que se expanden con

energía y rapidez logrando triturar y romper la roca. Los explosivos tradicionales y los accesorios de explosivos tienen atributos que los diferencian según el estándar de voladura que se pretenda y las situaciones en que está el terreno donde se va a realizar la voladura de rocas. Su fabricación es de diversos tamaños, fuerzas, anchuras y aguante al agua según se necesite.

### **2.9.1. Criterios del explosivo**

Los criterios de explosivo que influyen en la voladura de roca son velocidad de detonación, densidad, energía disponible, presión de detonación, volumen de gases, entre otros.

### **2.9.2. Parámetros de la carga**

Para una buena voladura se deben estudiar tanto los parámetros de carga como de los explosivos ya que de ellos depende que el disparo salga en perfectas condiciones los parámetros de carga más comunes son diámetro del taladro, geometría donde se va hacer la voladura, longitud de carga, atacado, desacoplamiento, punto de iniciación, tipo de iniciación también son importantes en la fragmentación de la roca.

### **2.9.3. Explosivos comerciales**

#### **2.9.3.1. Pólvora**

La pólvora para trabajos en minería y obras de ingeniería están compuestas por: 75 % de nitrato de potasio, 10 % azufre, 15 % carbón. Esta pólvora se encuentra granulada o con grafito, de dimensiones que van desde 0.1 milímetro hasta los 4 milímetros, y actualmente se encuentran en el mercado en bolsas de 2.5 y 5 kilogramos.



**Figura 29. Pólvora negra**

### **2.9.3.2. Dinamitas**

Las dinamitas están compuestas por nitroglicerina para la sensibilización, nitrato de amonio como aportante de oxígeno, y pulpa de madera o aserrín como combustible. La clasificación de las dinamitas es gelatinosa, semigelatinosa y pulverulentas, la ventaja de la dinamita con otros explosivos es que son sensibles al fulminante común, tienen bajo diámetro, su potencia es elevada, de alta densidad, es waterproof, poder elevado, humos de voladura blancos, como sus desventajas tenemos que son sensibles a cambios térmicos y subsónicos, difícil de cargar ya que estas se deben realizar uno por uno y difícil de mecanizar.

### **2.9.3.3. Slurries o hidrogeles**

Está compuesto por nitrato de amonio, agua, agentes gelatinizantes y aluminio. La solución acuosa de nitratos, a los que se agregan agentes espesantes y gelatinizantes con el fin de establecer su reología, evitando una separación de sus componentes adquiriendo una consistencia viscosa más o menos fluida.

### **2.9.3.4. Anfo**

Es un agente de voladura, denominado también explosivo de seguridad por ser insensible al detonador común y es el explosivo más popular en el mundo con un 50 % - 60 % de consumo a nivel mundial desde 1956, gracias a Robert Akre, quien desarrolló su aplicación industrial. Las ventajas es que es de bajo costo, tiene gran fluidez, consistencia granular, fácil manipulación, elevada seguridad intrínseca, insensible al choque o fricción. Las desventajas son que son propiedades explosivas limitadas, baja densidad, baja aptitud a la propagación de la detonación, nula resistencia al agua, posibilidad de formación de gases tóxicos.

### **2.9.3.5. Anfos premium**

Es especialmente recomendable para uso en pequeño diámetro en minería subterránea y para voladuras de superficie, especialmente cuando se presenta una roca competente, en perforaciones sin agua. Se recomienda utilizarlo en zonas con buena ventilación en minería subterránea

#### **2.9.3.6. Anfos a granel**

Es un agente de voladura que se mezcla y carga *in situ* mediante camiones especialmente diseñados. Para voladuras de superficie, especialmente cuando se quiere una moderada concentración de carga. Se sugiere utilizarlo en perforaciones mayores a 3" de diámetro, sin presencia de agua. Las características de estos explosivos son: velocidad de detonación 4791 metros por segundo – 4870 metros por segundo, mala resistencia al agua, diámetro mínimo 1 pulgada.

#### **2.9.3.7. Alanfo**

Se utiliza en disparos en *open pit* y *underground* y en no presencia de agua, se sugiere usarlos en lugares con corriente de aire en minería *underground* debido a los gases que forman en su reacción. En el mercado comercial se puede encontrar en pesos de 25 kilos y 50 kilos de composición de polipropileno con bolsa interior de polietileno.

Las particularidades de este tipo de explosivo su velocidad de detonación de 2000 metros por segundo, potencia mayor a 70 %, densidad 0.80 g/cm<sup>3</sup>, no resistente al agua, mayor calor de explosión que los anfo.

#### **2.9.3.8. Anfos ast**

Estos tipos de anfo están elaborados para taladros mayores a 2 pulgadas en minería subterránea donde se requiera buen control de pared, la baja presión de detonación logra minimizar el daño en la pared del taladro, este tipo de explosivo se puede cargar en forma manual o mecanizada.

#### **2.9.3.9. Anfos livianos**

Estos anfo son de mayor sensibilidad y menor densidad que los anfo comunes, gracias a esto se logra una baja concentración de carga por longitud de perforación, mejorando la distribución de energía para minimizar el daño al contorno del taladro.

#### **2.9.3.10. Anfo pesado**

Este tipo de explosivo es una unión entre emulsión y anfo. Las características varían según la razón de sus componentes, logrando mezclas con excelente resistencia al agua como de muy mala resistencia al agua. Se usa para voladura en rocas blandas y semiduras. Las peculiaridades fundamentales son: velocidad de detonación 3500 metros por segundo, potencia al 125%, densidad media 1.15 g/cm<sup>3</sup>, relativa resistencia al agua.

#### **2.9.3.11. Anco**

Viene a ser una mezcla de *prills* de nitrato de amonio con carbón, este tipo de anfo no está estabilizado en su totalidad, razón por la cual no es comercial. Las características fundamentales son: velocidad de detonación: 3634 metros por segundo, 900 kilocalorías por kilogramo de explosión, con densidad entre 0.8 y 1.2 gramos por centímetro cúbico, tiene mala resistencia al agua.

#### **2.9.3.12. Emulsiones**

Los hidrogeles son sensibilizados por burbujas de aire, vidrio, resina, etc. Se define como una dispersión estable de dos fases líquidas inmiscibles entre sí, en la cuales una fase interna o fase dispersada es distribuida en otro exterior o continua, formando finas gotas, es decir tiene dos fases una acuosa y otra aceitosa. Se puede añadir también aluminio para aumentar su energía termoquímica.

En las emulsiones, existe una mayor proximidad molecular entre una unidad oxidante y otra unidad combustible, aumentando el grado y aumentando la capacidad de las reacciones.

Las características de las emulsiones es que es resistente al agua, excelente certeza intrínseca, excelente fuerza rompedora, muy fluido, fuerza explosiva entre buena y muy buena, densidad entre 1.05 – 1.45 gramos por centímetro cúbico.



**Figura 30. Emulsión**

#### **2.9.4. Cálculo de explosivos**

El cálculo de explosivos es el requerimiento que se va a necesitar de explosivos y accesorios para poder realizar la voladura para el plan de minado se solicita anualmente según el ritmo de producción anual, mensual, diario, las horas trabajadas, así para definir el tipo de explosivo se requiere de factores físicos in situ como la existencia y presencia de agua así mismo como la parte económica y la disponibilidad que halla, si no se cuenta con polvorín el explosivo se debe acumular en el polvorín del ejército para su retiro en Cajamarca es el Bim zepita N°07 en su defecto se debe realizar un polvorín para el almacenamiento de este.

#### **2.10. Estudio geomecánico**

##### **2.10.1. Clasificación geomecánica RMR**

Esta clasificación sirve para tener un indicador de la calidad de la roca, que se da desde la resistencia de la roca intacta, nivel de fracturación del macizo rocoso, verificación del diaclasamiento de las discontinuidades, verificación de presencia o ausencia de agua y su colocación de las discontinuidades conforme al trabajo a realizar puede ser cimentación, túnel, o talud. La valoración de RMR varía de 15 al 100 de puntaje y son 5 parámetros que involucran en el RMR.

##### **2.10.1.1. Resistencia de la roca matriz**

La puntuación es de 0 a 15 puntos y se logra medir mediante el ensayo de rotura que salen de los testigos de rocas y también se puede medir mediante el ensayo de carga puntual.

### **2.10.1.2. RQD**

Evalúa y toma una valoración al grado de fracturación del macizo rocoso, la valoración va menor a 25 % es inferior, si es superior a 90 % llega hasta 20 puntos.

### **2.10.1.3. Separación entre diaclasas**

Este mide la separación que hay en las diaclasas si estas diaclasas están separadas más de 2 metros obtiene una puntuación de 20 puntos y una puntuación de 5 para diaclasas separadas menos de 6 centímetros.

### **2.10.1.4. Estados de las diaclasas**

La puntuación para el estado de la diaclasa toma unos valores desde 0 hasta 20, los factores a tomar en cuenta son existencia de relleno, alteración de las juntas, rugosidad, abertura longitud, persistencia.

### **2.10.1.5. Disposición de agua freática**

Este ítem evalúa los filtrados de agua en la roca de estudio, así como la humedad, salida de agua. Si el macizo rocoso es seco se considera 15, si existe agua y a razón del caudal mayor a 125 litros por minuto se considera 0.

## **2.10.2. Designación de calidad de roca (RQD)**

El RQD se considera un porcentaje de recuperación de los testigos de perforación solo se consideran los testigos mayores de 10 cm de longitud para determinar el RQD en la zona minera están tres procedimientos para su cálculo.

### **2.10.2.1. Primer procedimiento**

Se mide y se suma los pedazos de los testigos ascendentes a 10 centímetros en una distancia de 150 centímetros del testigo de exploración según la formula.

$$Rqd = \frac{\text{sumade10}}{l \text{ tot}} * 100\%$$

Sumade10= adición de testigos mayores a 10 centímetros.

L tot = distancia general del sondeo.

### 2.10.2.2. Segundo procedimiento

Se calcula considerando la cantidad de grietas en una distancia de 100 centímetros en un estudio lito estructural. El departamento de geotecnia determina la designación de la calidad de la roca en una distancia alargada de pared del macizo rocoso.

$$\text{designación de calidad de la roca} = 100e^{0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

$\lambda$  = numero de grietas / espacio.

### 2.10.2.3. Tercer procedimiento

El tercer procedimiento se realiza condicionada por la cantidad de grietas en un metro cúbico, definido al hacerse el levantamiento lito estructural en macizo rocoso escogido por el departamento de geotecnia. Según formula.

$$\text{Designacion de calidad de la roca} = 115 - (3.3)q_v$$

$Q_v$  = número de grietas por metro cúbico.

El  $q_v$  se halla totalizando el número de fisuras por metro que parten independiente a cada uno de los 3 ejes de un cubo imaginario en el en el macizo rocos de estudio.

### 2.10.3. GSI (Geological Strenght Index).

Es una técnica para caracterizar los atributos de la geomecánica del área rocosa en estudio se hace por evaluación visual en campo. Se creó por la obligación de evaluar los atributos de la roca esencialmente para las rocas que tienen un RMR menor a 20. La valoración del índice del GSI va desde el 1 hasta el 100.

Los valores más pequeños son de los de inferior calidad, ya que su espacio se halla meteorizada y crecidamente fraccionada, en la mayoría de casos las aberturas están repletos de arcilla blanducha. Las estimaciones próximas a 100 tienen referencia a áreas de roca de muy buena calidad con una estructura que no tienen áreas alteradas por la meteorización y poco quebrantamiento. En el GSI se realiza

a partir de la tabla donde se ingresan los datos de la vertical y el horizonte. Los horizontales están referidos a la composición y estructuras de las rocas, donde se evalúa la dimensión y la conexión de los bloques, el segundo que es el vertical a las particularidades de las discontinuidades, estos dos puntos convergen en un punto medio que da el valor al índice. Cuando ya se tiene ya el GSI este es ingresado en distintas ecuaciones para estimar propiedades en el macizo rocoso para análisis numéricos.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

La investigación desarrollada es no experimental con diseño transversal, descriptivo aplicativo.

##### **3.1.1.1. Método general**

El método empleado en la investigación es el método inductivo - deductivo. Este método está orientado a observar e investigar a fondo los parámetros técnicos.

##### **3.1.1.2. Métodos específicos**

Recopilación de informes base legal.

- **Informes anteriores.** Se compilará información de los decretos supremos sobre parte administrativa de la minería.
  
- **Trabajo de campo.** Se realizará las observaciones pertinentes de campo como el análisis de tiempo.
  
- **Trabajo de gabinete.** Se analizará e interpretará la información recopilada, generando los resultados.

- **Resultados.** Se puntualizará los resultados del presente trabajo de investigación, dando respuesta a las hipótesis planteadas como cálculo de explosivos, cálculo de equipo y maquinaria, etc.

### **3.1.2. Alcances de la investigación**

#### **3.1.2.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación por su orientación es aplicativo realiza un análisis operacional, tecnico, productivo, consistió en la observación, descripción y análisis de datos obtenidos en campo mediante el cartografiado geológico que definen el tipo de yacimiento.

#### **3.1.2.2. Nivel**

De acuerdo a la naturaleza del estudio a realizar esta investigación es descriptiva, porque describe fenómenos en su circunstancia real en un tiempo y en un área geográfica determinados. Desde el punto de vista cognoscitivo su finalidad es la de describir variables

### **3.2. Diseño de la investigación**

Para el diseño de la investigación se usará el tipo descriptivo simple.

#### **3.2.1. Tipo de diseño de investigación**

Es de tipo de investigación aplicada.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población motivo de la investigación comprende el yacimiento de caliza que se encuentran en la concesión minera manjar 15 2020, información de data geológica, geomecánica, etc. De la unidad minera tantarán 01-2020.

#### **3.3.2. Muestra**

Documento técnico para el desarrollo del plan de minado

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

#### **3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

- ✓ Observación de campo
- ✓ Revisión y recopilación de bibliográfica
- ✓ Análisis de datos en campo
- ✓ Uso de software mineros y estadísticos.

#### **3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- ✓ Plantillas de cálculos de *Microsoft excel*.
- ✓ Libros y revistas
- ✓ Referencias de internet
- ✓ Tablet y computadora
- ✓ Otros

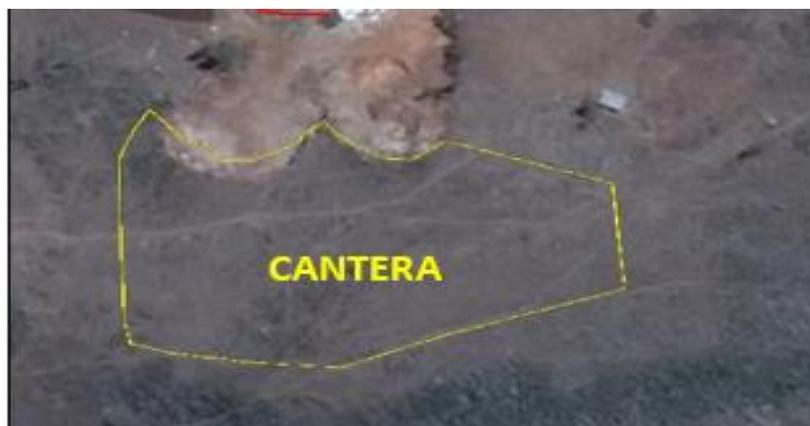
## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

##### **4.1.1. Análisis del cálculo de recursos y reservas**

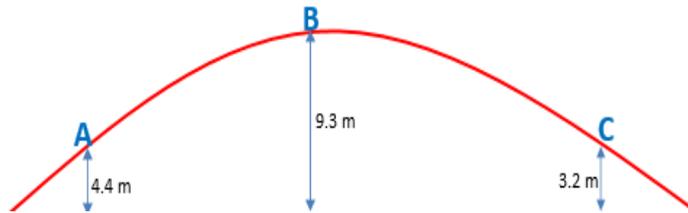
Se hizo el cálculo utilizando la técnica de perfiles y de inversa a la distancia para yacimientos con escasas variaciones de potencia como este depósito. Se usó el método de perfiles para calcular la potencia de los estratos y luego con la técnica de inversa a la distancia se calcularon finalmente las reservas. Para ello, se realizó el cálculo de potencias en los cinco puntos que se ha considerado con sus respectivos pesos específicos, todo ello para obtener la potencia promedio la cual nos permitió realizar los cálculos de tonelaje, ley de bloque, etc.



*Figura 31. Cantera a explotar  
Tomado del Departamento de Geología*

#### 4.1.1.1. Cálculo de la potencia promedio.

Para la operación de la potencia promedio se consideró 5 puntos a, b, c, d, e, representadas en la imagen 33 e imagen 34, en el cual se verificó la potencia y peso específico como se observa en la tabla 10 para poder realizar el cálculo respectivo.



**Figura 32. Potencia en perfil ABC**



**Figura 33. Potencia en punto DE**

**Tabla 5. Potencia en los puntos**

PUNTO	POTENCIA (m)	Peso Específico
A	4.4	2.72
B	9.3	2.70
C	3.2	2.68
D	7.3	2.75
E	2.6	2.67

Se ha considerado la densidad de la piedra Caliza 2.7 gramos por metro cubico de acuerdo a fuentes teóricas. En la muestra además de calcita se encontró aragonito, magnesita, siderita, sílice como se observa en la tabla 11, en pequeñas proporciones, para ello se realizó sumatoria para encontrar un punto específico general de la muestra.

**Tabla 6. Puntos específicos de los elementos de la muestra**

Punto específico en cada punto			
Elementos	%	P.e. en kg/m <sup>3</sup>	Porc. %. P.E.
Calcita	94	2700	0.94*2700
Aragonito	2	2930	0.02*2930
Magnesita	1	3000	0.01*3000
Siderita	1	3850	0.01*3850
Sílice	2	2640	0.02*2640
GENERAL	100	$\sum_4^1 P\% * P.E. =$	2.7179

$$\text{Potencia Promedio} = \frac{\sum \text{Potencias}}{\text{Número de Potencias}}$$

$$\text{Potencia Promedio} = \frac{4+9.3+3.2+7.3+2.6}{5} = 5.36 \text{ metros}$$

Aplicando la formula obtuvimos la Potencia Promedio de 5.36 m de la estructura geológica, la potencia promedio sirvió para los demás cálculos de bloque, etc.

#### 4.1.1.2. Cálculo del área, volumen, ley y reservas.

El espacio de la calera es 1.6 hectáreas considerando el plano proporcionado esto equivale a 160000 m<sup>2</sup>.

##### a) Cálculo del volumen del bloque

$$\text{Volum.} = \text{Área} * \text{Potencia Promedio.}$$

$$V_w = 160000\text{m}^2 * 5.36\text{m} = 857600 \text{ m}^3$$

Donde "V" es volumen, "Vw" volumen del bloque

**b) Cálculo de la ley del bloque**

$$V = \frac{1}{d_2} \frac{1}{1} 0.97 + \frac{1}{d_2} \frac{1}{1} \frac{1}{1} 0.97 + \frac{1}{d_2} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} 0.97 + \frac{1}{d_2} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} 0.97 + \frac{1}{d_2} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{1} 0.97$$

$$+ \frac{1}{d_5^2} \frac{1}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{d_i}} 0.97$$

El 0.98 pertenece al 98 por ciento de calcita que se le establece a la roca caliza de Manjar 15-2020.

$$V = \frac{1}{72^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{68^2} + \frac{1}{75^2} + \frac{1}{67^2}$$

$$V = 2.97 + 2.97 + 2.97 + 2.97 + 2.97$$

$$0.684 \ 0.684 \ 0.684 \ 0.684 \ 0.684$$

$$V = 0.19761 \times 97 + 0.201 \times 97 + 0.2036 \times 97 + 0.1933 \times 97 + 0.2051 \times 97$$

$$V = 19.16817 + 19.497 + 19.7492 + 18.7501 + 19.8947$$

$$V = \frac{97.05917}{100} \% = 0.9706$$

**c) Cálculo del tonelaje**

$$\text{Tonelaje} = \text{Volumen} \times V$$

$$\text{Tonelaje} = 857600 \text{ m}^3 \times 0.9706 = 832386.56 \text{ TM}$$

Por ende, las existencias presentes son 832386.56 TM y son únicamente las reservas de las 1.6 hectárea de área de cantera; con un ROP de 2000 Toneladas métricas de caliza.

#### **4.1.1.3. Cálculo de “VOE” Y “ROP”.**

$$\text{Vida útil en Años} = \frac{832386.56 \text{ TM}}{2000 \text{ TM/mes}} = \frac{462.44 \text{ MES}}{12 \text{ MESES/AÑO}} = 34.68 \text{ AÑOS}$$

Por tanto, la cantera de la concesión Manjar-15-2020, tiene una vida útil de 34.68 años, con un ritmo de producción de 2000 t mensuales de roca caliza. El ritmo de producción se da según la demanda de piedra caliza, en este plan de minado para el año 2021 se ha considerado 2000 t esto puede variar en otros años es por ello que se irá actualizando según requerimientos.

#### **4.1.2. Análisis del cálculo y dimensionamiento de flota**

El transporte del material volado se realizará con un volquete de 20 t, cargado por una retroexcavadora equipada con cucharón y picotón, con este volquete se puede acoplar si se diera la oportunidad de aumentar el ritmo de producción se puede variar el ritmo de producción tan solo con aumentar la flota o los turnos de transporte. La retroexcavadora que se utiliza nos da la maniobrabilidad para transporte carga e incluirá un picotón para romper bulones que se requieran romper La infraestructura para mantener el volquete es sencilla y barata, además es fácil de supervisar y controlar.

#### **4.1.3. Análisis del cálculo de explosivos.**

Para el cálculo de explosivos se requieren de parámetros técnicos como el diámetro y longitud del taladro, cantidad de taladros diarios, croquis de red de perforación y modelo de explosivo, todos estos parámetros se nombrarán en los siguientes apartados.

##### **4.1.3.1. Perforación.**

La “perforación por banqueo”, es la técnica más adecuada para este tipo de explotación en la voladura de rocas porque ubica de una cara libre para la saliente y propulsión del material, logrando una organización de las labores. La perforación se realizará con YT28 Air leg Jack Hammeya que es la perforadora que se adapta para canteras, esta perforadora puede perforar un diámetro del orificio de 34-42

mm, la profundidad del orificio de perforación es de 5 m. Los taladros se consideran de 9 pies ya que se requieren hacer taladros de 8 pies y 1 pies de sobre perforación lo cual los taladros serán de 9 pies terminado. El diámetro de perforación será de 1 ¼”.

#### 4.1.3.2. Malla de perforación

La representación de la malla de perforación va ser cuadrada, de 1.20 de espaciamiento en “A” y 1.20 en espaciamiento en “B” con una longitud de 2.40 metros con una sobre perforación de 30 cm, se realizarán 12 taladros diarios y cada taladro mueve 6.62 tm de material, lo que hará que diario se mueva 80 t.



**Figura 34. Diseño de malla**

#### 4.1.3.3. Voladura y tipo de explosivo.

La voladura se realizará con el carguío de explosivos, lo cual consiste en colocar por taladro un cebo un cartucho de dinamita con fulminante al fondo del taladro luego este se cargará con 2 kilos de anfo por taladro, lo cual al día se gastarán 24 kilos de anfo diario.

Se eligió la dinamita ya que se utiliza con éxito en rocas suaves a intermedias y ya que no existe humedad, aparte este explosivo al estar como cebo va a sensibilizar al anfo logrando una voladura completa, según los parámetros geomecánico aquí no existe agua es por ello que se utilizara dinamita y anfo con ello disminuirán costos.

#### 4.1.3.4. Requerimientos de explosivos

La cantidad de explosivos que se van a requerir son se van a requerir 303 kg de dinamita lo que equivale a 13 cajas de 25 kg cada una.

Se van a requerir 3744 metros de mecha lenta lo que equivale a 4 cajas o tambores de 1000 metros cada una. Se van a requerir 3744 metros de mecha rápida los cuales son 4 tambores.

El cordón detonante o también conocido como *pentacord* mensualmente se necesitará 1300 metros y anualmente 15600 lo que hará 15600 metros de *pentacord* a lo que equivale a 16 tambores de 1000 metros cada uno.

En el presente plan de minado se consumirán 298 bolsas de anfo de 25 kg cada una. Se consumirán 3744 unidades de detonadores los cuales equivalen a 38 cajas.

#### **4.1.4. Análisis de los componentes mineros.**

##### **4.1.4.1. Cantera**

Se usará el método que más se adecua es de la explotación superficial conocido como explotación por bancos, que es el grupo de labores que se realizan con el propósito de explotar el materia beneficioso. En el proyecto minero tratamos de recuperar las rocas calizas para categorizarlas y chancarlas. Aprovechando la pendiente, el depósito de roca caliza, se divide en capas horizontales, con la finalidad de detonar algunos bancos a la vez. De este modo, la calera va consiguiendo el perfil escalonado.

##### **4.1.4.2. Diseño del tajo**

Los componentes de tajo mediante el método de banqueo para el diseño de explotación se procederán priorizando los factores geométricos luego los factores operativos y finalmente los factores geomecánico.

###### **4.1.4.2.1. Elementos geométricos**

Debido a que en la concesión se estuvo extrayendo de forma ilegal, la extracción se ejecuta conformando la silueta de bancos que presentemente posee la calera, a lo largo del yacimiento. Los afloramientos se sitúan desde Bambamarca con pendiente casi horizontal. Para el diseño del tajo vamos a tomar parámetros como la anchura del depósito, largura del depósito potencia del depósito silueta del depósito e declive del depósito.

**Tabla 7. Factores geométricos del depósito**

Anchura del depósito	10 has
Largura del depósito	10 has
Potencia del depósito	6 m
Forma del depósito	Estratos
Declive del depósito	Sub horizontales

#### 4.1.4.2.2. Elementos operativos

El aprovechamiento en la calera es desde la parte inferior para la parte superior, esto valdrá para lograr intervenir los taludes más eficientemente e infalible. En minería de *open pit*, en el asunto de esta calera, se utiliza la perforación maquinada como la “perforación por banqueo”, la cual es la más apropiada técnica para la voladura de rocas porque sitúa de cara libre para la evasiva y propulsión del material, logrando una organización de las labores.

El traslado del material extraído se realizará con un camión de 20 toneladas métrica, llenado por una retroexcavadora proveída con cuchara y picotón, con esto se es posible modificar la medida de producción con acrecentar las unidades o las veces de traslado. El mantenimiento del camión es fácil y su infraestructura económica, también es factible de supervisar e inspeccionar.

**Tabla 8. Factores operativos a considerar para el diseño de la cantera**

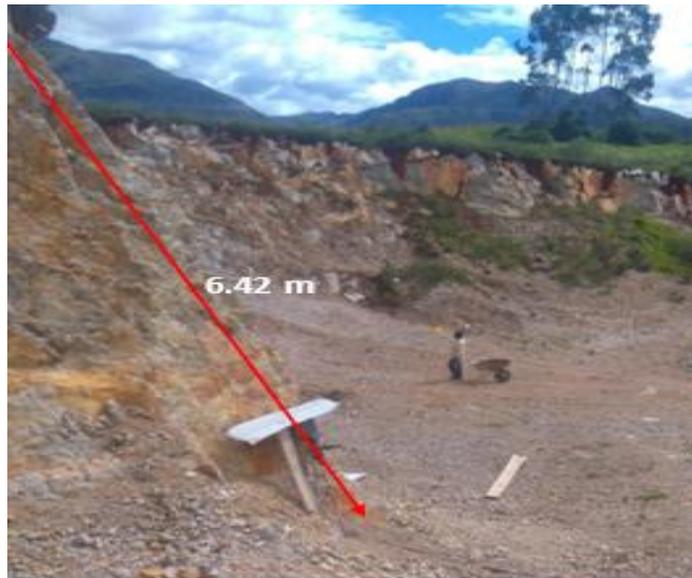
Técnica de explotación	Perforación por banqueo
Trecho de traslado	100 metros
Altitud de banco	2.4 metros
Anchura de banco	2.5 metros
Ángulo de banco (rampa)	65 grados
Talud terminable	60 grados
Dureza	Buena
Razón caliza / desmonte	10/1
Factor de potencia	0.01 Kg/t
Factor con anfo	0.03 Kg/t

### a) Elevación de banco

Se trabajará a una elevación de banco de 2.4 metros, ya que se ha considerado que con ello se mantendrá las condiciones de seguridad aceptable así mismo se podrá manejar los unidades de carga de material así poder remediar el frente, así mismo, se lograra tener más intervención en el quebrantamiento de la voladura, así mismo se poseerá superior celeridad en realización de bajadas entre bancos, así mismo mínimos elevaciones de sacudidas , así mismo superiores entornos para reparación y trato de taludes terminantes.

### b) Ángulo de talud

Se emplea en el transcurso de la tarea en roca dura, para instalar bermas de seguridad más practicas se trabajará con ángulos de 65 y 60 grados, para terminarlos con ángulos definitivos. El ángulo que se ha considerado se encuentra en situación de 2 coeficientes dependiendo del ejemplar de roca como son las particularidades estructurales y resistencia de los materiales, con este ángulo de talud tendremos un factor de seguridad aceptable y buena estabilidad del talud.



**Figura 35. Talud del banco en la concesión Manjar 15-2020**



**Figura 36. Ángulo de talud en la concesión Manjar 15-2020**

**c) Bermas (W)**

Para el tipo de berma vamos a trabajar según el criterio de Evans y Call. Para altura de bancos menores o iguales a 9 metros. Donde H = altura de banco

$$w = 0.2H + 2.0, \text{ para } H \leq 9.0 \text{ metros}$$

Aplicando la fórmula nos resulta que el ancho de la berma debería encontrarse 2.48 m, pero consideramos en este caso en 2.40 el ancho de berma porque es cercano a la demarcación señalada.

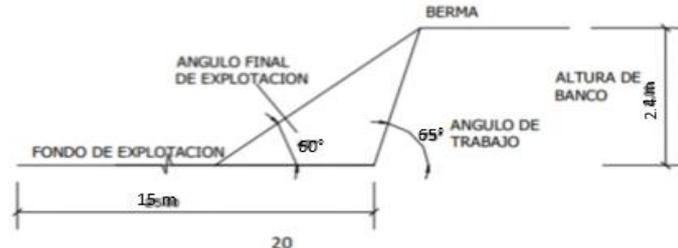
**d) Anchura de banco**

Adición de las zonas necesarias para maniobrar la maquinaria pesada que labora en ellos juntamente se considera una anchura de 4 metros.

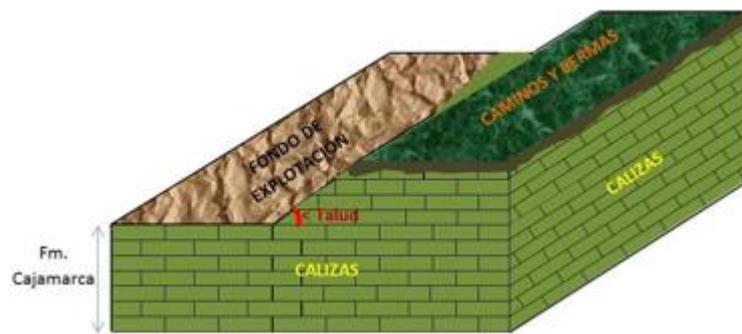


**Figura 37. Corte vertical del aprovechamiento con talud terminable**

Para mejorar la revisión de los taludes, armar un plan de monitoreo de taludes a travez de levantamientos topográficos habituales con curvas de 1 metro de altura y mapeo geotécnico.



**Figura 38. Corte de talud**



**Figura 39. Diseño de Banco de explotación**



**Figura 40. Plataforma de trabajo**

#### 4.1.4.2.3. Elementos geomecánicos

La identificación del proceder mecánico de la masa rocosa y sus elementos se establecen con las pruebas de laboratorio y estudios *in situ*, cuyo objetivo es la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la roca. En el presente planeamiento se han realizado los ensayos *in situ* para determinar la clasificación geomecánica y la resistencia de los macizos rocosos de la zona en estudio.

La clasificación de las rocas para usos ingenieriles es una tarea compleja, ya que deben cuantificarse sus propiedades con el fin de emplearlas en el cálculo de diseño. Estas clasificaciones están basadas en alguno o varios de los factores que determinan su comportamiento mecánico como las propiedades de la matriz rocosa, frecuencia y tipo de las discontinuidades, que definen el grado de fracturamiento, el tamaño y la forma de los bloques del macizo, etc. Asimismo, el grado de meteorización o alteración, estado de tensiones in situ, presencia de agua.

#### 4.1.5. Análisis del estudio geomecánico

En este apartado se hace una estimación de la roca intacta sus cualidades mecánicas. Esta estimación se hace en fundamento a la información recogida *in situ*.

La tipificación de las rocas para utilización ingenieriles es un trabajo complicado, ya que necesitan contar sus atributos con la finalidad de utilizarlas en el cálculo de diseño. Estas tipificaciones son establecidas en uno o diversos de los elementos que establecen su comportamiento mecánico:

- ✓ Atributos de la matriz rocosa
- ✓ Periodicidad y clase de las discontinuidades, que precisan el nivel de fracturamiento, el volumen y el perfil de los bloques del macizo, etc.
- ✓ Nivel de meteorización o cambios
- ✓ Situación de tensiones in situ
- ✓ Disposición de agua.

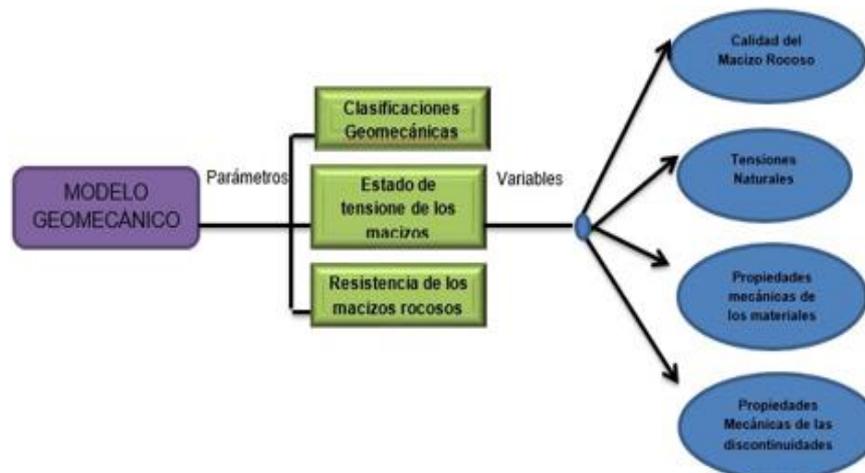


Figura 41. Sistematización para describir el macizo rocoso

**Tabla 9. Características y propiedades a definir en campo para la caracterización del macizo rocoso**

Particularidades y atributos a precisar in situ para la representación del macizo rocoso			
Espacio de estudio	Características o atributos	Técnica	Tipificación
Principal Rocosa	Reconocimiento	Reconocimiento visual directa	Tipificación geológica y geotécnica
	Meteorización	Reconocimiento visual	catálogo patrón
	Resistencia	Índice y ensayos in situ	Tipificación empírica de resistencia
Discontinuidades	Orientación	Medida con brújula	
	Espaciado	Medidas in situ	Índices y Tipificación estándar
	Continuidad		
	Rugosidad	Reconocimiento y medidas in situ	Comparación con perfiles estándar
	Resistencia de las paredes	Índice de campo Martillo Schmidt	Tipificación empírica de resistencia
	Grieta Relleno Filtraciones	Reconocimiento y medidas in situ	Índices estándar
Sólido rocoso	Cantidad de familias de discontinuidades	Medida in situ	Índices y tipificación estándar
	Volumen de bloque magnitud de fracturación		
	Nivel de meteorización	Reconocimiento in situ	Tipificación estándar



**Figura 42. Estación geomecánica Tomado del Departamento de Geomecánica**

#### 4.1.5.1. Parámetros de clasificación geomecánica

##### a) Resistencia uniaxial de la roca intacta

**Tabla 10. Resistencia uniaxial de la roca intacta**

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia.	Resistencia uniaxial (Mpa)	Índice de carga puntual (Mpa)	Evaluación in situ de la resistencia
<b>R6</b>	Extremado Resistente	>250	>10	Golpazos de martillo geológico solo causa descostramiento somero en la roca
<b>R5</b>	Muy Resistente	(100-250)	(4-10)	Un tramo de roca pide diversos golpes de martillo geológico para fracturarse
<b>R4</b>	Resistente	(50-100)	(2-4)	Un fragmento de roca pide más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse
<b>R3</b>	Moderado Resistente	(25 - 50)	(1-2)	Un fragmento de roca logra fracturarse con un único golpe del martillo, aunque no es viable descostrar la roca con una navaja.
<b>R2</b>	Débil	(5-25)	(b)	Un golpe con la cresta del martillo deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una navaja pero con dificultad.
<b>R1</b>	Muy Débil	(1-5)		La roca se deshace al ser golpeada con la punta del martillo. La roca puede ser descostrada con una navaja.
<b>R0</b>	Extremado Débil	(0.25 -1)		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.

← **PUNTAJE**  
**8**

En la decisión de esta medida utilizamos el martillo del geólogo con una cantidad aproximada de 3 a 4 golpazos.

##### b) Rock quality designation (RQD)

Calculado mediante la fórmula:  $RQD = 100e^{-0,1d} (0,1d+1)$

$$\text{Donde } d = \frac{N^{\circ} \text{Discontinuidades}}{m} = \frac{20}{30} = 0.66$$

$$\text{Entonces: } RQD = 100e^{0.1 \cdot 0.66(0.1 \cdot 0.66 + 1)} \quad RQD = 67.4\%$$

La determinación de esta medida escogemos como sustento los 30 metros longitudinales, y luego a continuación contamos la cantidad de fisuras que seccionan a estos metros longitudinales. Fundamentándose en los condiciones de los valores del RQD, el macizo rocoso logra ser expresado según la valoración de la tabla.

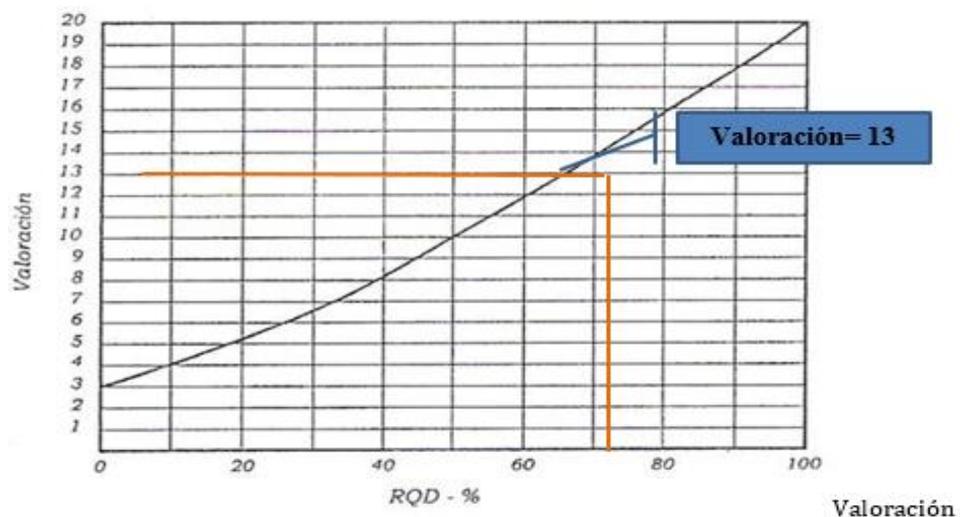
**Tabla 11. Calidad de la roca.**

RQD %	Calidad de la roca
100-90	Muy buena
90-75	Buena
75-50	Mediana
50-25	Mala
25-0	Muy mala



**PUNTAJE 8**

*Tomado del Departamento de Geomecanica*



**Figura 43. Valoración del RQD**

### c) Distanciado de las discontinuidades

**Tabla 12. Espaciado de las discontinuidades**

Ed1	20 – 60 centímetros
Ed2	20 – 60 centímetros
Ed3	20 – 60 centímetros
Ed4	20 – 60 centímetros

Promedio 60 centímetros

$$\text{Promedio: } \frac{(Ed1 + Ed2 + Ed3 + Ed4)}{5} = 60 \text{ cm}$$

**Tabla 13. Descripción del espaciado**

Descripción	Espaciado		
	Milímetros	Centímetros	
Extremado cerrado	Menor a 20 mm	Menor a 2 cm	
Muy cerrado	20-60 mm	2 cm-6 cm	
cerrado	60-200 mm	6 cm- 20 cm	
Moderado	200-600 mm	20 cm-60 cm	← <b>PUNTAJE 9</b>
Espaciado	600-2000 mm	60 cm-200 cm	
Muy espaciado	2000-6000 mm	200 cm-600 cm	
Extremado espaciado	Mayor a 6000 mm	>600 cm	

El distanciamiento de las discontinuidades es cerrado y se halla con valores de 20 centímetros a 60 centímetros por lo que le pertenece un índice de calificación y el cual es Moderado y es 0.55 cm.

### d) Situación de las discontinuidades

Para explicar la situación de las discontinuidades se asumirá en cuenta las consiguientes pautas.

- **Persistencia**

De las 5 discontinuidades medidas conseguimos como persistencia desde 0.42 metros la más pequeña y la más grande 0.98 metros; por consiguiente, se supone de muy baja persistencia.

**Tabla 14. Descripción de persistencia**

Descripción de persistencia	
Persistencia	Longitud (m)
Muy baja Persistencia	Menor a 1 ← PUNTAJE 6
Baja Persistencia	Entre 1 y 3
Persistencia Media	Entre 3 y 10
Alta Persistencia	Entre 10- y 20
Muy Alta Persistencia	Mayor a 20

- **Abertura**

Las aberturas van desde la más pequeña a los 3 milímetros la más grande de 5 milímetros.

**Tabla 15. Presentación de la abertura**

Presentación de Abertura	
Descripción	Abertura
Muy cerrada	Menores a 0.1 milímetros
Cerrada	Desde 0.10 a 0.25 milímetros
Parcialmente Abierta	Desde 0.25 a 0.50 milímetros
Abierta	Desde 0.50 a 2.50 milímetros
Moderadamente Ancha	Desde 2.50 a 10 milímetros → PUNTAJE=1
Ancha	10 milímetros
Muy Ancha	Desde 1 a 10 centímetros
Extremado Ancho	Desde 10 a 100 centímetros
Cavernosa	Mayores a 1 metro

- **Rugosidad**

Las discontinuidades muestran una superficie rugosa, en la figura se logra verificar visiblemente.



**Figura 44. Rugosidad de la roca**  
Tomado del Departamento de Geomecánica

**Tabla 16. Tipos de rugosidades**

Tipologías de rugosidades	
Tipo	Descripción
I	Rugosa irregular, escalonada
II	Lisa, escalonada
III	Pulida, escalonada
IV	Rugosa irregular, ondulada
V	Lisa, ondulada
VI	Pulida, ondulada
VII	Rugosa irregular, planar
VIII	Lisa, planar
IX	Pulida, planar

→ PUNTAJE=5

- **Relleno**

El relleno de las juntas muestra; caliza triturada, arcilla dura o calcita secundaria solidificada; y son mínimas a 5 milímetros.



**Figura 45. Relleno de calcita en la roca**

### e) Meteorización

Las rocas areniscas cuarzosas blancas ubicadas en esta zona, muestran una meteorización ligera.

**Tabla 17. Valoración de la Discontinuidades de la estación geomecánica**  
Pautas para la clasificación de discontinuidades

Persistencia (longitud)	Menor a 1 metro	Entre 1 y 3 metros	Entre 3 y 10 metros	Entre 10 y 20 metros	Mayores de 20 metros
Puntaje	6	4	2	1	0
Abertura	Ninguno	Menor a 0.1 milímetros	Entre 0.1 a 1.0 milímetro	Entre 1 a 5 milímetro	Mayor a 5 milímetros
puntaje	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugoso	Rugoso	Ligeramente rugoso	liso	espejo de falla
Puntaje	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro menor a 5 milímetros	Relleno duro mayor a 5 milímetros	Relleno suave menor a 5 milímetros	Relleno suave mayor a 5 milímetros
Puntaje	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterado	Ligeramente alterado	Moderadamente alterado	altamente alterado	Descompuesto
Puntaje	6	5	3	1	0
<b>Puntaje Final</b>	<b>21</b>				

- Agua subterránea



**Figura 46. Presencia de agua**  
Tomado del Departamento de Geomecánica

**Tabla 18. Descripción de humedad**

Descripción	Rango	
Completamente Seco	15	➔ <b>PUNTAJE= 15</b>
Semi Húmedo	10	
Húmedo	7	
Mojado	4	
Flujo de Agua	0	

#### f) Clasificación geomecánica RMR

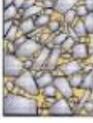
Sumando las puntuaciones nos da un RMR de 66, la cual se considera una roca buena de la clase 2 y con cohesión de 3-4 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de rozamiento entre 35 y 45 grados.

**Tabla 19. Calidad de macizos rocosos en correspondencia al índice RMR**

Atributo de macizos rocosos en correspondencia al índice RMR				
Tipo	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de rozamiento
I	Muy Buena	Entre 100 a 81	Mayor a 4 kg/cm <sup>2</sup>	Mayor a 45°
II	Buena	Entre 80 a 61	Entren 3 a 4 Kg/cm <sup>2</sup>	Entre 35° a 45°
III	Media	Entre 60 a 41	Entre 2 a 3 Kg/cm <sup>2</sup>	Entre 25°a 35°
IV	Mala	Entre 40 a 21	Entre 1 a 2 Kg/cm <sup>2</sup>	Entre 15° a 25°
V	Muy mala	Menor a 20	Menor 1 Kg/cm <sup>2</sup>	Menor a 15°

#### 4.1.5.2. GSI (Geological Strengthindex)

Se ha considerado el índice geológico de resistencia, GSI, sustentado en una presentación geológica del macizo rocoso.

CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO PARA ESTIMAR SU RESISTENCIA		CONDICIÓN DEL FRENTE				
<p>Basándose en el aspecto de la roca elegir la categoría que mejor describa las condiciones del macizo previo a la excavación. Tener en cuenta que las voladuras pueden crear una impresión falsa sobre la calidad del macizo rocoso, en cuyo caso será necesario realizar algún tipo de ajuste por daños debidos a voladuras; la observación de testigos de sondeos y de frentes de roca en zonas afectadas y no afectadas por voladuras puede ser de ayuda. Para la definición del grado de fracturación (<i>blockiness</i>) debe considerarse la relación entre el tamaño del bloque y la dimensión del frente de excavación.</p>		MUY BUENA (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con patinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos arcillosos
ESTRUCTURA						
	<b>BLOQUES REGULARES (BR)</b> Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	BR/MB	BR/B	BR/M	BR/P	BR/MP
	<b>BLOQUES IRREGULARES (BI)</b> Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.	BI/MB	BI/B	BI/M	BI/P	BI/MP
	<b>BLOQUES Y CAPAS (BC)</b> Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.	BC/MB	BC/B	BC/M	BC/P	BC/MP
	<b>FRACTURACIÓN INTENSA (FI)</b> Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.	FI/MB	FI/B	FI/M	FI/P	FI/MP

**Figura 46. Caracterización del macizo rocoso para estimar la resistencia**

**Tabla 20. Colocación del macizo rocoso**

Colocación del macizo rocoso	Bloques regulares
Estado de la Superficie	Buena
Puntaje	55-75
<b>GSI=71</b>	

#### 4.1.6. Análisis del Marco Legal

Según el Decreto Supremo N°018-92-EM, la entidad reguladora de la minería solicita a los titulares mineros cumplir ciertos requisitos como la elaboración del documento técnico del plan de minado según el Decreto Supremo N°018-92-EM el cual nos describe los requisitos para el inicio de actividades, este trabajo de investigación elabora el documento técnico del plan de minado lo cual cumple con la normativa lo que lo hace técnicamente implementable en la concesión minera.

## CONCLUSIONES

Están orientados a responder las tres preguntas: la general y las específicas

1. Mediante la elaboración del documento técnico del plan de minado, luego la revisión y aprobación por la Dirección Regional de Energía y Minas se iniciará las actividades de exploración y explotación en la concesión minera Manjar 15-2020.
2. El cálculo de explosivos es fundamental en el plan de minado ya que el cálculo de explosivos es la parte donde más error suele producirse y con más énfasis lo revisan. En el plan de minado elaborado se requerirán 303 kg de dinamita, 3744 metros de mecha lenta, 3744 metros de mecha rápida, cordón detonante 15600, 7450 Kilos de anfo, 3744 unidades de detonadores o fulminante número 6.
3. En el cálculo de maquinaria se requerirá para el transporte un camión de 20 toneladas de capacidad una retroexcavadora equipada con cucharón y picotón así La perforación se realiza con YT28 Air leg Jack Hammeya.
4. En el estudio geomecánico nos resulta un RMR de 66 considerándose roca buena, y sin presencia de agua.
5. En el cálculo de recursos y reservas se obtiene mediante el cálculo del método de perfiles e inverso a la distancia obteniendo recursos 832386.56 toneladas métricas, que con un ritmo de producción de 2000 toneladas métricas mensuales da una vida útil de la mina de 34.68 años.
6. El análisis de los componentes mineros en el tajo se hará siguiendo factores geométricos, operativos y geomecánicos, los cuales nos da método de explotación perforación por banqueo, distancia de transporte 100 m altura de banco, 2.4 m ancho de banco 2.5 m ángulo de talud de banco 65° talud final, 60° dureza de roca ,buena, ratio piedra / desmonte 10/1, factor de potencia 0.01 kg/t

7. Por tanto, la cantera de la concesión Manjar-15-2020, tiene una vida útil de 34.68 años, Con un ritmo de producción de 2000 t mensuales de roca caliza. El ritmo de producción se da según la demanda de piedra caliza, en este plan de minado para el año 2021 se ha considerado 2000 t esto puede variar en otros años es por ello que se irá actualizando según requerimientos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios geológicos y geomecánicos de mayor detalle, y asociarlos a la selección y dimensionamiento de flota.
2. Se recomienda estar actualizando la geomecánica de la roca debido a que esta influye en el resto de cálculos los cuales pueden variar según cambien las características geomecánicas.
3. Se recomienda que se usen métodos geo estadísticos para obtener un cálculo más certero de recursos y reservas, ya que por normativa no exigen por un método en específico, pero para mejorar la confiabilidad se podría optar por métodos más precisos.
4. Se recomienda estar actualizado en la normativa minera ya que esta varía según el tiempo y puede modificarse para trabajos posteriores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHAVEZ, Ermes. Propuesta de plan de minado de la cantera Los Chancas III 5Hnos Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018, 85 pp.
2. CABANILLAS, Fernando. Influencia de un plan de minado en la productividad de la concesión Minera no Metálica Alsabe 1, El Timbo, Departamento de Cajamarca, 2015. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Alas Peruanas, 2016, 85 pp.
3. CASTRO, Bryam. Propuesta de Implementación de plan de minado en la cantera de dolomita Jajahuasi 2001. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Junín: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015, 140 pp.
4. LLOVERA, Jhon y VASQUEZ, Segundo. Propuestas de plan de minado en la concesión minera no metálica Monte Alto caserío de Shiguas, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Cajamarca 2020. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2020, 65 pp.
5. SPELUCIN, Andy. Informe de Experiencia Laboral: Desarrollo del Plan de Minado para el Proyecto Conga. Informe de Experiencia Laboral (Título de Ingeniero de Minas). La Libertad: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.
6. RICAURTE, Diana. Planeamiento minero para el Contrato de Concesión HKN-08071, mina la Esmeralda ubicado en los municipios de Jenesano y Tibana departamento de Boyacá. Monografía (Título de Ingeniero de Minas). Boyacá: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2007, 131 pp.

## **ANEXOS**

## Anexo A

### Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 21. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición	Definición operacional		
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Elaboración del documento técnico del plan de minado.	Esta variable significa la elaboración del plan de minado la cual debe elaborarse de forma adecuada concisa y correctamente.	Factores geológicos Factores geomecánico Factores Operacionales	Parámetro geológico  Parámetro geomecánico  Plan de minado	Cálculo de recursos y reservas.  Características del macizo rocoso  Cálculo de explosivos. el cálculo y dimensionamiento de flota
VD:  Para el inicio de actividades de exploración y explotación.	Actividades relacionadas a las etapas operacionales de un proyecto minero para su explotación.	• Variables económicas		

## Anexo B

### Cálculo de explosivos y conexos

INFORME DE CÁLCULO DE EXPLOSIVOS Y CONEXOS			
MALLA DE PERFORACIÓN			
Altura de banco		2.4 m.	
Longitud de taladro		2.5 m.	
Malla:	Espaciamiento A	1.2 m.	
	Espaciamiento B	1.2 m.	
	Longitud por disparo	2.4 m.	
Volumen:	Largo	6.9 m.	
	Ancho	2.1 m.	34.56072
	Longitud	2.4 m.	
Toneladas por Tal.	12	6.62 TM/Tal	
Toneladas por día		79.48966 TM/día	
Toneladas por mes	26	2066.731 TM/mes	
Toneladas por año	12	24800.77 TM/año	
PRODUCCIÓN			
Programado 2022		24800.77 TM	
Peso Específico		2.3	
FACTOR DE POTENCIA			
DINAMITA	Por taladro se mueve:	6.62 TM/Tal	
	1 Taladro se carga	0.0806 Kg.	0.012174
EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS			
DETONADOR (1 caja = 100 Unid.)	Detonador por disparo	12 Unid.	
	Días trabajados / mes	26 días	3,744 Unid.
	Meses trabajados/año	12 meses	
DINAMITA (1 caja = 25 Kg)	1 Taladro se carga	1 cart.	
	Taladros/día	12 tal.	3,744 cart.
	Días trabajados / mes	26 días	303 Kg. Dinamita
	Meses trabajados/año	12 meses	
MECHA LENTA (1 caja = 1000 m)	Long. Por disparo	1 m.	
	Taladros/día	12 tal.	3,744 m.
	Días trabajados / mes	26 días	
	Meses trabajados/año	12 meses	
MECHA RÁPIDA (1 caja = 1000 m)	Long. Por disparo	1 m.	
	Taladros/día	12 tal.	3,744 m.
	Días trabajados / mes	26 días	
	Meses trabajados/año	12 meses	

## Anexo C

### Certificado de calidad de cal gruesa

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO</b>			
		LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION			
		<b>LASACI</b>			
<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>					
<b>LASACI N°241-2016-IQUNT</b>					
SOLICITANTE		: W & J MINERIA y CONTRUCCION S.A.C			
MUESTRA		: OXIDO DE CALCIO-CAL VIVA GRUESA			
PROCEDENCIA		: BAMBAMARCA			
FECHA DE INGRESO		: 31 DE DICIEMBRE DEL 2016			
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO					
DETERMINACION		UNIDADES		M-I	
CaO		%		76.85	
DETERMINACION		Resultados			
Reactividad		Media			
L.O.I		2 a 4 %			
GRANULOMETRIA		Resultados			
4" a +1"		87 %			
1"		15.2 %			
TRUJILLO, 02 DE ENERO DEL 2017					
					
		DR. NOÉ COSTILLA SANCHEZ DIRECTOR			
AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL					
<b>FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA</b>					
☎ 949959632 / 949119298					

# Anexo D

## Plano de ubicación

