

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Análisis de los problemas críticos que influyen en la  
eficiencia de la perforación y voladura en Compañía  
Minera Chungar – Unidad Animon**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Melina Roxana ARIAS CASTILLO**

**Asesor:**

**Mg. Edwin Elias SÁNCHEZ ESPINOZA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Análisis de los problemas críticos que influyen en la  
eficiencia de la perforación y voladura en Compañía  
Minera Chungar – Unidad Animon**

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

---

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS  
PRESIDENTE

---

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA  
MIEMBRO

---

Mg Nelson MONTALVO CARHUARICRA  
MIEMBRO



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

---

**INFORME DE ORIGINALIDAD N°054-JUIFIM-2024**

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

Presentado por:

**Bachiller:** Melina Roxana, ARIAS CASTILLO

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:

**Tesis**

**ANALISIS DE LOS PROBLEMAS CRITICOS QUE INFLUYEN EN LA  
EFICIENCIA DE LA PERFORACION Y VOLADURA EN COMPAÑIA MINERA  
CHUNGAR – UNIDAD ANIMON**

**Asesor:**

Mg. Edwin Elias, SÁNCHEZ ESPINOZA

Índice de Similitud: 02%

Calificativo

**APROBADO**

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

Cerro de Pasco, 18 de diciembre 2023

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

C.c.  
*Archivo*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres: **Juan Arias y Rayda Castillo**, por ser la fuente de inspiración para mi formación profesional, dándome todo el ejemplo de respeto, coraje, responsabilidad estando conmigo hasta el final de esta etapa de mi vida.

Dedico también a mi esposo **Cristian Pacheco** e hijo **Matheo Pacheco** que siempre me alentaron en todo momento para hacer realidad el presente trabajo.

Gracias por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más grande agradecimiento a **Dios** por cada momento vivido porque sin ello no podría haber llegado a esta realidad, agradezco a mis **padres** por el apoyo incondicional y siempre inculcándome el respeto, la humildad por ser el pilar que me dio fuerzas y motivación para ser mejor cada día.

Y un agradecimiento especial a mis **mentores, maestros** por sus consejos y enseñanzas ante mi neófito conocimiento prácticos de la minería.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título: “ANALISIS DE LOS PROBLEMAS CRITICOS QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA DE LA PERFORACION Y VOLADURA EN COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR – UNIDAD ANIMON”. Establece como objetivo principal el de determinar los principales problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon. La hipótesis principal fue: Afectan en gran medida a la calidad de las operaciones unitarias de la perforación y voladura los problemas que se generan en su realización en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon. Respecto a la metodología, la investigación realizada es de tipo práctico, y de tipo descriptivo y correlacional, su diseño es cualitativo, no experimental. Finalizando la investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones: La calidad de las operaciones unitarias de perforación y voladura en los trabajos del nivel 335 son afectados por diez aspectos los cuales fueron detectadas durante el diagnóstico realizado y mencionamos a continuación: capacitación, equipos, mantenimiento, uso inadecuado de equipos, gradiente, diseño, explosivos, tipo de corte, accesorios, estándares y recomendaciones respectivas.

Se concluye que el factor técnico en perforaciones es el criterio determinante para poder dar solución los problemas de estabilización y avances en perforaciones y voladura, de no solucionarse el derrumbe de los taladros y no se logre la optimización de las cargas para mejorar utilización del poder energético del explosivo no se alcanzaran mejores niveles

**Palabras clave:** Perforación, voladura, capacitación, mantenimiento, explosivos, accesorios.

## ABSTRACT

The title of this research work is: “ANALYSIS OF THE CRITICAL PROBLEMS THAT INFLUENCE THE EFFICIENCY OF DRILLING AND BLASTING IN CHUNGAR MINING COMPANY – ANIMON UNIT.” Establishes as its main objective to determine the main problems that arise in drilling and blasting during exploitation, in the facilities of the Chungar Management Company – Animon Unit. The main hypothesis was: The quality of drilling and blasting unit operations is greatly affected by the problems that are generated during their implementation at the facilities of the Chungar Management Company – Animon Unit. Regarding the methodology, the research carried out is of a Practical type, and of a descriptive and correlational type, its design is qualitative, not experimental. Completing the investigation, the following conclusions have been reached: The quality of the unitary drilling and blasting operations in the works at level 335 are affected by ten aspects which were detected during the diagnosis carried out and we mention below: training, equipment, maintenance, improper use of equipment, gradient, design, explosives, type of cut, accessories, standards and respective recommendations.

It is concluded that the technical factor in drilling is the determining criterion to be able to solve the problems of stabilization and progress in drilling and blasting, if the collapse of the drills is not solved and the optimization of the loads is not achieved to improve the use of power. energy of the explosive, better levels will not be reached

**Keywords:** Drilling, blasting, training, maintenance, explosives, accessories.

## INTRODUCCIÓN

En “la Compañía Minera Chungar – Unidad Animon”, se realizan proyectos exploratorios y de explotación en el ámbito de minería polimetálica con especial énfasis en constelación de plata, zinc y plomo. En ese sentido se presenta como un problema de primer orden organizar y gestionar la política de continuo mejoramiento productivo que alcance a todas sus operaciones actuales.

Para alcanzar ese objetivo, la empresa encargó a su área de mina que realice un diagnóstico sobre los posibles problemas que puedan existir en las labores de perforación y voladura, tomado como base las características que sean propias del cuerpo de rocas sobre el que se desarrollan sus operaciones.

En lo referido a la estructura del trabajo, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

El Capítulo I trata sobre el planteamiento del problema sobre la problemática de la perforación y voladura, abarcando el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

El Capítulo II, se ocupa del Marco Teórico donde analizamos los antecedentes de la investigación sobre problemas de la perforación y voladura en las diferentes empresas. Se analizará las diferentes bases teóricas propuestas por autores que mencionamos.

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología empleada, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV se muestran los resultados donde se realiza un diagnóstico, se evalúa los problemas de la perforación y de la voladura.

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones.



También se indica las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**ÍNDICE**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Delimitación espacial .....	2
1.2.2.	Delimitación temporal .....	3
1.3.	Formulación del problema .....	3
1.3.1.	Problema general .....	3
1.3.2.	Problema específicos.....	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general.....	3
1.4.2.	Objetivos específicos .....	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	4

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	5
2.2.	Bases teóricas científicas .....	8
2.2.1.	Perforación .....	8
2.2.2.	Voladura .....	11
2.2.3.	Parámetros de voladura.....	13
2.2.4.	Diseño de una voladura .....	14
2.2.5.	Sistema de iniciación .....	16
2.2.6.	Explosivos .....	17
2.2.7.	Agentes de voladura .....	18
2.3.	Definición de términos conceptuales .....	21
2.4.	Enfoque filosófico – epistémico .....	22

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación.....	24
3.2.	Nivel de investigación.....	24
3.3.	Característica de la investigación .....	24
3.4.	Método de investigación.....	25
3.5.	Diseño de investigación .....	25
3.6.	Procedimiento del muestreo.....	26
3.6.1.	Población.....	26
3.6.2.	Muestra .....	26

3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
3.7.1.	Técnicas .....	26
3.7.2.	Instrumentos.....	26
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	26
3.9.	Orientación ética .....	27

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	28
4.1.1.	Aspectos generales de la mina Animon .....	28
4.1.2.	Geología de la mina.....	30
4.1.3.	Minería .....	33
4.1.4.	Trabajo de campo.....	40
4.2.	Discusión de resultados .....	62

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Principios de perforación mecánica de rocas .....	9
Figura 2 Tipos de mallas de perforación .....	11
Figura 3 Nomenclatura de un banco de voladura.....	15
Figura 4 Ubicación de la mina Animon.....	29
Figura 5 Plano geológico .....	31
Figura 6 Geología Local mirando al Oeste, sección N-S.....	32
Figura 7 Geología local mirando al oeste, sección S-N.....	33
Figura 8 Secuencia de acceso a la veta.....	37
Figura 9 Método de corte y relleno ascendente .....	38
Figura 10 Vista isométrica 1 del método de corte y relleno ascendente mecanizado .	40
Figura 11 Vista isométrica 2 del método de corte y relleno ascendente mecanizado .	40
Figura 12 Diagrama de Pareto de los problemas de perforación.....	46
Figura 13 Causa efecto características claves en perforación.....	47
Figura 14 Afilado de las brocas cuando la zona de desgaste equivale a 1/3 del diámetro.....	50
Figura 15 Tope de la perforadora excesivamente desgastada.....	51
Figura 16 Tope de operación de la perforadora .....	51
Figura 17 Control de las brocas .....	52
Figura 18 Observación de altas presiones en la percusión .....	54
Figura 19 Control del desgaste de la broca.....	55
Figura 20 Ralladuras muy pronunciadas en el faldón de la broca .....	55
Figura 21 Brocas adecuadas a rocas abrasivas o muy abrasivas .....	56

Figura 22 Aumento del diámetro original del taladro .....	58
Figura 23 Emulsiones en papel valeron .....	59
Figura 24 Diámetro de las brocas de perforación.....	65
Figura 25 Copla de perforación.....	65
Figura 26 Barra de perforación .....	65
Figura 27 Broca de botones.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Accesibilidad a la mina Animon.....	29
Tabla 2 Hoja de verificación, defectos de verificación Nv 355.....	44
Tabla 3 Problemas de perforación mediante Pareto .....	45

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En materia minería y específicamente en operaciones básicas y fundamentales como la remoción de rocas existen un par de procedimientos en las labores de minado cuya ejecución resulta determinante para toda la operación en su conjunto, estos son la perforación y voladura.

Ahora bien, ambos procedimientos estarán sujetos a las características específicas de la masa rocosos que serán explotados y que se encuentran técnicamente determinados por factores como sus características originarias o las acciones de la geología que posteriormente sufrió el emplazamiento elegido para la explotación.

Entre estos componentes determinantes se encuentran el entorno natural de la zona, la geología estructural propias del cuerpo rocoso y la manera en que influye en su estado al formar discontinuidades que ejercen tensiones sobre el macizo y su litología.

Por otra parte, los avances en el sector de minería y específicamente en las técnicas de perforación son el incentivo para que se produzca un desarrollo en la industria de los materiales explosivos, de tal manera que estas nuevas



herramientas influyen en el desarrollo de las labores y aspectos técnicos de las voladuras.

En ese sentido podemos identificar ciertos factores propios de la técnica de fracturamiento del cuerpo rocoso que pueden ser controlados y otros que se encuentran fuera de control. En el segundo caso se trata de factores determinados por las condiciones específicas del terreno y medio de operaciones.

Chungar S.A.C.; como Empresa Administradora se especializa en la ejecución de proyectos exploratorios y de explotación en el ámbito de minería polimetálica con especial énfasis en minerales de plata, zinc y plomo. En ese sentido se presenta como un problema de primer orden organizar y gestionar la política de continuo mejoramiento productivo que alcance a todas sus operaciones actuales.

Para alcanzar ese objetivo, la empresa encargó a su área de mina que realice un diagnóstico sobre los posibles problemas que puedan existir en los procesos de perforación y voladura, tomado como base las características de la masa rocosa sobre el que se desarrollan sus operaciones.

Es a partir de esta iniciativa que se presenta esta propuesta de investigación cuya base organizativa la constituyen los principios de la calidad total y el mejoramiento continuo orientas a resolver la problemática que presenta las operaciones de perforación y voladura con el objetivo de poder proponer soluciones prácticas y efectivas.

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

### ***1.2.1. Delimitación espacial***

Esta propuesta para llevar adelante una investigación se efectuó en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar S.A.C. Unidad Animon; que se encuentra ubicada en la localidad distrital de Huayllay, perteneciente a la ámbito provincial y departamental de Pasco.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

Su desarrollo está programado para un tiempo de 6 meses de julio a diciembre del 2022.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo se ve afectado la calidad de las operaciones unitarias de la perforación y voladura por los problemas que se generan en su realización en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?

### **1.3.2. Problema específicos**

#### **Problema específico a**

¿Cuáles son los principales problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?

#### **Problema específico b.**

¿Cuáles son las causas de los problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?

#### **Problema específico c.**

¿Qué alternativas de solución se plantea a los problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Conocer el grado de afectación a la calidad de las operaciones unitarias de la perforación y voladura por los problemas que se generan en su realización en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

#### **Objetivo específico a.**

Determinar los principales problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon.

**Objetivo específico b.**

Conocer las causas de los problemas que se presentan las alternativas.

**Objetivo específico c.**

Plantear las alternativas de solución a los problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon.

**1.5. Justificación de la investigación**

Con la presente investigación conociendo los principales problemas y sus causas que lo generan podemos plantear mejoras en estos procesos y así elevar la calidad de estas operaciones unitarias y a la vez disminuir costos, tiempo de ejecución estos aspectos justifican su realización.

**1.6. Limitaciones de la investigación**

Durante la elaboración de este diagnóstico y propuestas no encontramos con algunos impares en cuanto a las facilidades económicas, además de no tener a disposición personal capacitado, limitación de la información; esperando superar estos inconvenientes cumpliremos con su realización.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Después de realizar un repaso de los trabajos y diagnósticos específicamente enfocados en los niveles de calidad en cuanto a perforación y voladura en la explotación subterránea evidenciamos que se puede encontrar una cantidad bastante amplia de información referente a este tema, cada una de ellas enfocadas en su contexto de elaboración.

Esas propuestas o diagnósticos nos valdrán como medios de orientación y referencias para elaborar nuestro propio diagnóstico. En ese sentido a continuación presentamos algunos de los trabajos que nos sirvieron como fuentes de investigación:

##### **Primer antecedente**

La tesis titulada “Optimización de perforación y voladura en la veta María Rosa de la empresa minera Volcán unidad Chungar Pasco de (PAZ, 2018) su objetivo fue alcanzar un nivel óptimo para los parámetros de perforación y voladura en relación con la geología y a la mejora del método de explotación. Como conclusión se llegó a los siguientes puntos:

Se logro optimizar la perforación obteniendo un rendimiento de 80% de avance de igual manera la voladura donde no se tubo daños a las cajas ni sobre rotura.

Se realizo un sostenimiento adecuado para las labores disparadas, así como también se veló por la seguridad del personal después de cada voladura.

### **Segundo antecedente**

Tesis “DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA ENFRENTE DE AVANCE EN LA UNIDAD MINERA UCHUCHACUA DE LA CIA. MINERA BUENAVENTURA” de (IBAÑEZ, 2020) su finalidad planteada fue el de proponer una malla de perforación y voladura que presente mejoras en cuanto a la eficiencia en las labores de la mina Uchuchacua. Como conclusión se planteó:

La malla de perforación conto con 36 taladros de producción 3 taladros de alivio, teniendo una sección de 3.5 m x 3.0 m, roca intermedia, usándose faneles de periodo corto y de periodo largo, explosivos emulnor de 5000 y de 3000 y explosivos famecorte.

En cuanto al avance aumento a 3.06 m. en promedio, la eficiencia de voladura paso a un 96%, la sobre rotura disminuyo a un 5 % en promedio.

En el costo por disparo se tuvo una ganancia de \$ 65.15/disparo. Por otro lado, el valor promedio es de 2.21 kg/m para el factor de carga y de 23.12 kg/m para el factor de avance.

### **Tercer antecedente**

En la tesis “Optimización del proceso de perforación y voladura para mejorar la eficiencia de avance y controlar la sobre rotura en los frentes de avance de la unidad minera Cerro Lindo, Nexa Resources S. A. A.” de (HUINCHO, 2022) plantea como objetivo mejorar el avance, controlar la sobre rotura en las voladuras de los frentes optimizando la perforación y voladura. Como conclusión plantea:

Los logros obtenidos en cuanto a la eficiencia de avance se llegan a un 93.60% con un avance de 4.85 m. por disparo.

La sobre rotura se logra disminuir a un 8.70 % con una sección de 5.29 m de ancho por 4.62 m de alto.

En cuanto al sostenimiento se disminuye la cantidad de shotcrete a 1.6 m<sup>3</sup> en un metro de avance.

Las cantidades por cargas de disparo se reducen a 197.7 kg con un factor de carga 1.67 kg/m<sup>3</sup>.

#### **Cuarto antecedente**

Por otra parte, en la tesis “Incidencia de la capacitación, supervisión y control en perforación y voladura en los trabajadores-contrata JRC-Unidad Minera el Brocal-Colquijirca-Pasco” de (CARHUALLANQUI, 2019) su objetivo fue el de ver la importancia de la capacitación, supervisión y control de los trabajadores para una buena perforación y voladura en dicha mina.

Como conclusión se tiene:

Influyo bastante la capacitación, supervisión, control en los resultados de la perforación y voladura logrando disminuir la sobre rotura, voladuras secundarias, cantidad de explosivos.

Todas las actividades realizadas en la perforación y voladura contribuyo a aumentar el avance lineal en un 0.15 cm.

En cuanto al consumo de explosivos bajo en 1.75 kg por disparo y la sobre rotura también disminuyo en 1.79% esto significando 9.32 metros cúbicos de material.

#### **Quinto antecedente**

La tesis “METODOLOGÍA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA CONTROLADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL 660, PARA EVITAR LA SOBRE EXCAVACIÓN EN LA MINA ACCHILLA, U.E.A. JULCANI, COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A, 2018” de (CHAVEZ, 2018) plantea como objetivo tener una secuencia de ejecución de la perforación y voladura que permita controlar la sobre excavación en el nivel 660 de dicha mina.

Como conclusión arribo a lo siguiente:

Se logro contar con el procedimiento del proceso de perforación y voladura para el control de la sección y sobre excavación del subnivel reduciendo un 5.43%.

Se determino los parámetros, índices, factor de carga, reducción de costos tanto de la perforación y voladura.

La eficiencia de la perforación y voladura se logró elevar de 95.20% a 98.15%.

## **2.2. Bases teóricas científicas**

### **2.2.1. Perforación**

Según la empresa EXSA esta labor puede ser definida como el conjunto de acciones previas y de preparación antes de proceder a una voladura.

Su objetivo central es realizar un orificio de forma cilíndrica en la pared del cuerpo rocoso, este orificio es el que albergará el material detonante y los accesorios como pueden ser el taladro, el blast holes o barreno entre otros.

En términos básicos una labor de perforado en la pared rocosa está basada en dos acciones mecánicas fundamentales la rotación y la percusión.

Por esta acción repetitiva de golpear y friccionar la roca se logra astillarla y su posterior trituración dentro del espacio determinado que alcanza a la extensión del barreno y al diámetro de la cabeza de la broca.

En términos de eficiencia económica una labor de perforado óptimo debe considerar la combinación eficiente de dos factores la longitud de alcance y el costo. Con el objetivo de alcanzar un equilibrio entre un mayor alcance posible implique un menor costo efectivo.

### **Tipos de perforación**

La labor de perforado puede ser ejecutada de los siguientes métodos:

Percusión: este método combina las acciones mecánicas de un martillo y un cincel lo cual implica acciones constantes y repetitivas dirigidas golpear y cortar

la pared de roca. Un ejemplo típico de este tipo de perforado es el martillo de acción neumática que se usa comúnmente en obras civiles.

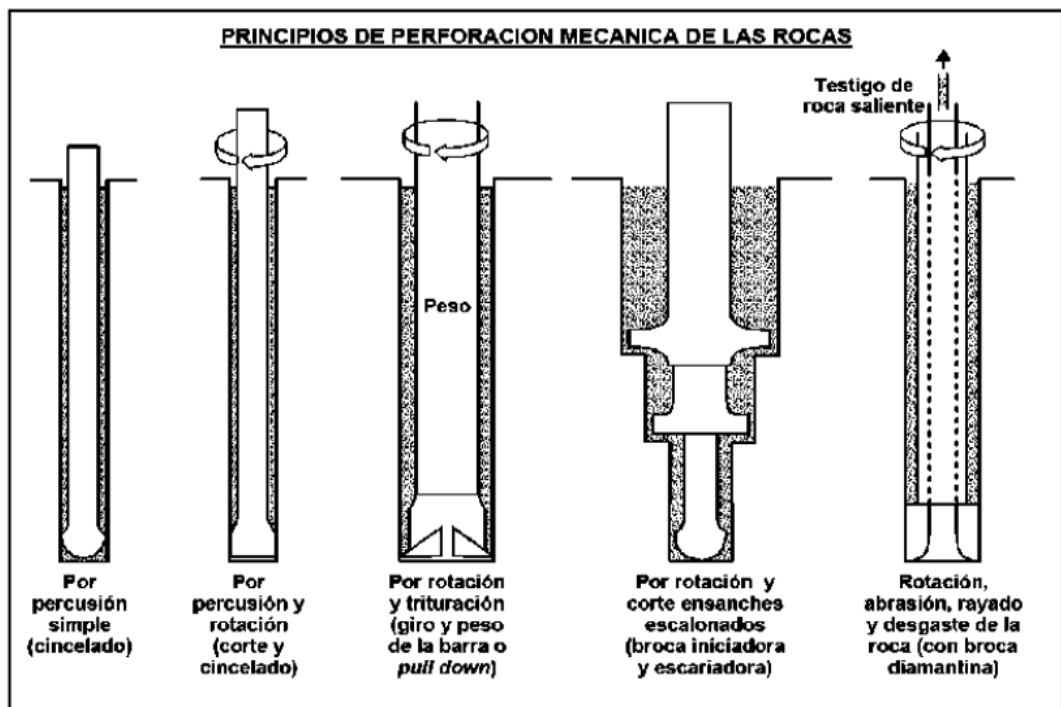
**Percusión/rotación:** Este método añade al anterior una acción de giro a la cabeza que corta y golpea. Este método es el que típicamente encontramos en las perforadoras comunes de acción neumática o en el equipamiento común de las labores mineras como los jumbos hidráulicos o los trackdrills.

**Rotación:** este método deja de lado la acción del golpe y añade el de rayado de roca, su uso es específico en el material de características duras. Este método comúnmente es parte de labores de exploración por medio de perforados diamantados.

**Fusión:** se trata de un método que se usa específicamente en contexto de material con características de extrema dureza. Se logra fundir la roca por medio un dardo de llama que se concentra en un punto determinado hasta alcanzar el nivel de fusión del material. (Exsa, 2014).

**Figura 1**

*Principios de perforación mecánica de rocas*





## **Equipos de perforación**

Para llevar adelante labores de perforado de manera eficiente en el mercado se puede encontrar varios modelos de equipamiento para perforación, cada uno de ellos con detalles específicos orientados a distintas condiciones y contextos de labores. El criterio principal para su elección es básicamente un principio de efectividad y eficiencia económica en las labores de perforación que se encuentren de acuerdo a los objetivos de cada proyecto minero.

Ahora bien, entre los detalles mecánicos de las distintas características que presentan estos equipamientos como pueden ser su capacidad de operatividad, servicios activos, diseño, mantenimiento, compatibilidad con otros equipos y al contexto específico de las labores, existe un detalle técnico que resalta por encima de los anteriores y que es el de su velocidad de penetración. Este criterio se impone por encima de los demás al momento de considerar el nivel de eficiencia del equipamiento requerido.

## **Componentes del sistema de perforación**

Entre ellos podemos encontrar:

a) Perforadora: se trata de equipamiento destinado a proporcionar energía de forma mecánica directamente a la acción del taladro para poner en acción su labor de perforado.

b) Barreno o varilla: se trata de las varas o ductos de acero que sirven para transmitir a la broca el impacto que imprime el martillo de un extremo a otro, por las características de la labor deben ser fácilmente acoplables. El barreno es el método más eficiente para dirigir energía directamente desde la perforadora hacia la cabeza de la broca.

c) Broca: se trata de la punta de acero que tiene contacto con la pared de roca y su objetivo es cortarla por medio de movimientos de percusión y rotación generando un impacto repetitivo. Por las características de su operación debe presentar un nivel superior en cuanto a la resistencia a los impactos, además

cuenta con aditamento específicamente acondicionados en forma de filamentos de una dureza que evita un desgaste rápido y abrasivo.

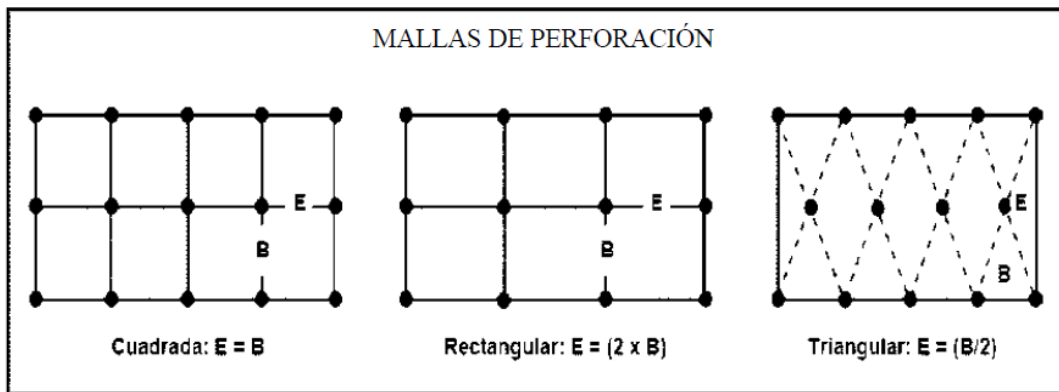
### **Malla de perforación**

Se trata de la estructura que permite distribuir los taladros para realizar las voladuras. Para el cálculo de la profundidad que puede alcanzar cada uno de los taladros se debe considerar principalmente la relación que existe entre el espaciamiento y el burden.

Cuando se trate de labores organizadas para volar un banco se debe hacer principalmente la elaboración de la malla para distintos sectores de la perforación. A esta configuración se le conoce como malla cuadrangular o rectángulo mallado y en otros casos malla alterna. La principal dimensión de base para realizar este diseño es el burden.

**Figura 2**

*Tipos de mallas de perforación*



### **2.2.2. Voladura**

Es el procedimiento en tres dimensiones en el que se usa la presión generada por el material explosivo al ser confinado dentro de los orificios dejados por los taladros al perforar la pared de roca.

Cuando se inicia la detonación voladura se produce altas concentraciones de energía las cuales originan procesos dinámicos que llegan saturar las condiciones físicas de la roca produciendo su fractura.

## **La fragmentación**

Este aspecto hace referencia al nivel de fragmentación que se produce tras la detonación, así como su esparcimiento y su clasificación por dimensiones y proporciones resultantes. Si el resultado de la fragmentación se encuentra dentro de los parámetros óptimos las labores de limpieza para remover el material expuesto serán de manera más accesible, así como también su transporte. Todo lo cual significará una ventaja adicional para el posterior tratamiento que reciba el material. Por ejemplo, si posteriormente el material producto de la detonación será destinado a labores de metalurgia es conveniente que la fragmentación sea menuda, mientras que si lo que se requiere es fragmentos para labores de construcción de obras civiles lo conveniente es que la fragmentación produzca bloques de mayor dimensión.

## **El desplazamiento**

Este aspecto hace referencia a la orientación que se le puede dar al volumen de material fracturado tras la trituración debido a que sí se produce un desplazamiento adecuado éste significará una labor de acarreo más eficiente pues el material está en relación al equipamiento que se use y que se tenga a disposición.

Las labores de voladura comprenden distintos factores que determinan el nivel de eficiencia que se puede alcanzar. Por ejemplo se encuentran la destinación que se le dará al espacio excavado, la materia prima que se obtendrá, las dimensiones volumétricas que se piensa excavar, el nivel de fragmentación que se necesita, el lugar al cual será destinado el material excavado si es en el mismo lugar de la excavación o se lo trasladaron a otro, el equipamiento para acarrear remover el material resultante de que se dispone cuánto dimensiones y a modelos, la existencia de infraestructuras vulnerables en las proximidades de las labores. Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente una eficiente labor de voladura debe considerar cada uno de estos aspectos pues depende de

cada uno de ellos el éxito o fracaso de este tipo de labores determinantes en las operaciones mineras.

### **2.2.3. *Parámetros de voladura***

Se puede diferenciar claramente dos parámetros para las labores de voladura, por un lado, los no controlables y por otro los controlables.

En el primer grupo se encuentran aspectos como la tipología propia de la pared rocosa y el contexto geológico en el que se encuentra la roca que será atacada. En el segundo grupo, en cambio, encontramos aspectos que podemos controlar como las características específicas del material detonante que se usará o cuál será el diseño más efectivo para las cargas.

#### **Parámetros de voladura no controlables**

##### **Parámetros de la roca**

Podemos encontrar los siguientes:

Grado de alteración

Variabilidad

Porosidad

Textura

Densidad

Tenacidad

Dureza

##### **Resistencia dinámica de las rocas**

Podemos encontrar lo siguiente:

Impedancia

Radio de Poisson

Módulo de Young

Fricción interna

Resistencia mecánica

Frecuencia sísmica (EXSA, s.f.)

### **Condiciones geológicas**

Presencia de agua

Grado de fisuramiento

Estructura (EXSA, s.f.)

### **Parámetros de voladura controlables**

#### **Parámetros del explosivo**

Intervalos de iniciación de las cargas

Distribución de energía

Tipo y ubicación del cebo

Distribución de carga en el taladro

Densidad de carguío

Grado de confinamiento

Grado de acoplamiento

Geometría de la carga

Diámetro de la carga (diámetro del taladro)

Condiciones de la carga

Categoría de humos

Presión de taladro

Volumen normal de gases

Sensibilidad a la iniciación

Energía del explosivo

Resistencia al agua

Transmisión o simpatía

Velocidad de detonación

Densidad (EXSA, s.f.).

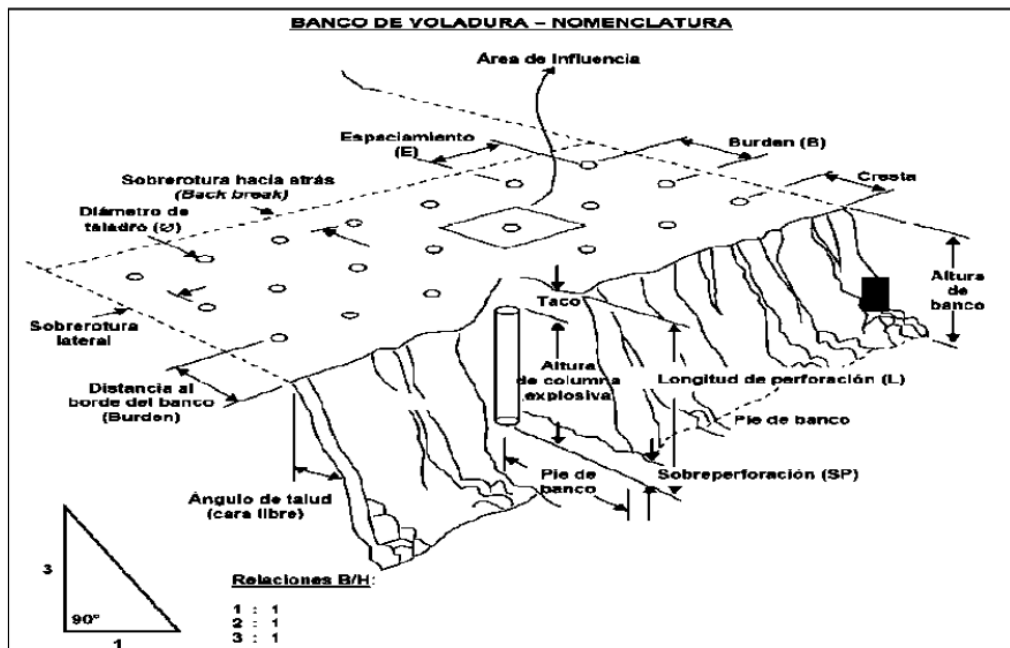
#### **2.2.4. *Diseño de una voladura***

Los aspectos referidos anteriormente definirán cómo se diseñaron un banco para hacer perforado. Es por ello que cobran una importancia determinante

para alcanzar los objetivos propuestos. A continuación, se puede apreciar las distintas denominaciones de los factores señalados entran en juego al diseñar una labor de voladura.

**Figura 3**

*Nomenclatura de un banco de voladura*



Podemos encontrar lo siguiente:

Sobreperforación

Inclinación del taladro

Díametro de taladro

Espaciamiento

Burden

Malla de perforación

La profundidad del taladro

Accesorios de la voladura

En cualquier labor que requiera la utilización de material detonante, ya sea en obras civiles o mineras se hace determinante que la secuencia de detonaciones comience de manera adecuada.

Por este motivo es importante tener en cuenta los métodos y la tecnología que aseguran una iniciación bajo los parámetros adecuados de las secuencias de detonaciones, con los cuales se activan el material explosivo para luego dar paso al inicio de la voladura de forma que se provoca en conjunto y ordenado previamente la detonación de los barrenos. (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013).

### **2.2.5. Sistema de iniciación**

Para dar inicio podemos señalar distintos dispositivos que se conocen como: detonadores. Si empleo se realiza en operación de interior o exterior. El objetivo de este tipo de dispositivos activar el material detonante que se encuentra dentro del barreno, así como de los cartuchos de cebo o de multiplicador que desencadenará la explosión dentro de su taladro. (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013).

Como ejemplos tenemos los siguientes detonadores:

- Detonadores ordinarios
- Detonadores eléctricos
- Detonadores no eléctricos
- Detonadores electrónicos

### **Cordón detonante**

Se trata de una vía de características flexibles y resistente al agua que lleva dentro una carga explosiva conocida como pentrita. La principal característica de este detonante es su velocidad de respuesta que alcanza los 7 mil m/seg. Este cordón de detonación es usado principalmente para que pueda dar una transmisión efectiva al material explosivo que se encuentran en los barrenos, cuando un detonador active la secuencia. (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013)

### **Relé de microretardo**

Esta configuración consiste en la disposición intercalada de artificios que cubren dos tramos de la vía de detonación, su función es interrumpir las

detonaciones en fracciones de 15 a 25 milisegundos de acuerdo a sus características específicas. De esta manera se puede producir el efecto de retardate siempre útil en configuraciones que conexionan voladita por una sola vía de detonación. Su funcionamiento es parecido al de los detonadores de activación eléctrica que ofrecen microretardos.

### **Booster o multiplicadores**

Estos dispositivos de multiplicación de detonaciones o comúnmente llamados boosters sirven para dar inicio a la secuencia de voladuras. Su uso está destinado para material explosivo sensiblemente bajos, por ejemplo, anfo, hidrogel o emulsión. Por su demanda existen presentaciones en cartuchos y a granel. Típicamente se componen de pentolita en forma de cilindros que se recubre con cartón.

### **Mecha lenta**

Este dispositivo está conformado un hilado que sirve como recubrimiento de su centro de pólvora negra además de estar impermeabilizado. Por sus características de uso de ofrecer una resistencia significativa a las abrasiones, los niveles de humedad variables y al estrés por presión mecánica propios de este tipo de labores.

Su uso habitual está destinado a dar inicio a detonaciones ordinarias y también a pólvora de minería.

### **2.2.6. Explosivos**

Se trata del material compuesto por elementos químicos que al ser sometidos a circunstancias específicas activan el flujo inestable entre sus moléculas a través de sus átomos enlazados. Si se alcanza las condiciones necesarias la reacción de este tipo de material será la reconfiguración de su orden atómico los que producirá una implosiona extrema y de rápida reacción o como efecto de la disociación de los átomos en contacto buscando una organización que los pueda estabilizar.



Es términos específicos se trata de un efecto que combina rápidamente dos fenómenos elementales la oxidación y la reducción. Qué son inducidos por acción térmica. Esta reacción se denomina detonación y su efecto es la producción de material gaseoso expulsado a una presión y temperaturas elevadas, está exclusión de energía genera ondas que llegan a comprimir el material y medio que atraviesan.

### **Clasificación de los explosivos**

Este tipo de materiales se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### **Explosivos primarios**

Este tipo de material detonante es el que se activa por ignición primaria que puede provenir de una fuente de calor primaria como un impacto, una chispa o una llama. Dentro de este grupo se pueden incluir el material explosivo que se encuentra dentro de los dispositivos de detonación, la vía o cordones detonantes y los iniciadores.

#### **Explosivos secundarios**

Este tipo de material detonante necesariamente es activado por un explosivo primario. Típicamente, se trata de material usado en voladuras de rocas. Dentro de este grupo pueden ubicarse los compuestos insensibles del tipo del nitrato de amonio.

#### **2.2.7. Agentes de voladura**

Se trata del material explosivo que no presenta sensibilidad al fulminante número 8, debido a esta razón es necesario dotarlo de un reforzamiento de cebo o primer booster que puedan dar inicio a la detonación. Es este aspecto se distinguen de los iniciales por su componente energéticamente alto y sensible, además una de sus características es su capacidad para generar mayor trabajo útil, que puede ser observado en aspectos como el arranque o el nivel de fragmentación del cuerpo rocoso. (Instituto Geológico y Minero de España, 1987)

## **Tipos de agentes de voladura**

Entre los cuales tenemos los siguientes:

### **Anfo**

Es un explosivo de origen industrial compuesto en base de fuel oil y nitrato de amonio con una composición de 6% y 94% respectivamente, por su fácil producción es un material de detonación ampliamente difundido además de ofrecer un manejo bastante seguro, un costo de producción bajo y un rendimiento energéticamente alto. (Instituto Geológico y Minero de España, 1987)

### **Alanfo**

Este compuesto es usado para potenciar las características que presenta el anfo específicamente su bajo nivel de densidad, así como su poder energético, el tiempo de detonación y su poder de fractura.

Este material alcanza estos niveles de operatividad debido a que a la mezcla original de Anfo se le añade aluminio pulverizado o de granalla con un nivel de los 5 hasta el 10 % del peso total de la mezcla. De esta manera se logra la aluminiza uno de Anfo y conseguir las propiedades específicas del Alanfo.

### **Hidrogeles**

Estos compuestos necesitan ser cebados mediante un refuerzo o primer-booster como mecanismo de arranque que active su ciclo de detonación estabilizando su velocidad. Si no se cuenta con este mecanismo de arranque los compuestos de hidrogel no podrán arrancar.

Entre las características principales los hidrogeles presentan: una detonación de velocidad alta, así como una densidad del mismo nivel. Ambas características confluyen para dotarlos un poder rompedor significativo, además cuentan con unas características que los hace impermisibles.

Generalmente pueden ser un sustituto adecuado y estable del anfo, especialmente en operaciones con inundaciones o con corrientes de agua, así como para cuerpos rocosos tenaces.

## **Emulsión**

A este tipo de agentes explosivos se le denomina comúnmente “agua con aceite”. Debido a que al estar compuesto por dos elementos en los que la parte del agua contiene de forma disuelta sales inorgánicas oxidantes y la parte de aceite contiene algún tipo de combustibles líquidos que no puede ser mezclado con el agua que puede ser un hidrocarbonado, usualmente se usa diésel 2.

La rapidez de la explosión corresponde directamente a las proporciones de la mezcla del componente oxidante y del componente de combustibles.

Es usual encontrar en labores este tipo de emulsión con mezclas con los siguientes porcentajes: los nitratos de calcio y amonio alcanzan un 16 y 65% respectivamente, la parte de combustible un 7% y por último el agua un 12%.

## **Anfo pesado**

Esta se trata de una mezcla especial entre el Anfo y una emulsión. Su finalidad es combinar más características más importantes de ambos componentes. De esta manera se puede alcanzar un compuesto con alto nivel energético, una alta capacidad para generar concentración de gases, densidades a altos niveles y una capacidad impermeabilizante en casos específicos.

Su aplicación es adecuada para labores de superficie, sobre todo cuando las perforaciones se produzcan en contextos secos o mojados y sea necesario un sistema mecanizado de cargas.

Además, se trata de compuestos de emulsión y Anfo en proporciones diferentes, que tiene el objetivo de:

- reducir los costos, así como la potencia de una emulsión de alta pureza, destinadas a operaciones en cuerpos rocosos especialmente difíciles con niveles de humedad y sequedad de consideración.

- Dotar de un mayor nivel de resistencia al Anfo, por medio de una saturación de emulsiones el espacio libre que existe en el nitrato entre los prills o perlas. (ENAEX, s.f.).

## **2.3. Definición de términos conceptuales**

### **Burden y burden efectivo**

Estos términos hacen referencia a dimensiones específicas que se presentan entre la cara libre y la longitud del taladro. para poder medirlo se debe trazar una línea perpendicularmente hacia la alineación de taladros que están ordenándose en una línea.

Ahora bien, cuando se habla de Burden por lo general se hace referencia al espacio abierto por la perforación, y la cara libre del banco hacer referencia a la dimensión lineal.

En el caso específico de Burden efectivo se hace referencia a la dimensión lineal correspondiente a la posición de la cara libre y el taladro teniendo en cuenta la aproximación más corta al tiempo de la detonación del taladro, y así como se tiene en cuenta la orientación de la iniciación (EXSA, s.f.)

### **Diámetro crítico**

Se trata de un factor importante para determinar el nivel de carga explosiva que puede ser detonado mínimamente. Si se añade gas de manera fina y dispersa es posible reducir el diámetro crítico considerablemente de los materiales explosivos.

Además, hay que tener en cuenta que dicho criterio puede resultar de tamaño considerable por ejemplo de 125 milímetros en el caso de algunos acuageles a granel y emulsiones.

### **Espaciamiento y espaciamiento efectivo**

Estos términos hacen referencia a las dimensiones lineales entre un taladro de voladura y otro que conforma una configuración lineal. Generalmente en espaciamiento se mide de forma paralela a la cara libre. Es común encontrar este término usado para hacer referencia al espaciamiento que deja al perforar.

Ahora bien, el término espaciamiento efectivo existe entre taladros que detonarán seguidamente, para ello se toma en cuenta la orientación de la cara libre.

### **Factor de carga**

Se trata de la relación que existe entre la cantidad de material explosivo que se debe usar y el nivel volumétrico de material rocoso que se necesitará fracturar. Esta relación se puede establecer a través de las unidades de peso y volumen como: kg/m<sup>3</sup> o kg/ton.

Ahora bien, para señalar este factor también es usual encontrarse con el uso inverso de los términos Con la finalidad de señalar el peso del material rocoso que fue fracturado sobre el nivel de explosivos usados de la siguiente manera ton/kg” (EXSA, s.f.)

### **Proyección de rocas**

Se trata del espacio en el que el material rocoso se desplazará dentro de la zona de voladura. Si se logra diseñar una configuración adecuada se podrá reducir al mínimo este tipo de proyecciones indeseadas. Sin embargo, no se las puede eliminar por ningún método.

### **Velocidad de Detonación**

Este factor muestra la velocidad de propagación que alcanza una onda producto de la detonación. En términos técnicos se trata del criterio que define el ritmo al que la energía será liberada. Además de ser la medida de la razón a que la reacción de la explosión se presenta por la lineal del material explosivo.

## **2.4. Enfoque filosófico – epistémico**

Al desarrollar la presente investigación podemos acercarnos a la ciencia desde varias perspectivas. Es posible que nuestra meta sea resolver el problema de minería específicamente sobre problemas de perforación y voladura. Pero, a la vez, lo que encontremos en ella de explicativo o creíble puede ser distinto si aplicamos a otra realidad o lo realiza otra persona que no es de la especialidad

como puede ser un comerciante, un importador de equipos industriales, un investigador o un maestro. Es decir, que nuestras preocupaciones acerca de la actividad científica pueden ser distintas según el ángulo desde el cual la pensemos. Lo importante al juzgar o evaluar a la ciencia es diferente según nuestra relación con ella en determinados momentos: si la vemos como ingenieros, funcionarios, productores, divulgadores o consumidores. Por lo tanto, tenemos de entrada un área compleja al pensar sobre la ciencia según nuestro punto de partida. En la presente investigación nos colocamos como investigadores de un área de la ciencia a la que queremos ver más vinculada a los problemas e intereses del desarrollo de la minería.

Además, para solucionar el problema o comprender algo no sólo tenemos a la ciencia. Hay diversas vías para conocer; todas pueden reclamar legitimidad y eficiencia. La ciencia no nos da la única manera de entender el mundo y nuestras vidas, aunque sí es, junto con la tecnología, la que puede explicar y debatir los métodos que usa, y los que usan otras vías. De hecho, coexisten muchas maneras simultáneas en las sociedades modernas. Con frecuencia, en nuestras comprensiones personales y en la cultura hay nociones de pensamiento mágico o de superstición, costumbres, conocimientos aceptados como ciertos porque alguien con cierta autoridad lo ha dicho, consensos alcanzados por el diálogo, intuiciones profundizadas por medio de la literatura y el arte en general, observaciones directas, y un largo etcétera.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Este trabajo de diagnóstico y estudio de tesis con orientación aplicada en tanto nuestra intención es realizar la implementación de un diagnóstico o estudio de caso sobre una problemática concreta determinado por un contexto específico. Esta forma de orientar las investigaciones está dirigida a circunstancias que suponen la puesta en práctica de los diagnósticos realizados. Pero no considera la elaboración de teorías particulares a partir de los casos estudiados.

#### **3.2. Nivel de investigación**

En cuanto a los niveles en los que se desarrollará este trabajo cubrirán el aspecto explicativo y el descriptivo debido a que se pretende mostrar, identificar y reseñar electos, rasgos y hechos que caracterizan nuestro objeto de diagnóstico. A partir de esa descripción se podrá elaborar manuales o guías y modelos de los procedimientos descritos a lo largo del trabajo. Sin embargo, no es nuestra intención elaborar posibles explicaciones para la problemática y el fenómeno materia de nuestro estudio.

#### **3.3. Característica de la investigación**

Dentro de las principales características que podemos mencionar del desarrollo de la investigación fueron:

- A. Realización de un diagnóstico actual
- B. Evaluación de la perforación, considerando
  - Aire comprimido
  - Mantenimiento
  - Brocas y barrenos
  - Mallas de perforación
- C. Evaluación de la voladura, comprendiendo.
  - Diámetro de carga
  - Características de la roca
  - Problemas comunes
- D. Resultados.

#### **3.4. Método de investigación**

Durante la investigación nos guiaremos por el método científico debido a que nos ofrece un procedimiento adecuado y sistematizado que permite producir conocimiento relevante a nivel de ciencia exacta. Para ellos debemos iniciar planteando un problema específico, en seguida deberemos dar fundamento y hacer la formulación de una hipótesis posible, así como derivar su implicancia empírica, y por último hacer la observación y la necesaria experimentación de la hipótesis presentada para valorar su validez en relación de su practicidad y eficiencia.

#### **3.5. Diseño de investigación**

En cuanto al diseño de esta propuesta de tesis este deberá ser de características cualitativas y no experimentales. Debido a que no se considerará el manejo deliberado de variables. En cambio, esta propuesta está restringida a la observación del fenómeno en su contexto sin intervención externa.



### **3.6. Procedimiento del muestreo**

#### **3.6.1. Población**

El conjunto que conforma grupo poblacional a estudiar está constituido por todas las operaciones que ejecuten perforaciones y voladuras en la Unidad Animon de la empresa Chungar. Para ello se debe considerar la totalidad de elementos determinantes correspondientes al fenómeno que se definió y delimitó y que se formuló a través del problema a investigar.

#### **3.6.2. Muestra**

La muestra estará constituida por las labores que se hallan en el nivel NV 355, tajo 400, 410, 500w.

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

Entre el conjunto de herramientas utilizadas para esta investigación se encuentran la siguientes:

#### **3.7.1. Técnicas**

Entre las básicas y de mayor importancia se encuentran:

- Observaciones
- Revisión del material y documentos
- Encuestas y entrevistas

#### **3.7.2. Instrumentos**

Entre los básicos y de mayor importancia que se utilizaron se encuentran:

- Manuales de observación
- Manuales de entrevistas
- Manuales de análisis de documentos
- Métodos para procesar y analizar datos
- Cuestionarios

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

En el procesamiento y análisis de datos seguiremos las siguientes etapas:

- Realizaremos un diagnóstico de la situación actual

- Capacitación al personal que recogerá información
- Recojo de información durante 15 días, mediante la hoja de verificación, empleo de diagrama de Pareto, y el uso del diagrama de causa efecto tanto en la perforación como en la voladura.
- Determinación de los problemas
- Determinación de las causas
- Planteo de alternativas de solución

### **3.9. Orientación ética**

En la realización de la investigación nos basaremos a los principios de la veracidad, honestidad, respeto por los principios de las personas, de las instituciones y dando un adecuado uso a la información manteniendo la reserva del caso.

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

##### **4.1.1. Aspectos generales de la mina Animon**

###### **Ubicación**

Las operaciones de esta empresa minera se encuentran emplazadas en la cordillera occidental de Los Andes hacia el sector más oriental de esta región montañosa.

En términos geomorfológicos es parte de la región denominada puna y ambientalmente está determinada por características glaciares. El clima típico de este contexto es seco y frígido. Las formaciones vegetales predominantes son los ichus.

En cuanto a su régimen dentro de la organización territorial de esta región la unidad Animon pertenece políticamente al ámbito distrital de Huayllay y provincial y regionalmente a la jurisdicción de Pasco.

###### **Accesibilidad**

Las formas para acceder a las operaciones de la Unidad Animón son básicamente tres rutas que a continuación se detallan en distancia y tiempo que comprenden tomado como punto de partida la ciudad de Lima y como finalización la Unidad de Operaciones Animon.

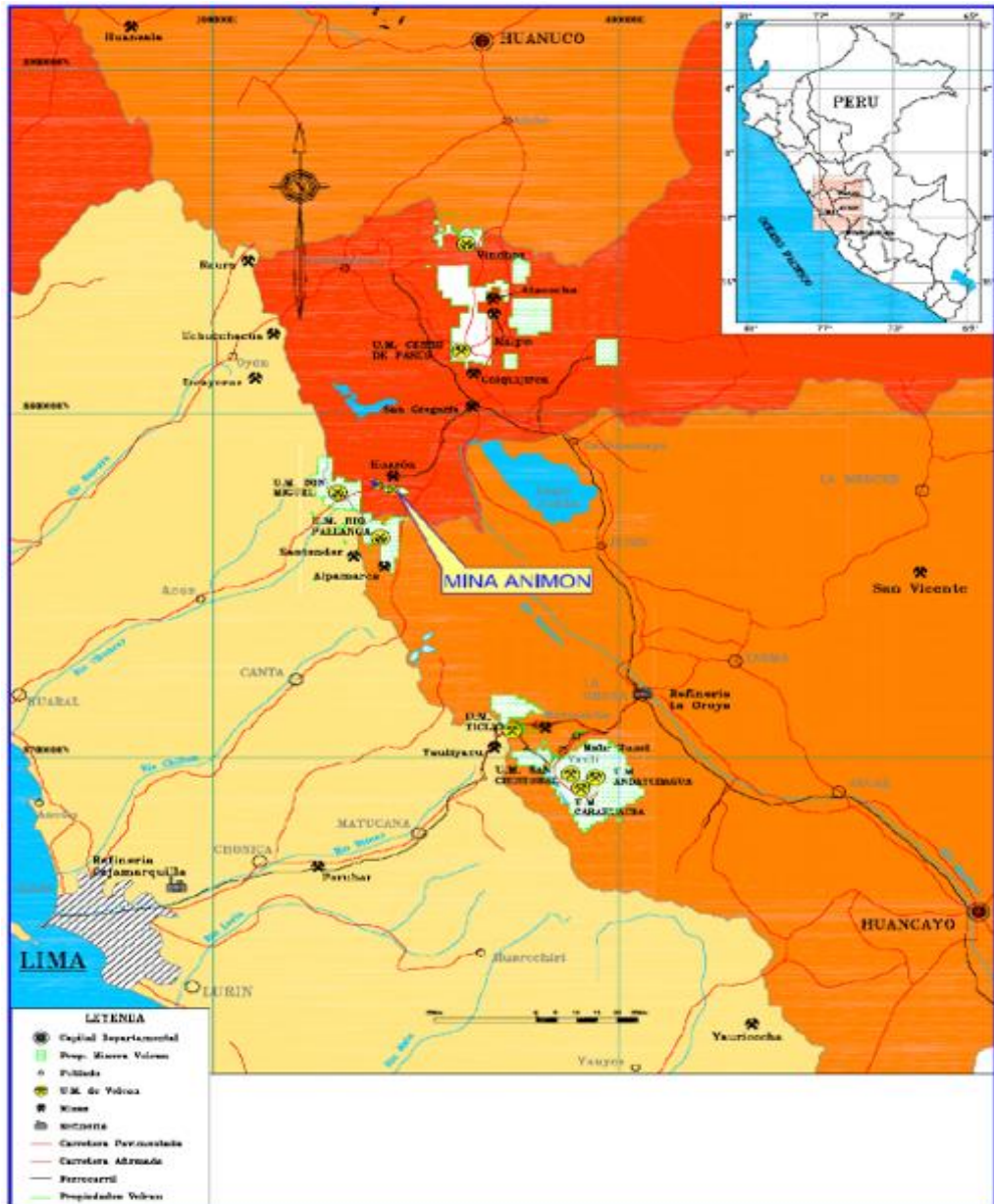
**Tabla 1**

*Accesibilidad a la mina Animon*

	RUTA	DISTANCIA(Km.)	Tiempo(Hrs.)
1	Lima - Oroya - C. de Pasco - Animón	328	6
2	Lima - Huaral - Animón	225	4
3	Lima - Canta - Animón	219	4

**Figura 4**

*Ubicación de la mina Animon*



#### **4.1.2. Geología de la mina**

##### **Geología regional**

En términos litoestratigráficos las unidades con mayor afloramiento en el sector que comprenden las operaciones de la Unidad Animon se caracterizan por la presencia de sedimentitas con tipología ambiental terrestre “molasica”, comúnmente denominadas “capas rojas”, además este sector presenta cuerpos rocosos volcánicos andesíticos y dacíticos con plumones hipabisales.

Estas “Capas Rojas” cuentan con una presencia numerosa en la región estudiada y las observaciones indican que pertenecen al Grupo Casapalca que tiene una presencia importante que se distribuye por el sector divisorio continental en dirección este de la Cordillera Occidental. Este grupo está formado por material arenisco arcillitas y margas de coloración púrpura o verde en estratos más finos con lechos de conglomerado, así como unos cuantos componentes lenticulares de caliza gris. Las estimaciones indican que el estrato perteneciente al cretáceo cubre unos 2,385 metros, específicamente en su etapa Eocena, es decir superior terciaria inferior.

Además las observaciones señalan que en dirección contraria a las “Capas Rojas” y demás cuerpos litológicos del cretáceo se encuentra una formación de material rocoso de origen volcánico secuenciado de grosor variable que lo conforman un conjunto derrames de origen lávico y piroclasto en su mayoría andesíticos, dacíticos y riolíticos que pertenecen al Grupo Calipuy cuya peculiaridad es mostrar pseudoestratificaciones subhorizontales en disposición de bancos de mediana dimensión hasta grandes, además presenta una coloración que varía entre grisáceo, verdoso y fucsia.

Por otra parte, se encuentra una formación intercalada de areniscas, lutitas y calizas con una silicificación muy marcada, se estima que corresponden a una confluencia con elementos u horizontes del Grupo Casapalca.

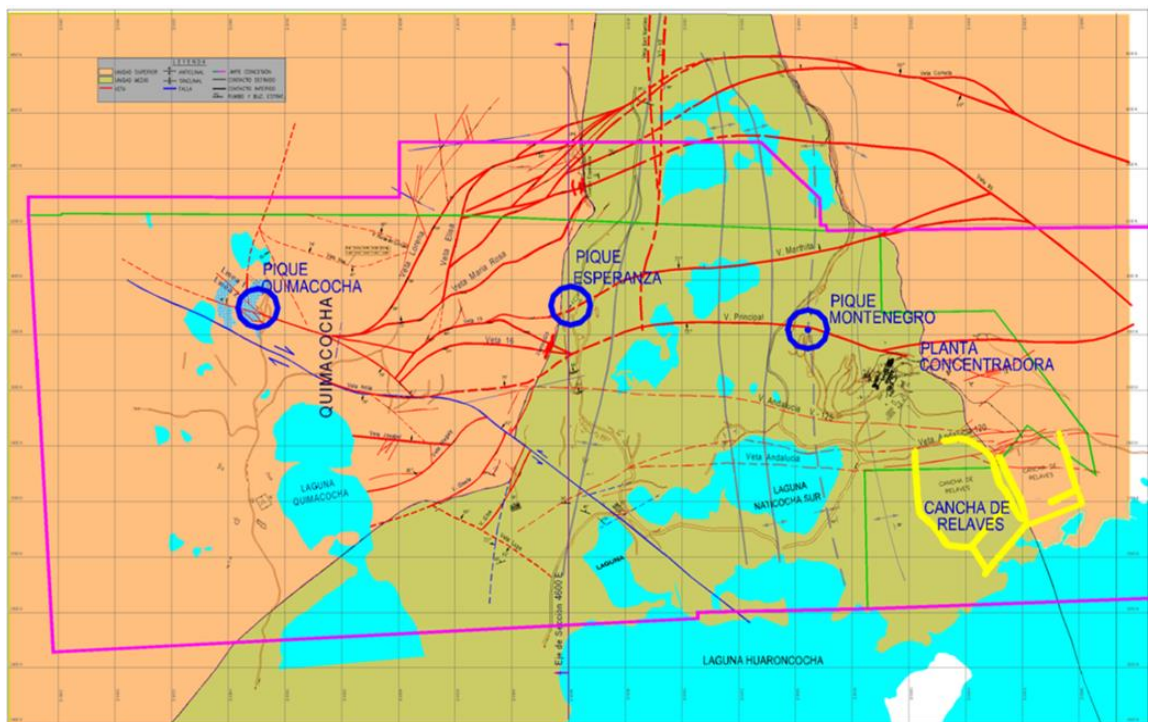
Las estimaciones ubican a este sector en el Mioceno, es decir el cretáceo superior-terciario inferior, se ubican hacia la zona suroeste de las operaciones de la unidad.

En el contexto regional se registra el fenómeno de peneplanización, así como acumulaciones de material rocoso volcánico ácido con tipología ignimbrita toba, además de aglomeraciones de composición riolítica gracias a las cuales ahora se pueden observar las formaciones de roca en la superficie conocido como “El Bosque de Rocas de Huayllay” que es la consecuencia de una meteorización diferenciada que se puede datar hacia el plioceno.

Este esquema geomorfológico se completa con una formación glacial que data del pleistoceno cuyo rol resultó determinante para la formación del sistema hidrogeológico de la región debido a que a partir de esa glaciación se originarían los distintos cuerpos de agua que actualmente ocupa el territorio de este estudio.

**Figura 5**

*Plano geológico*



## Geología local

En términos litológicos la unidad Animon está conformada por material sedimentita que muestran un intenso periodo de emersión y a continuación una etapa de fuerte denudación.

En ese periodo las “Capas Rojas” del Grupo Casapalca muestran dos etapas de sedimentos.

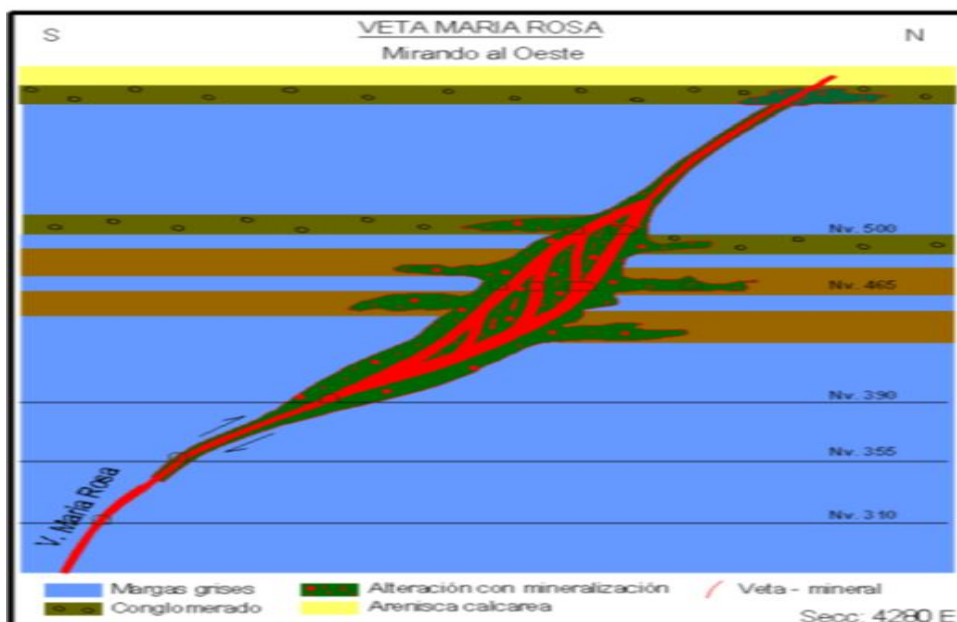
La primera etapa al ser la más antigua es las potente un ancho máximo de 1500 metros, por su parte la etapa más temprana muestra unos 900 metros de ancho en su parte más fuerte.

Ambas están caracterizadas por contar con material conglomerados y arenisco, que en su sección superior tiene presencia de horizonte chert, yeso y piroclásticos. Los estudios de las orientaciones, así como las gradaciones de los clastos muestran que el material proviene del este que actualmente es el sector que ocupa la franja oriental de Los Andes centrales.

Por último, en el sector de mina se pueden observar marcadamente las formaciones superiores e inferiores.

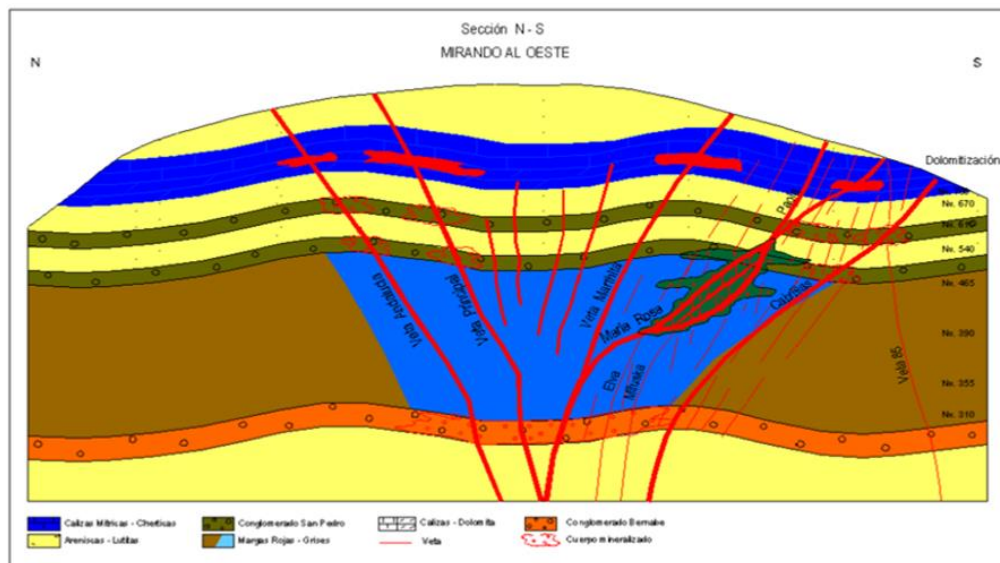
**Figura 6**

*Geología Local mirando al Oeste, sección N-S*



**Figura 7**

Geología local mirando al oeste, sección S-N



#### 4.1.3. Minería

##### Método de explotación

Las operaciones de explotación minera se llevan a cabo en caso uno de los seis niveles. Estas inician en el nivel 610 y alcanzan el nivel 310, además conforman dos zonas diferenciadas.

Por el lado de operaciones en tajo estás en la actualidad se ubican desde el nivel 540 y llegan al nivel 390 donde se ubica el acceso al tajeo. Posteriormente a su preparación y previamente a ser explotados se produce un by-pass de 3.5 3.0 metros, a partir del cual comienza la rampa con +13%.

En el sector del “by-pass”, se realizó una perforación utilizando un jumbo con un brazo, con una longitud de alcance por medio de un barreno de 3.30 metros. De esta manera se pudo lograr un disparo efectivo de avance hasta los 3 metros, además se utilizó 25 taladros con diámetro de 45 milímetros, de los cuales 22 llevaban cargas. De esta manera el rendimiento efectivo fue de 90 metros en 30 días.

Por otro lado, las labores de sostenimiento se realizaron mediante el método de shotcrete en su modalidad con fibra o solo, hasta alcanzar un grosor



de dos pulgadas. El anclaje se realizó con pernos cementados de 7 pies, dejando un espacio de 1,2 metros de distancia entre cada uno.

Del mismo modo en cada uno de los frentes se hacen los disparos mediante el método smooth blasting que permite controlar la voladura, para ello es necesario utilizar fanel, pentacord, y detonantes exadit al 45% de 7/8 x 7 pulgadas, con un mallado de perforación de 0.40 m por lado. Y para limpiar la labor se utiliza un scoop de 6.3yd<sup>3</sup>.

En las labores de tajeo se elaboran dos chimeneas de servicios de 1.20 metro de lado con dos “ventanas” de gradiente + 0%, y con una distancia entre la rampa y la veta de 3 x 3 metros. Las labores de tajeo se encuentran conectadas a una zona de deposición de minerales con dimensiones de 1.50 metros por lado.

### **Zona de explotación**

En la actualidad cada zona organiza su sistema de explotación de la siguiente manera:

#### **Zona I:**

En esta zona las labores de tajeo están dispuestas para la explotación en los siguientes niveles:

Nv. 540 Tj. 500

Nv. 500 Tj. (300, 400 y 500)

Nv. 465 Tj. (100 y 300)

Nv. 390 Tj. 200

La rampa que sirve para integrar los niveles 465, 390 y 355 debe tener las siguientes dimensiones 3,2 y 3,8 metros por lado.

Para perforar por el método breasting se debe utilizar un Axera o un Quasar que viene a ser un brazo mecánico dispuesto sobre un jumbo para obtener un corte con una altura de 3 metros por lado y un mineral con un nivel de densidades que pueda alcanzar las 3.2 Tn/m<sup>3</sup>. El rendimiento por jornada diaria de este tipo de operaciones es de 6 metros totales de avance. Para ello se

consideran labores de perforado, detonación, remoción y sostenimientos que deberán realizarse en ambas zonas que se extienden por 75 metros cada una de ellas.

Además, cada uno de los disparos puede producir alrededor de 86 toneladas de material lo que se traduce en 172 toneladas diarias totalizando 1032 toneladas en los tajos de la zona I.

Por último, el acarreo del material obtenido es por medio de Dumpers y es derivado hacia la pila de almacenado, que está ubicada a 250 metros de la zona de acarreo, para la carga del mineral se utiliza un scoop de 3.5 Yd<sup>3</sup>. El mineral extraído es evacuado utilizando la Rampa Mirko mediante volquetes N20 con capacidad de 20 tn.

#### **Zona II:**

Este sector cuenta con la totalidad de nivel inferiores por lo que se la consideran convencional a un 80%. Las labores de tajeo de explotación son la siguientes:

Nv. 390 Tj. 400; En este caso se explota mediante el uso de pilares y cámaras todas con dimensiones de 2 metros por lado. Para las tareas de perforación se disponen de Jack Legs, y las tareas de remoción se llevan a cabo utilizando rastrillos. En términos productivos este tajo puede alcanzar las 70 toneladas diariamente.

Nv. 390 Tj. 300 y Nv. 355 Tj. (100 y 200);

En estos niveles la explotación se realiza por el método breasting mediante Jumbos Quasar y su capacidad de productiva alcanza las 172 toneladas diariamente.

Nv. 465 Tj. 600 E y W; este tajeo se explota por medio del método breasting utilizando Jack Legs, para lo cual se emplean cortes de 2.1 x 2.4 metros, obteniendo un material denso a un nivel de 3.2 Tn/m<sup>3</sup>; las labores comprenden dos disparos por día, lo que consiguiendo avanzar 1.5 metros por cada disparo.

La producción de estas labores alcanza las 70 toneladas por tajo y en total 140 en ambas operaciones diariamente. Para realizar las voladuras adecuadas se usan material explosivo exadit 45% y un scoop para las tareas de remoción con capacidad de limpieza de 1.5 Yd<sup>3</sup> y las labores el sostenimiento de realizar utilizando cuadros de madera.

En términos de producción de material roto la totalidad de las operaciones de la zona II llegan a las 750 diarias, estas labores se llevan a cabo en el Pique Esperanza que ofrece 2000 tmd de capacitación operativa. Además, si se proporcionan 30 skips /hora, con cada skip de 3 Tn de capacidad y con jornadas de 10 horas diariamente se pueden extraer hasta 900 tmd.

Ahora bien, debido a que las operaciones de tajeo se encuentran centralizadas la explotación se concentra en cuatro los siguientes cuatro niveles 500, 465, 390 y 355 que presentan una extensión de 600 a 450 metros para la explotación cada uno de los niveles.

### **Parámetros técnicos**

Con la finalidad de asegurar un adecuado y eficiente programa de explotaciones del mineral en las zonas señaladas se dispuso la implementación de los métodos “Breasting” en el corte y relleno ascendente “C&RA-Animon” siguiendo los parámetros técnicos a continuación señalados:

Sostenimiento temporal:	pernos, shotcrete
Mineral roto disparado :	86 TM
Recuperación de recursos:	90%
Prod. Labores preparatorias:	10%
Labores preparatorias :	6.5 m/1000 TM extraídas
Avance efectivo :	3.00 m
Longitud de taladro :	3.00m (con Jumbo)
Consumo de explosivos:	0.25 Kg./t
Productividad :	7.20 t/h-gdía

Dilución : 20% - 25%

**Figura 8**

**Secuencia de acceso a la veta**

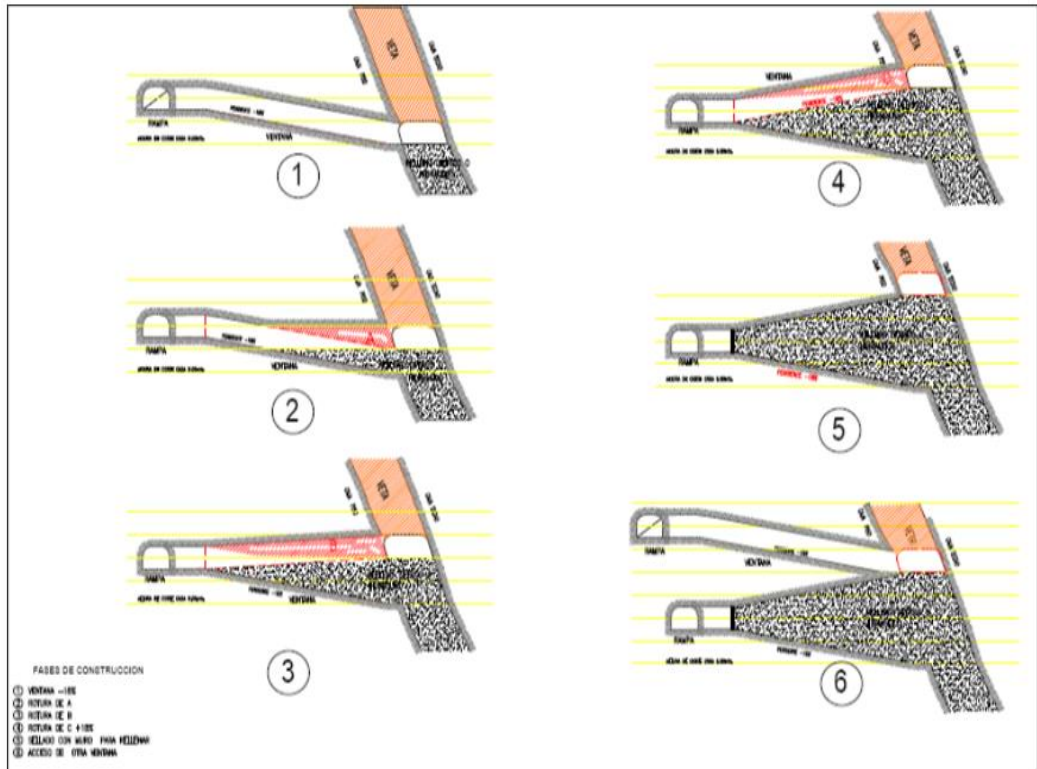
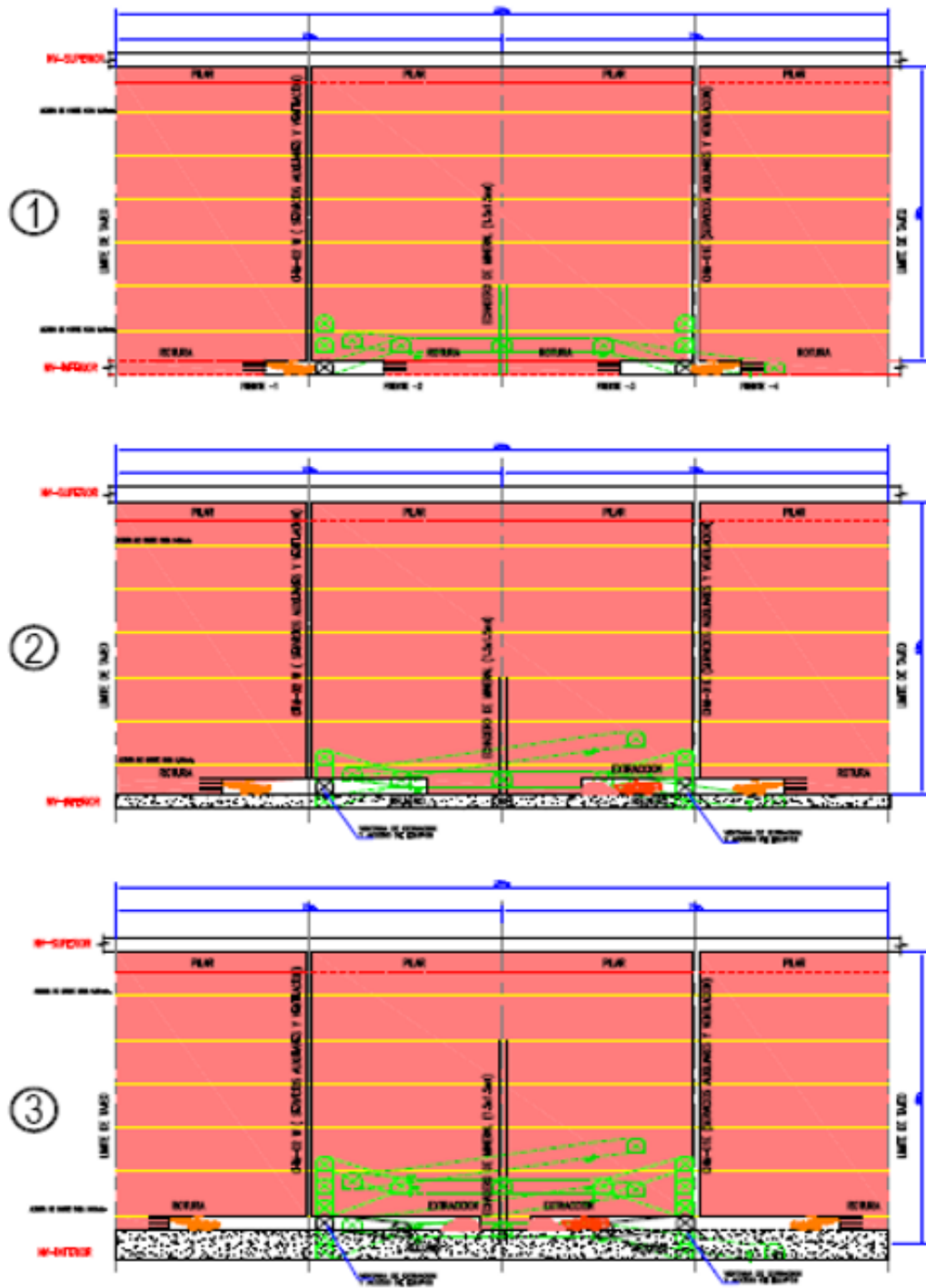


Figura 9

Método de corte y relleno ascendente







B. Evaluación de la perforación, considerando

- Aire comprimido
- Mantenimiento
- Brocas y barrenos
- Mallas de perforación

C. Evaluación de la voladura, comprendiendo.

- Diámetro de carga
- Características de la roca
- Problemas comunes

D. Resultados.

**A. Realización de un diagnóstico actual**

Se puede observar que el desarrollo de las estrategias para labores de perforado ha tenido una influencia determinante sobre la elaboración de nuevas técnicas para voladuras y con ellos en la presentación de nuevos material explosivo y disposición para detonaciones.

En cuanto a los criterios que deben regir en los procedimientos sobre la fracturación de los cuerpos rocosos podremos encontrar dos tipos de variables. Por un lado, las variables que pueden ser controladas debido a que son parte de la técnica minera. Por otro lado, están las variables que no dependen directamente de la técnica minera y por ello no pueden ser controladas enteramente. En este caso se trata de factores asociados a las características propias del contexto natural de la locación de operaciones.

Este diagnóstico tomó en cuenta fundamentalmente estas circunstancias específicas, y a partir de ello se orienta a determinar la problemática referida las operaciones de perforación y voladura. Problemática que conforma la parte medular de este trabajo que venimos desarrollando en esta tesis.

En ese sentido debemos tener en cuenta que estadísticamente un indicador importante para el diagnóstico de elevados costo de operatividad en



labores de avances es que no se alcanza los tres metros de longitud en las tareas mineras del nivel 355.

A partir de este diagnóstico se pueden elaborar diez conclusiones relevantes:

1. Previamente a la realización de un servicio, es necesario que el personal haya recibido la capacitación adecuada, específica y necesaria acorde con lo que realizará.
2. Se debe evitar contar con equipamiento e instrumentos que no sean adecuados para las tareas de perforación.
3. Se debe evitar que el equipamiento para la perforación no reciba mantenimientos o estos no sean los adecuados.
4. Se debe evitar organizar de manera incorrecta el ciclo de utilización del equipamiento e instrumental que se encuentra destinado a asegurar un correcto avance y disparo.
5. Las gradientes deben ser correctamente señaladas de manera que puedas controlar el desnivel y paralelismo entre las perforaciones.
6. Se debe evitar realizar diseños geométricamente inadecuados cuando se perfore utilizando el jumbo en rocas que presenten una tipología específicamente resistente a la compresión que oscile entre 50mpa -60mpa.
7. El material explosivo debe ser elegido siguiendo exhaustivamente los parámetros que presenta el cuerpo de rocas.
8. Utilizar adecuadamente cortes de forma cilíndrica con la finalidad de mejorar la calidad de los diseños de arranque.
9. Se debe evitar emplear accesorios que no correspondan a los tiempos de salida y a la longitud de las voladuras.
10. Contar con un diagrama de acciones que señale secuencialmente específicamente cada aspecto del procedimiento de labores de perforación y voladuras.

Entre las conclusiones señaladas hay que recordar que en la Unidad Chungar no existe un procedimiento que estipule la secuencia adecuada en cuanto a los trabajos de perforado con emplazamientos de acuerdo a la tipología de la roca tanto en mineral como en desmonte. Por ese motivo, cuando se realicen trabajos de perforación se deberán tomar todas las medidas de seguridad, elaborando una secuencia eficiente que pueda evitar que los taladros se derrumben.

Este es el principal motivo porque el que se llevó a cabo un diagnóstico primario orientado a esta problemática con el objetivo de verificar las consecuencias que pueden presentar este tipo de circunstancias.

Con base en ese diagnóstico y con la información recaba durante los días de trabajo de campo en la unidad Chungar podemos elaborar un esquema que ejemplifique las labores en el nivel 355.

Con ese objetivo de elaborar un registro de verificación en la que se registra las fallas comunes que ocurren a diario en los trabajos en el nivel 355.

Con esta información sistematizada se puede elaborar un análisis mediante el método de Pareto que no ofrezca soluciones eficaces atendiendo el 20 por ciento de los casos problemáticos, pero que puedan tener consecuencias correctivas en el 80 por ciento de los casos deficientes.

**Tabla 2**

*Hoja de verificación, defectos de verificación Nv 355*

<b>HOJA DE VERIFICACION: Defectos en Perforación: Nv 355 V&amp;T</b>												
<b>FECHA</b>		Set	Set	Set	Set	Set	Set	Set	Set	Oct	Oct	
<b>No.</b>	<b>Defectos</b>	<b>Sábado 23</b>	<b>Domingo 24</b>	<b>Lunes 25</b>	<b>Martes 26</b>	<b>Miércoles 27</b>	<b>Jueves 28</b>	<b>Viernes 29</b>	<b>Sábado 30</b>	<b>Domingo 01</b>	<b>Lunes 02</b>	<b>sub. Total</b>
1	No usan Cucharillas apropiadas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
2	No engrasan brocas antes de perforar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
3	Los jumbos tienen las gomas desgastadas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
4	Faltan manómetros a los jumbos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
5	No hay sopletes para el limpiado de taladros	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
6	Perforación con brocas sin afilar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
7	Falta copas de afilado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
8	Falta guidores apropiados	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	17
9	Falta pintado de mallas y sección	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	16
10	Falta control de paralelismo	2	2	2	2	2	1	0	2	2	1	16
11	Mala regulación de las presiones del equipo	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	15
12	Percusión en vacío	2	1	2	0	2	0	2	1	2	1	13
14	Dejan mucho tiempo expuestos los taladros perforados	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	11
15	No se pinta gradiente hasta 15nts con respecto al frente	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
											<b>TOTAL</b>	<b>239</b>

**Tabla 3**

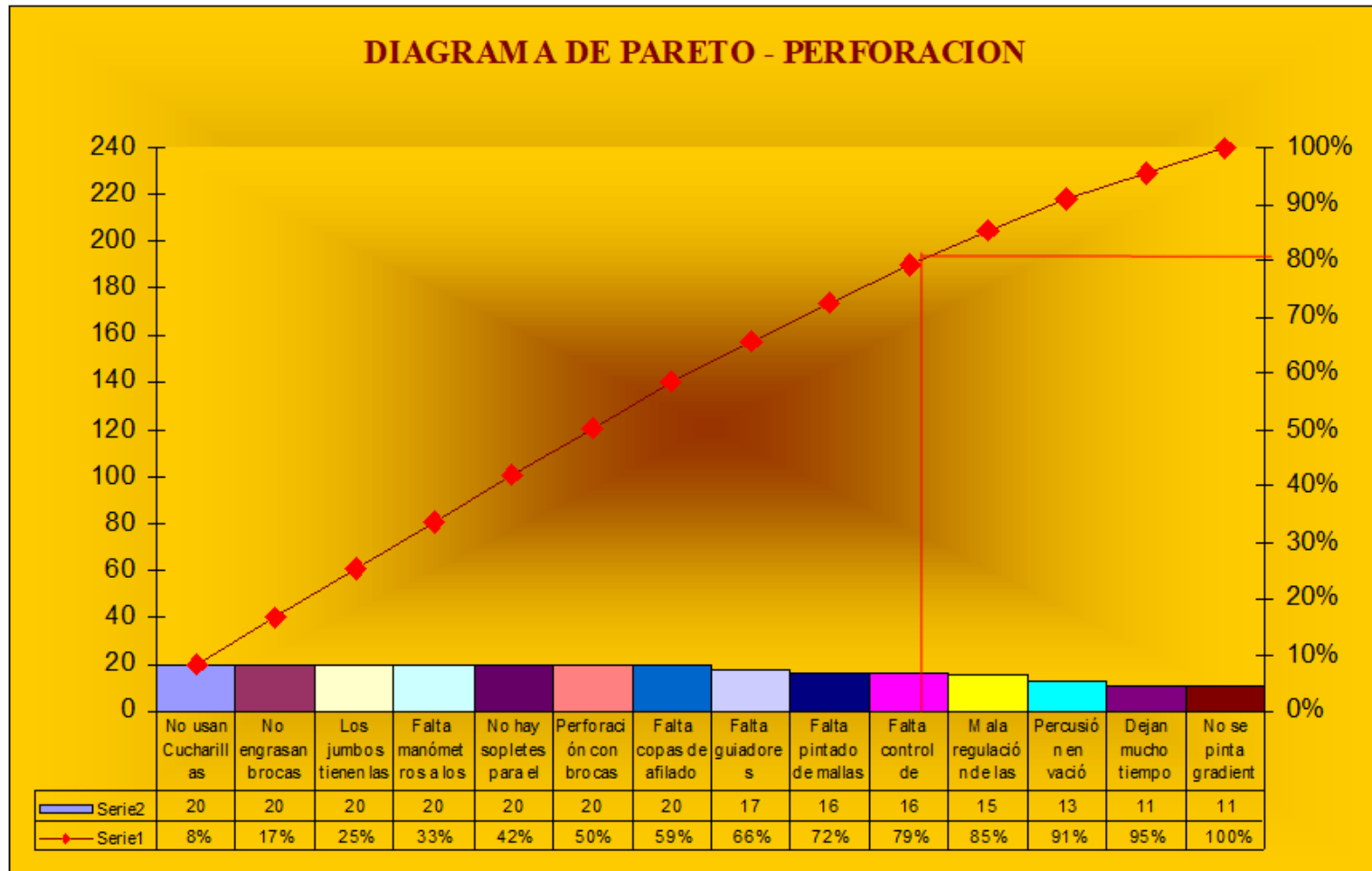
*Problemas de perforación mediante Pareto*

ITEM	DEFECTOS	PARCIAL	% PARCIAL	%ACUM	ACUM.
1	No usan Cucharillas apropiadas	20	8%	8%	20
2	No engrasan brocas antes de perforar	20	8%	17%	40
3	Los jumbos tienen las gomas desgastadas	20	8%	25%	60
4	Faltan manómetros a los jumbos	20	8%	33%	80
5	No hay sopletes para el limpiado de taladros	20	8%	42%	100
6	Perforación con brocas sin afilar	20	8%	50%	120
7	Falta copas de afilado	20	8%	59%	140
8	Falta guiadores apropiados	17	7%	66%	157
9	Falta pintado de mallas y sección	16	7%	72%	173
10	Falta control de paralelismo	16	7%	79%	189
11	Mala regulación de las presiones del equipo	15	6%	85%	204
12	Percusión en vacío	13	5%	91%	217
14	Dejan mucho tiempo expuestos los taladros perforados	11	5%	95%	228
15	No se pinta gradiente hasta 15nts con respecto al frente	11	5%	100%	239
		<b>239</b>	<b>100%</b>		<b>1967</b>

Vemos que del ítem 01 al 10 se muestran los problemas que se pueden aliviar para poder atenuar el 80 % de los defectos o problemas encontrados.

**Figura 12**

*Diagrama de Pareto de los problemas de perforación*

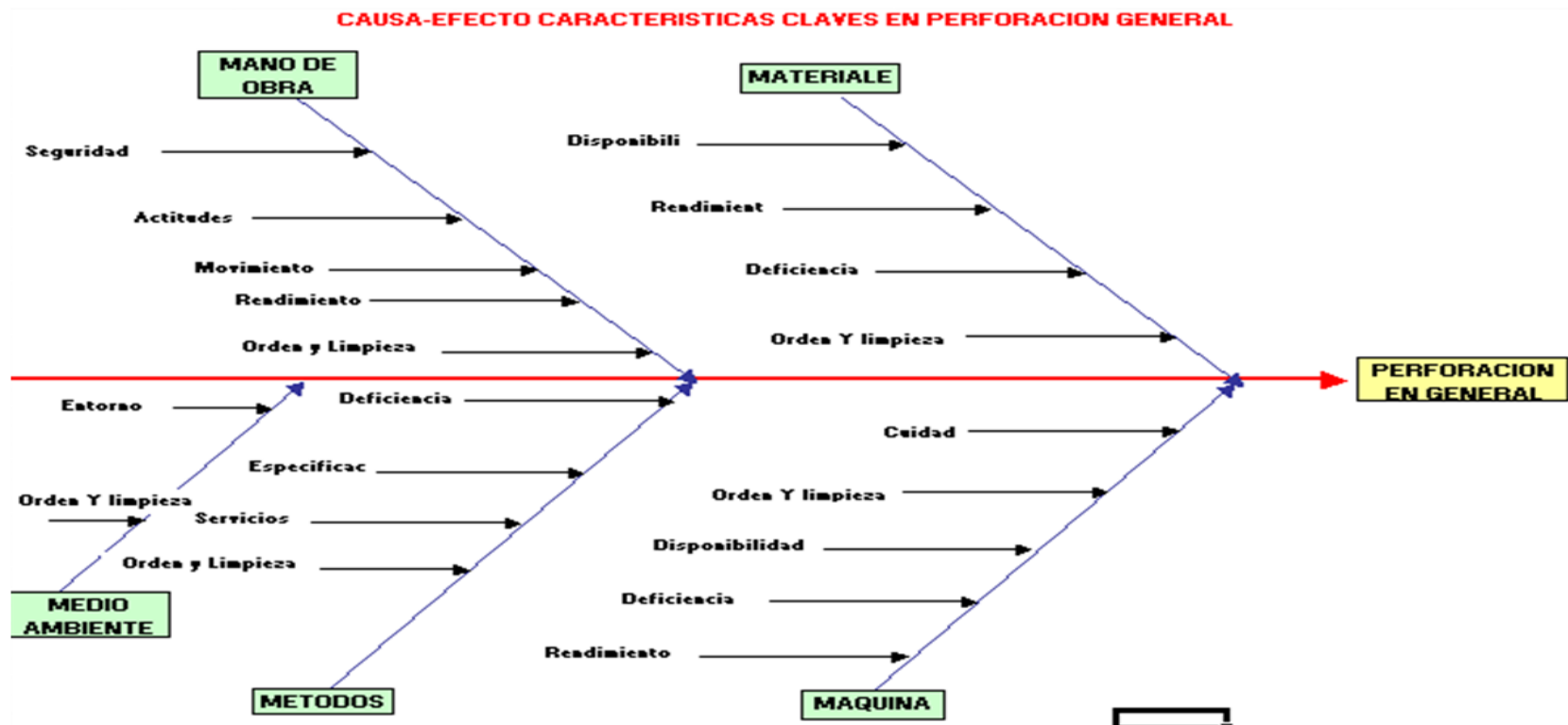


## Diagrama de Ichicawa o de Causa – Efecto

Elaboración del diagrama de Causa-Efecto del proceso de perforación haciendo uso de las 5M para encontrar la raíz o causa principal

Figura 13

Causa efecto características claves en perforación



### **Analizando las causas raíz dentro de las 5M tenemos:**

- *Mano de Obra: Rendimiento; Capacitación y Planificación*
- *Materiales y Herramientas: Rendimiento; Afilado de Brocas, Tipo de roca, Capacitación.*
- *Maquina: Rendimiento; Maquina sobredimensionada, Aceros inadecuados, presiones de mando elevadas.*
- *Medio ambiente: Entorno; Presencia de humedad*
- *Métodos: Especificaciones; Selección de aceros de perforación, Gradientes*

A partir de los análisis elaborados se pueden observar claramente las razones principales de la problemática abordada. Debido a que este resultado se encuentra enmarcado en criterios determinantes como el entorno, el rendimiento y los aspectos específicamente técnicos.

De lo cual se puede llegar a la conclusión que el criterio determinante para abordar el problema central en cuanto a estabilización y avances de labores de perforación y voladuras son los factores técnicos. En los escenarios en que no se ha asegurado debidamente este tipo de factores es cuando se ocasionan problemas de derrumbamientos en las labores de taladros, y con ello se reduce el alcance óptimo de las longitudes de carga propuestas que puedan garantizar un eficiente uso del poder energético que desprenderá el material explosivo. La evidencia es tan clara que, aunque en el caso específico se proponga el uso de voladura controlada no tendrá el efecto buscado, el punto final del procedimiento será el mismo y no ofrecerá el rendimiento buscado.

Al usar este tipo de dispositivos solo desviamos la atención del problema central atendiendo aspectos laterales del proceso.

### **B. Evaluación de la perforación, considerando**

Tenemos:

#### **Aire comprimido**

Tomando en consideración las condiciones operativas que se presentan actualmente, el diagnóstico indica que se hace necesaria una optimización del aire comprimido en algunos sectores. Para este procedimiento se deberá disponer de mangueras con capacidad antiestática que cuenten con tuberías de polietileno. Estos aditivos sirven para sopletear los taladros cuando la perforación termina y previamente al carguío del material explosivo.

Para realizar esta operación es fundamental hacer una purgación por el lapso de tres minutos en la vía del aire de manera que se desocupe de cualquier materia residual previamente al inicio de cualquier labor de perforado.

Si se trata del uso de barras en forma hexagonal de 14 pies la recomendación óptima es realizar una perforación de 12 pies mínimamente. Sin embargo, por las condiciones que presenta el área las perforaciones actuales solo alcanzan los 10 pies. Por este motivo el rendimiento de los avances se encuentra entre los seis, lo cual representa una limitación significativa en el aspecto productivo.

### **Mantenimiento**

Para realizar las tareas de mantenimiento al equipamiento de forma adecuada y con un sentido de prevención de posibles daños en los equipos Electrohidráulicos Jumbo se debe llevar un control principalmente de los niveles de presión relacionados a la percusión el avance de la rotación y el nivel de agua.

además, se debe asegurar un suministro de gomas y topes para este tipo de maquinaria, de esta manera se busca garantizar un funcionamiento estable que asegure la disposición paralela de los taladros, además de prevenir derrumbes en los primeros 20 cm de las labores.

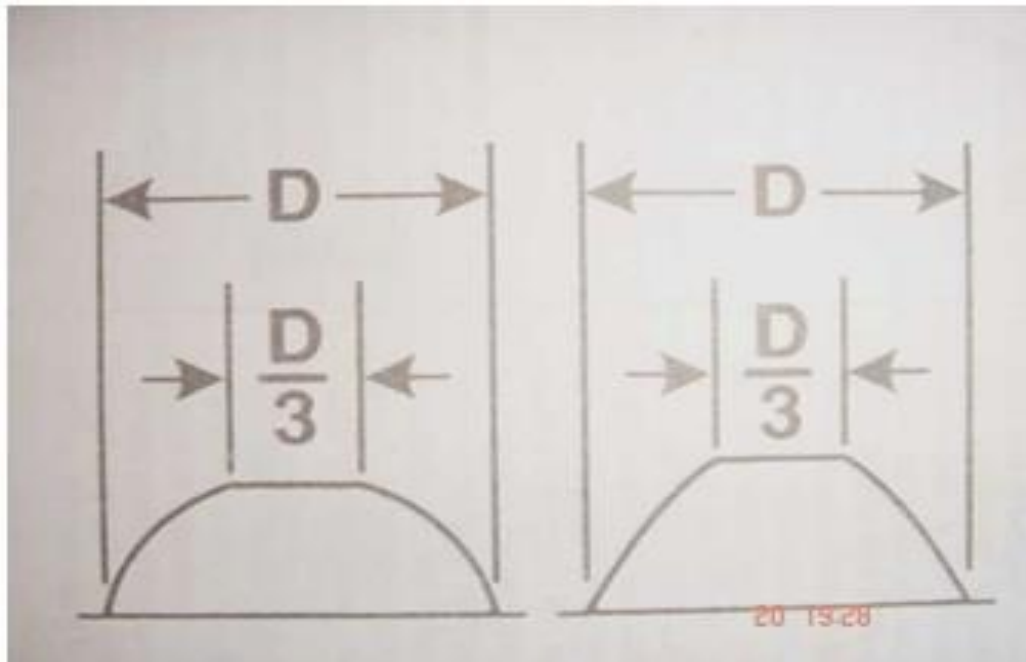
También resulta determinante la implementación de plantillas de brocas de botones a los operadores y perforistas que operan los jumbos. De esta manera se garantiza que el factor de desgaste de los botones de las brocas R-32 puede ser controlado. Debido a qué afinarlas resulta más fácil y económico cuando la



zona de desgaste no sobrepasa el tercio del diámetro del botón. De no ser eso en caso las brocas deben ser afiladas cuando presenten velocidades por debajo de los límites menores.

**Figura 14**

*Afilado de las brocas cuando la zona de desgaste equivale a 1/3 del diámetro*



En maquinaria como los Jumbos Quassar es importante reemplazar los centralizadores que presente un desgaste evidente. Este cambio de hacerse en el momento adecuado antes de que la barra comience a flexionarse lo cual acelerarse la fatiga y puede producir una rotura irreparable.

Así mismo, se deben usar topes de goma especiales para el frente de las vigas de avance. Con el fin de evitar se desgasten rápidamente y evitando un pronto cambio de estas piezas.

En términos generales se debe contar con un programa de mantenimiento que contemple todos los procedimientos necesarios, así como sus secuencias de aplicación que pueda ofrecer de manera preventiva tanto el servicio de mantenimiento como las refacciones necesarias para las maquinarias utilizadas.

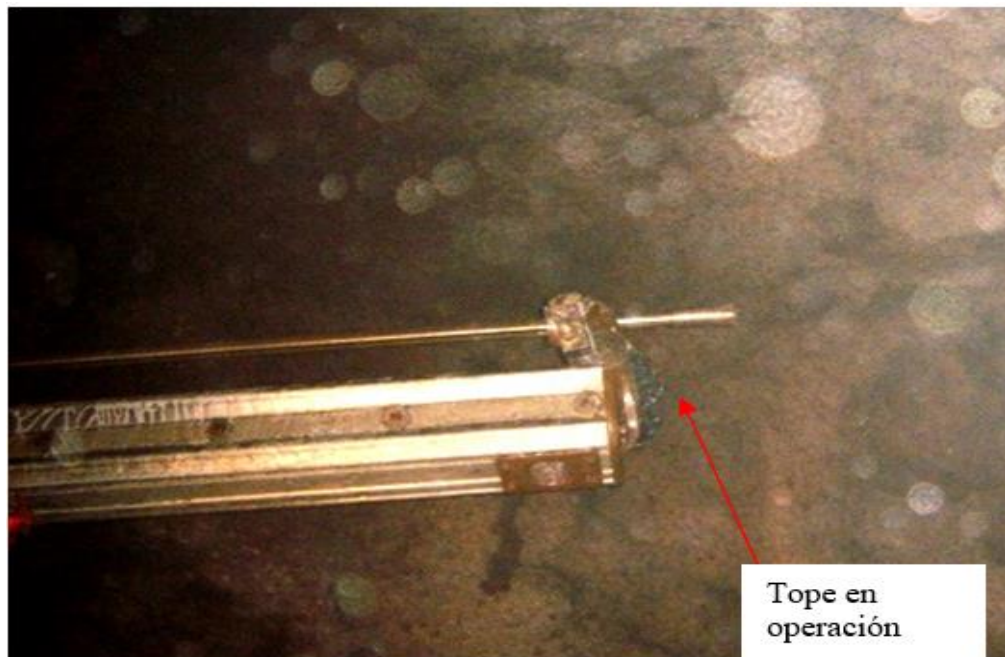
**Figura 15**

*Tope de la perforadora excesivamente desgastada*



**Figura 16**

*Tope de operación de la perforadora*



La posición de la deslizadera debería ofrecer un nivel de presión sobre la pared de la roca cuando la labor de perforado se lleve a cabo con la finalidad de otorgar estabilidad a la tarea. Si la perforación se realiza en circunstancias inestables es posible que el tren de varillaje sufra presión que lo

puedan doblar y llegar a romperlo. En estas circunstancias lo que se pone en juego es la orientación paralela que los taladros deben tener en todo momento.

### **Brocas 45 mm y barras hexagonales**

Uno de los factores determinantes para poder conseguir una reducción de costo es tener afiladas de manera adecuada las puntas de las brocas, así como los barrenos. Este tipo de controles específicos se realizarán en las labores donde se ejecute las operaciones específicas.

Llevar un control sobre el nivel de desgastes diametrales que presente los barrenos y las brocas facilitará evaluar una posible sobre excavación que puede ser consecuencia por las labores de perforado. Las referencias muestran que el nivel de desgaste puede alcanzar los tres milímetros.

***Figura 17***

*Control de las brocas*



### **Rotura del faldón de la broca**

Generalmente los impactos de vacío son los causantes de las roturas transversales que presenta un faldón de una broca de botones. Esta situación se produce cuando el cuerpo rocoso no ofrece la resistencia necesaria con lo cual la

perforadora transforma en tensión de tracción la onda de impacto lo que termina por dañar a la broca.

Este tipo de problemas pueden tener su origen en una alimentación de presión insuficiente, es decir el avance no tiene la fuerza necesaria, o también pueden ser causadas que la perforación se realiza con las juntas aflojadas.

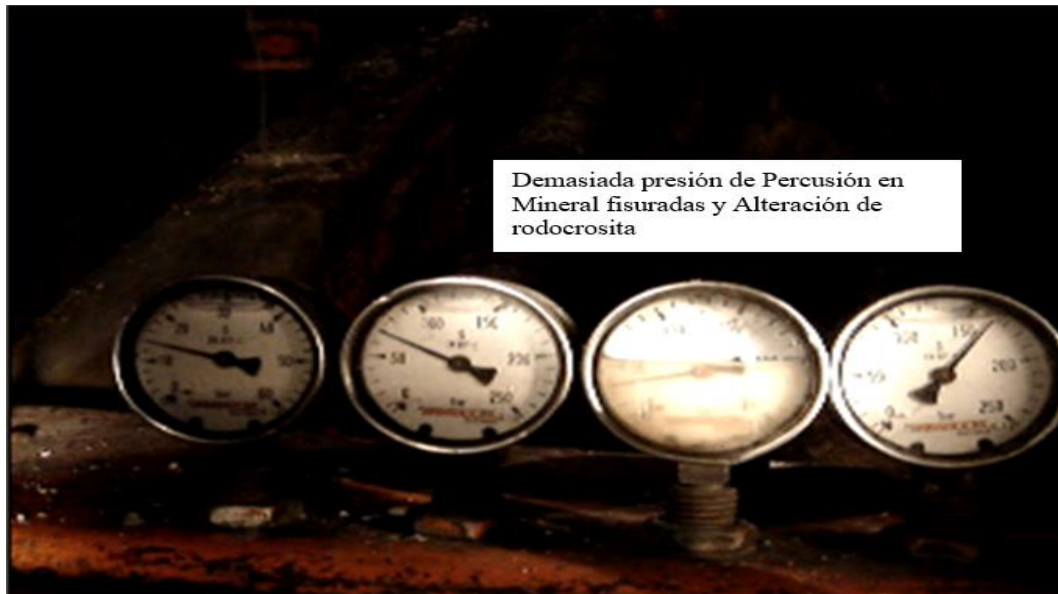
Otro común error es realizar la perforación elevando la fuerza de impacto a un nivel que provoca que la presión por percusión ajuste demasiado las juntas de las barras lo cual someterá a una presión intolerable a la estas y provocará su rotura. En cambio, si esa rotura en la sección del faldón puede deberse a que no se encuentra ajustada debidamente para la operatividad de una broca en estado nuevo que funcionará conjuntamente con una barra de uso, o en el sentido contrario.

El constante impacto generará energía que deberá ser ajustada buscando se adapte a las características del cuerpo rocoso para asegurar una labor de perforado eficiente. Es por ello que cuando se realizan labores sobre material alterada o deleznable se requiera un uso menor de energía. En este tipo de operaciones es necesario la reducción de del nivel de percusiones y del avance para no someter innecesariamente a los nutrimentos a condiciones propias de formaciones o superficies que presenta un alto nivel de rigidez o de dureza.

En contextos como el señalado se pueden producir errores si se pretende realizar el disparo aun cuando se sabe qué operativamente existen fallas, con lo cual no se alcanzará el nivel de productividad previsto.

**Figura 18**

*Observación de altas presiones en la percusión*



Razones para usar diferentes brocas para el mismo tipo de formación geológica

El tiempo de uso útil de una broca diamantada se encuentra limitado por los parámetros geológicos propios de del yacimiento, además de las características específicas del método de perforaciones que será usado como las velocidades periféricas o de rotación y su peso. Además del nivel necesario de hidratación de la labor para realizar el barrido y el nivel de vibración en acción que presenta el varillaje.

**Figura 19**

*Control del desgaste de la broca*



**Figura 20**

*Ralladuras muy pronunciadas en el faldón de la broca*



Después de evaluar las evidencias anteriores podremos señalar que se trata de ralladuras con un pronunciamiento importante, mediante el análisis de la a caracterización de las rocas y el desgaste que presentan las brocas podemos afirmar que el material rocoso presenta un nivel abrasivo, y estas características nos permite identificar la tipología del material.

**Botones periféricos sobresalientes.**

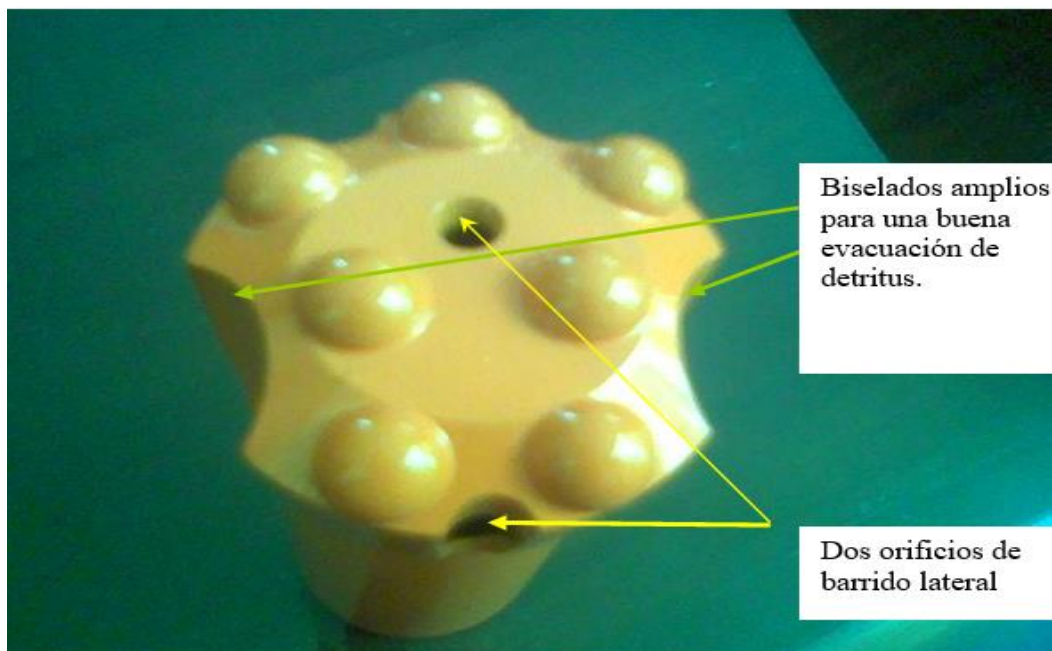


Este caso se debe utilizar un sistema de afilado mediante copas con una numeración para que el cuerpo de la broca no resulte dañado cuando se afile, debido a que las brocas pierden su dureza en la superficie, en este estado es usual que se presente fatiga del material y se rompa.

En el caso de material con nivel abrasivo alto es importante establecer la adecuación correcta para la tipología de la roca. Una configuración eficiente está compuesta por tres orificios de barrido, con siete botones que acompañen a los orificios centrales y de la parte lateral, este diseño permitirá un mejor sistema de refrigeración de la broca, con lo cual se previene que se recaliente y así se obtiene una salida más eficiente de residuos, facilitado por un biselado que permita una evacuación rápida.

**Figura 21**

*Brocas adecuadas a rocas abrasivas o muy abrasivas*



### **C. Evaluación de la voladura**

#### **Geometría de la carga**

Las dimensiones diametrales de las cargas tienen un rol determinante en los resultados que se obtendrán de las labores de voladuras.

Para el caso analizado se pudo observar que las operaciones de la unidad Ánimon emplea en un frente de perforado brocas de 51 milímetros y 4 pulgadas para operaciones con carga y para operaciones vacías respectivamente. Las que instala mediante un equipo electrohidráulico QUASSAR N°01 Jumbo en un contexto rocoso sedimentario intrusivos y mineral.

Después de hacer la evaluación correspondiente llegamos a la conclusión que las dimensiones diametrales no son las correctas en las operaciones mediante Jumbo en contexto sedimentario. Para ello hay que atender a un aspecto relevante que es el taladro final originado posteriormente a la perforación, en este caso las dimensiones halladas tienen una variación entre 50 y 52 milímetros para equipamiento Jumbo. Podemos que las razones para que se produzcan estas características son las siguientes:

#### **Jumbos**

- a) Los Jumbos carecen de Manómetros para controlar solamente el quassar N° 01
- b) La posición y el arranque no son los adecuados lo que difunta un correcto empalme entre las rocas y la broca, debido al pésimo estado de la goma
- c) Maniobras deficientes por parte del personal, en medio de una perforación con el brazo del jumbo el operador cambia la posición erróneamente.
- d) Inadecuado manejo de los mandos de avance, rotación, barrido y percusión.  
Para cada tipo de terreno.
- e) Pésimas condiciones de funcionamiento del control central de barras.

Las condiciones antes descritas provocan que la dimensión original del diámetro se amplíe y como consecuencia se necesitará una carga explosiva mayor. Aspectos como este descubierto en las labores de perforado inciden directamente en los niveles de consumo de material explosivo y con ello una optimización de los recursos al reducir el nivel de vibración se evita que se sobre-



excave y como consecuencia se alcanza una distancia mayor en la longitud de carga del taladro.

De esta manera se podrá evitar que en medio de las labores de perforado los taladros se cierren.

**Figura 22**

*Aumento del diámetro original del taladro*



Al hacer la observación se puede evidenciar que partir de los 45 milímetros de diámetro de la perforación con taladros semihúmedos y específicos para una dureza de nivel medio que el material explosivo utilizado fue encartuchado con un diámetro de  $\frac{1}{2} \times 1 \times 12$  pulgadas. Este tipo de trabajos pueden producir espacios anulares que deberán ser atacados por compresión se utiliza una cantidad mayor de explosivos y generará una carga esférica en el fondo del taladro.

Las características anteriores producen que se genere una vibración que puede resultar perjudicial para la estabilidad de las actividades a realizar.

Si no sé llegara a realizar la compensación de las longitudes de carga existe el peligro de que se provoque en el fondo del filete una sección anillada.

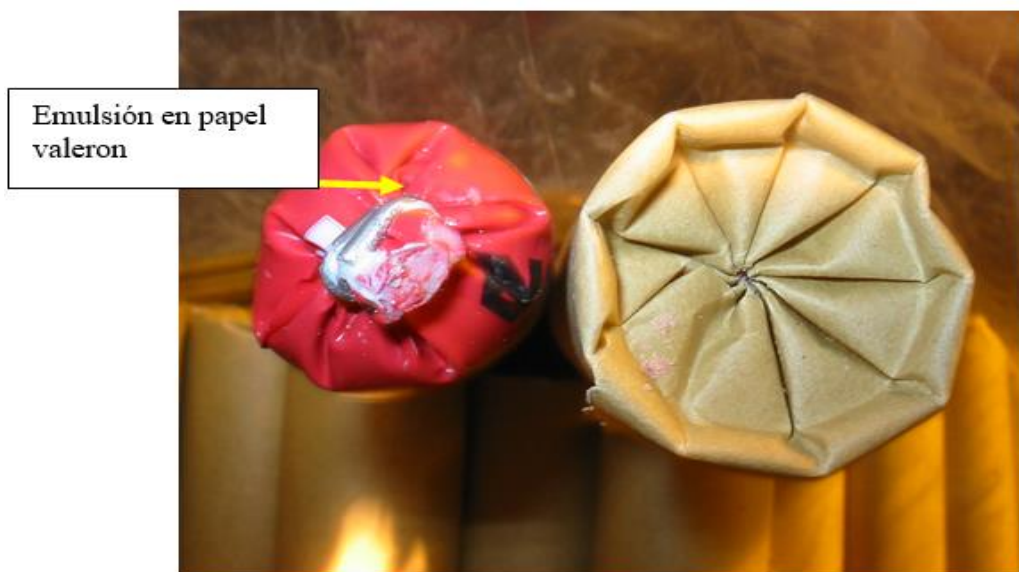
En los casos en que se utilice el equipamiento Jumbo y además emulsiones en papel valeron pueden provocar problemas con él confinado como

pueden la explosión del explosivo por el orificio del taladro. Con la finalidad de prever estos inconvenientes se debe abrir el cartucho por uno de sus lados para una vez insertado atacarlo con el objetivo de un mejor aprovechamiento de la emulsión.

La dimensión adecuada para esta disposición se calcula en 1 pulgada de diámetro, de esta manera se logra distribuir adecuadamente la carga al bajar los niveles de velocidades por partículas pico. Todo ello con el fin de prevenir el fenómeno de la sobre excavación. Para el conjunto de estas medidas se debe considerar óptimamente un diámetro de 41mm.

**Figura 23**

*Emulsiones en papel valeron*



### **Características de la roca**

En términos geomecánicos la caracterización del cuerpo de rocas que será detonado, está formada por un conjunto de factores relevantes tanto para el resultado de la voladura como también por su relación determinante con los factores que componen el diseño.

En ese sentido, en el contexto de operaciones al interior de las operaciones mina de la unidad Animon se encuentran las siguientes tipologías de material rocoso.

- a) Material con alto nivel de fisura (Tj 400 Nv 355): En estos contextos el explosivo con mayor poder energizante de tensión como puede ser las emulsionéis no encuentran la influencia necesaria en relación al nivel de fragmentación obtenido. Este resultado se debe a que cuando en forma radial las grietas comienzan a expandirse se ven interrumpidas de manera abrupta por fracturas anteriores.

En ese caso el material explosivo idóneo es el que contiene un nivel energético alto en gases, el denominado energía de burbuja.

- b) Material rocoso conformado en mineral (Tj 500w Nv 355): para los cuerpos de rocas que presenten espaciamientos de regular tamaño entre discontinuidades con la conformación mineral en forma de bloques grandes en el mismo lugar el nivel del fragmentado estará organizado en mayor medida por el diseño geométrico de las voladuras, y en menor relevancia por las características del propias del material explosivo. Específicamente, para estos trabajos es recomendable material con una relación de equilibrio entre "ET"/"EB" para los explosivos.

### **Propiedades de los macizos**

En los sectores que presenten un abrupto contraste en términos litológicos entre partes de mineral y partes estériles con la consiguiente modificación de las características de la resistencia del sector específico de rocas es necesario reconsiderar un diseño que contemple los siguientes aspectos:

- a) una sola organización para ambos tipos de material, pero cargas diferentes para cada uno de los sectores diferentes.
- b) organizaciones diferentes pero las mismas cargas para cada barreno, en este caso la variación se adopta, pero se mantiene el burden, debido a que se

complica la disposición de mallas al introducir distintas por cada sector diferente y con ello complicaría la labor de perforado.

El método que se adecua mejor es la estandarización del mallado para la perforación con las respectivas variantes en las cargas de los barrenos en concordancia con los registrados acerca de las velocidades de perforaciones en los distintos sectores. Se debe señalar que este trabajo depende en buena medida de las habilidades de operario que realiza las perforaciones.

### **Presencia de agua**

Cuando se trate de contexto marcado por una acumulación de agua en los sectores de las labores el material explosivo adecuado para estas situaciones es el que ofrezca una consistencia semigelatinosa o emulsionate. En estos casos es necesario hacer la consideración que las juntas con agua hasta el tope no ofrecen resistencia significativa al paso de las ondas choque y además no presentan descostramiento interiormente.

En cambio, si el cuerpo de rocas está tensionado, la acumulación de agua funciona como un elemento de cuña que en algunos casos produce el fenómeno de sobre excavación.

Estos contextos específicamente marcados por inundaciones es necesario realizar taladros que sirvan para evacuar el agua por un sector, para poder realizar el carguío por el otro. Además, se debe tener en consideración sopórtese los taladros para evacuar toda el agua incluso la que se queda en el orificio de los taladros en sectores que están libres de agua. De realizar una carga sobre un taladro con agua esto producirá en los que queden vacíos una presión de cuña que impedirá la total expulsión de la energía.

### **Problemas comunes**

Las labores de perforado realizadas de manera inadecuada sin considerar el paralelismo necesario en la corona tiene consecuencias en el sector superior de las excavaciones, de esta manera se socavan de una forma que no es la

adecuada. En este caso se debe emplear todas las características que ofrece el equipo Jumbo con la finalidad de asegurar un paralelismo adecuado. Por su parte los atacadores deberán tener una pulgada de diámetro, con esta especificación se logra asegurar un mejor nivel de confinamiento al material explosivo. Una organización completa y adecuada de este tipo de labores debería considerar tener atacadores con una longitud de hasta doce pies.

## **4.2. Discusión de resultados**

### **Mantenimiento**

- Se deben realizar tareas de mantenimiento de manera adecuada y con una intensidad preventiva al equipamiento de los Jumbos.

Objetivo: Se busca garantizar que no se paraliquen o se desvíen las operaciones de los taladros en el mallado de perforaciones.

- A los operadores de la perforadora y del Jumbo se les debe dotar de las plantillas necesarias de brocas de botones.

Objetivo: Establecer un método para controlar en el campo de operaciones los desgastes que presentan las brocas que se utilizan.

- Se debe garantizar un nivel de percusión constante y adecuado para los equipos Jumbo de acuerdo a los siguientes parámetros: cuando operen en sectores con material sedimentario o mineral: 50 bar, para presiones de avance entre 80 y 90 bar, para presiones en percusiones 12 bar.

Objetivo: se busca controlar efectivamente las tareas de perforado de los taladros, para ello se debe considerar la calidad y el tipo de las distintas rocas presentes. Con el fin de prevenir desgastes en exceso de las varillas, así como someter a esfuerzos innecesarios a la maquinaria.

- Los operadores de la perforadora, así como sus asistentes deben recibir capacitaciones sobre aspectos de las lubricadoras como la graduación del acceso para aceite de esta maquinaria.

- Así mismo, estos operarios deben tener el conocimiento general de todas las operatividades de una perforadora neumática.
- Los operadores de los jumbos deberán conocer los niveles y grados para las presiones de avance, rotación y percusión.

Objetivo: Alcanzar un mejor nivel para realizar el trabajo de perforado.

### **Brocas y barrenos**

- Se debe realizar un afilado correctamente a los barrenos y a las brocas asegurando una frecuencia adecuada y continua.

Objetivo: se busca prolongar la vida útil del material usado para las perforaciones de manera que se pueda obtener un costo unitario menor.

- Realizar controles en los emplazamientos donde se ejecuten las operaciones.

Objetivo: Establecer el estándar de duración correspondiente a la tipología del material rocoso.

- Realizar controles sobre los desgastes que presentan los diámetros de las brocas y los barrenos para poder establecer los niveles de sobre-excavación de los taladros. Inicialmente se verificó que estos pueden llegar hasta 3mm.

Objetivo: asegurar un control efectivo de la tensión energética de cada taladro detonado y realizar mejoras en la longitud de cargas.

### **Aire comprimido**

- Realizar mejoras en las distribuciones lineales y diametrales de los sistemas de aire comprimido mediante redes de tuberías para evitar mangueras con 25 metros de largo para las perforaciones.

Objetivo: Se busca reducir las vibraciones del equipo perforador Jack-leg para evitar mayores diámetros de perforado, y así obtener un mejor factor para maniobras, garantizando de esta manera una correcta disposición paralela de los taladros.

- Habilitar un espacio que sirva para funciones de pulmón con capacidad para contener la décima parte del aire total. También se debe colocar una válvula

en el acceso y en la salida a este pulmón, además de un sistema de purgación de agua en la parte inferior del pulmón.

Objetivo: Alcanzar un mejor nivel en las características del aire que ofrece el sistema de compresión.

### **Voladura**

- Realizar la adecuación del procedimiento para voladuras mediante control Geológico-Geomecánicos conforme a las especificaciones de los trabajos previos.

Objetivo: Correlacionar el Factor de carga vs. Calidad del material rocoso.

- En los sectores que existe un nivel alto de fractura se debe utilizar material explosivo con una alta capacidad para generar gases del tipo nitro carbonatos o sustancias semejantes.

Objetivo: Lograr un efecto de empuje (EB, Energía de burbuja) en el cuerpo rocoso además de un factor de fractura (ET, Energía de tensión), y así aprovechar el fracturamiento como condición natural.

- Utilizar diámetros menores en rocas sedimentarias y mineral (margas, rodocrosita mineral) con material explosivo de 1 pulgada de distancia diametral. Utilizando diámetros de 41mm.

Objetivo: por medio del tamaño diametral se busca contribuir a asegurar las condiciones de percusión y avance escariará un taladro más uniforme y dejando más lisas sus paredes. el tren de varillas que se utiliza es el que se presenta a continuación:

9050 3399 Shank X2 R38

9051 0461 Broca Rimadora 6° x 89mm

9000 2958 Adaptador piloto R28 x 6°

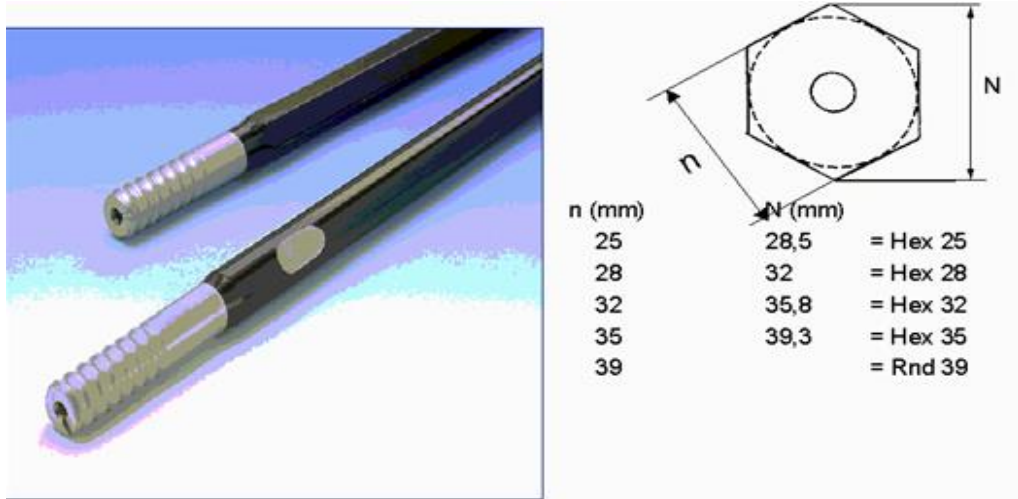
9050 5173 Broca R28 x 41mm. Con botones de tipo balístico y un biselado amplio

9050 0410 Barra R32-H28-R28 x 12'

9000 2533 Acople R38/R32

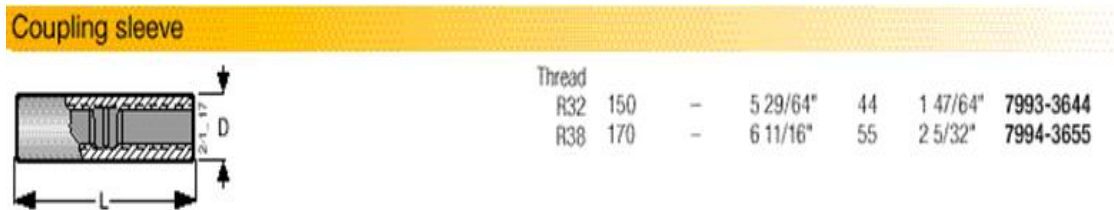
**Figura 24**

*Diámetro de las brocas de perforación*



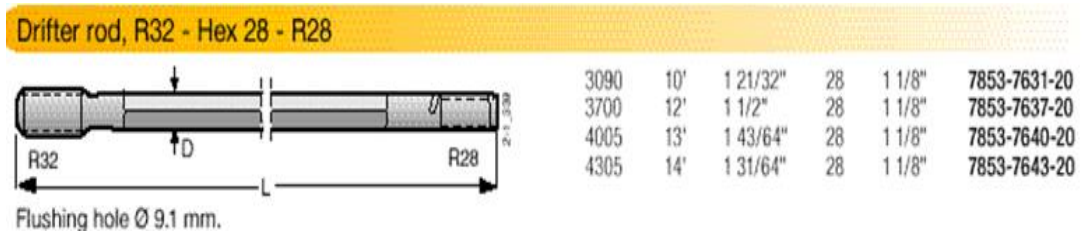
**Figura 25**

*Copla de perforación*



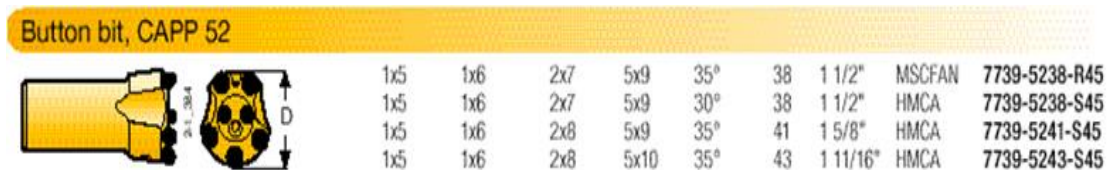
**Figura 26**

*Barra de perforación*



**Figura 27**

*Broca de botones*





## CONCLUSIONES

1. La calidad de las operaciones unitarias de perforación y voladura en los trabajos del nivel 335 son afectados por diez aspectos los cuales fueron detectadas durante el diagnóstico realizado y mencionamos a continuación: capacitación, equipos, mantenimiento, uso inadecuado de equipos, gradiente, diseño, explosivos, tipo de corte, accesorios, estándares.
2. las causas encontradas para que se produzcan estos 10 aspectos al aplicar el diagrama de Pareto fueron: no usar cucharillas apropiadas, no engrasar las brocas, jumbos con gomas desgastadas, no hay mantenimiento, falta de soplete de aire para limpieza de taladros, mala regulación de la presión del equipo, pintado de mallas de paralelismo, guidores, falta de copas afilado, perforación con brocas que no tienen filo, percusión en vacío, exposición de los taladros perforados por mucho tiempo, no se pinta la gradiente. Solucionando el 20 % de estas causas podremos solucionar el resto de problemas.
3. Se concluye que el factor técnico en perforaciones es el criterio determinante para poder dar solución los problemas de estabilización y avances en perforaciones y voladura, de no solucionarse el derrumbe de los taladros y no se logre la optimización optimizar de las cargas para mejorar utilización del poder energético del explosivo no se alcanzaran mejores niveles.
4. Dentro de las posibles soluciones planteadas tenemos: en mantenimiento, realizar mantenimiento adecuado y preventivo de los equipos, proporcionar plantillas de brocas de botones, mantener una adecuada presión para los jumbos y capacitación a los perforistas y ayudantes. De las brocas y barrenos realizar un correcto afilado de las brocas, el control del desgaste se debe realizar en las labores de operación. Del aire comprimido mejorar el sistema de distribución del aire comprimido, habilitar pulmones recibidores. De la voladura adecuar el formato de la voladura a las condiciones del trabajo existente, usar explosivos de alta generación de gases para

lograr el efecto de empuje, usar diámetros de broca menores en rocas sedimentarias y en mineral.

## **RECOMENDACIONES**

1. La supervisión es una de los puntos a considerar creemos uno de las actividades importantes para un trabajo correcto, se recomienda una constante supervisión de las labores para evitar que se generen problemas.
2. Se recomienda poner en práctica las alternativas de solución planteadas en la presente investigación, en cuanto a mantenimiento, perforación, voladura.
3. En las zonas que se producen cambios litológicos bruscos se recomienda una reconsideración del diseño de la voladura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera edición ed.). (P. Educación, Ed.)
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Politécnica de Madrid.
- CARHUALLANQUI, O. (2019). *Incidencia de la capacitación, supervisión y control en perforación y voladura en los trabajadores-contrata JRC-Unidad Minera el Brocal-Colquijirca-Pasco*. [tesis de licenciamiento Universidad Continental.
- CHAVEZ, F. (2018). *METODOLOGÍA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA CONTROLADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL NIVEL 660, PARA EVITAR LA SOBRE EXCAVACIÓN EN LA MINA ACCHILLA, U.E.A. JULCANI, COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A, 2018*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo] repositorio institucional Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- ENAEEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEEX S.A.* ENAEEX, Gerencia técnica.
- EXSA. (s.f.). *Manual práctico de voladura, 4ta edición*. exsa.
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- HUINCHO, J. (2022). *Optimización del proceso de perforación y voladura para mejorar la eficiencia de avance y controlar la sobrerotura en los frentes de avance de la unidad minera Cerro Lindo, Nexa Resources S. A. A.* [tesis de licenciamiento Universidad continental] repositorio institucional Universidad Continental.
- IBAÑEZ, C. (2020). *DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN FRENTES DE AVANCE EN LA UNIDAD MINERA UCHUCHACUA DE LA CIA. MINERA BUENAVENTURA*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Centro del Perú] repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.
- JIMENO, JIMENO, BERMUDEZ, C. (2005). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Madrid, España.
- PAZ, R. (2018). *Optimización de perforación y voladura en la veta María Rosa de la empresa minera Volcán unidad Chungar Pasco*. [tesis de licenciamiento Universidad nacional Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.
- TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (cuarta edicion ed.). (L. N. Editores, Ed.)
- VARA, HORNA, A. (2010). *¿Cómo evaluar la rigurosidad?*

## **ANEXOS**







**DIAGRAMA DE PARETO DE LOS PROBLEMAS DE PERFORACIÓN**

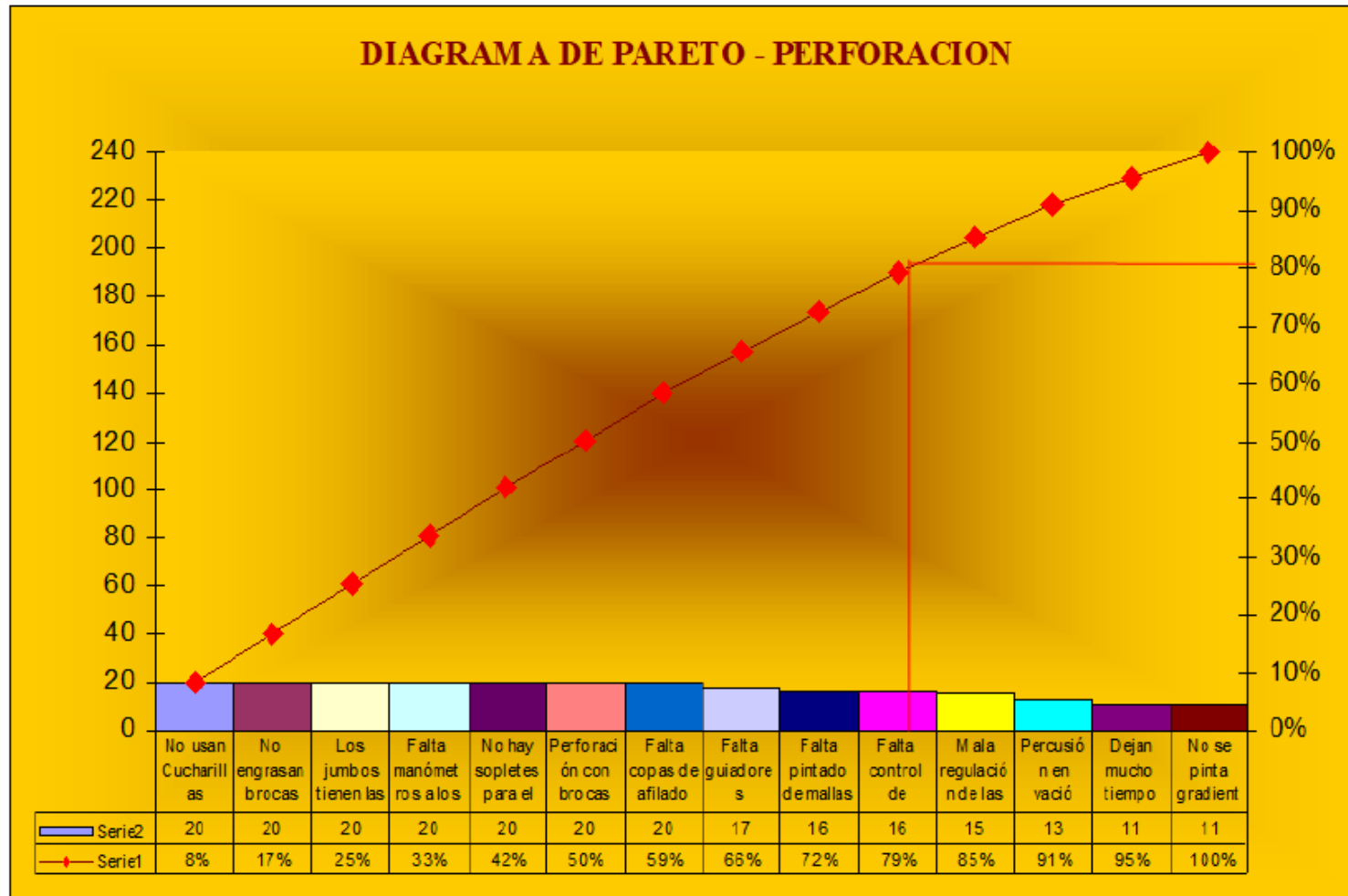
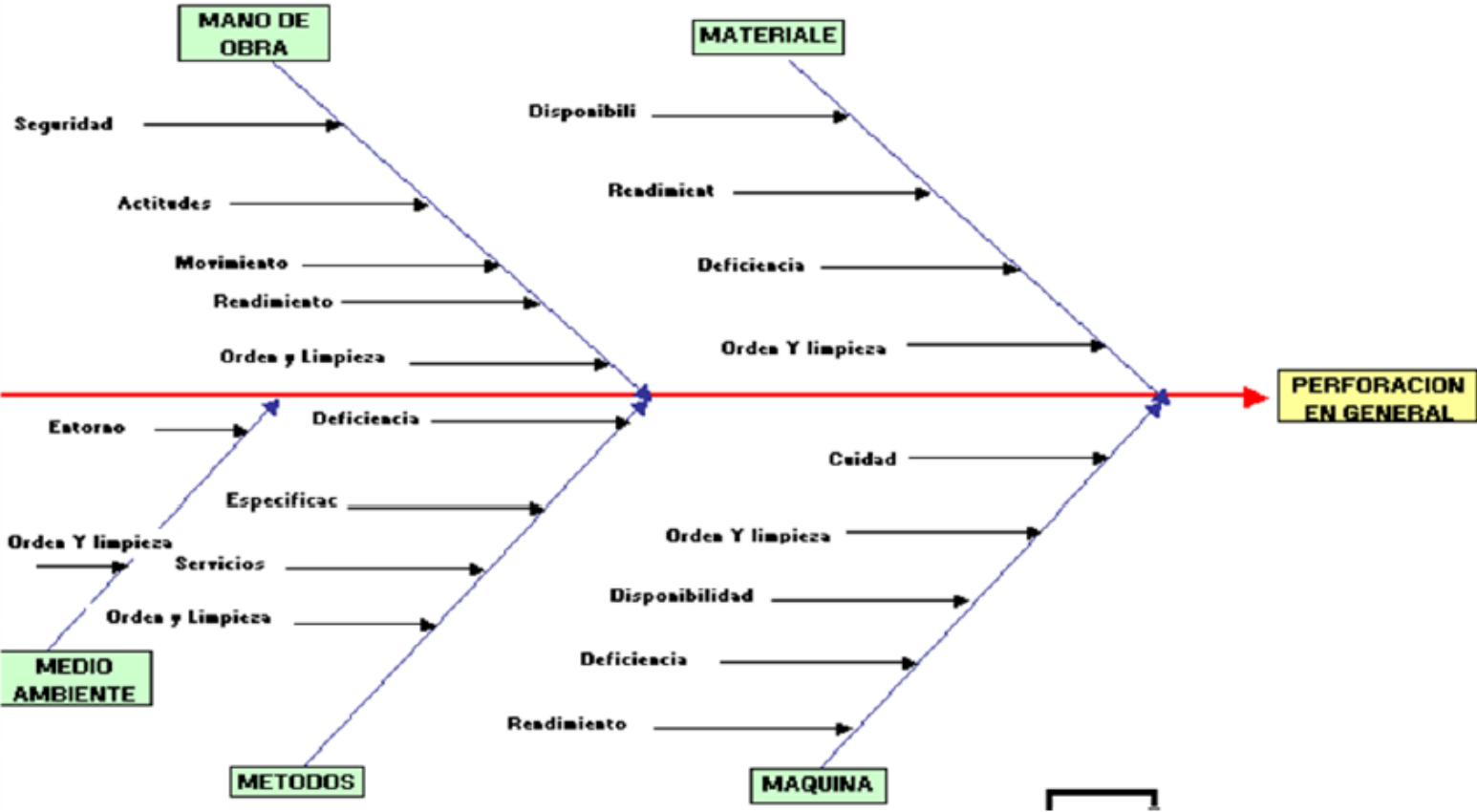


DIAGRAMA DE ICHICAWA DE CAUSA - EFECTO

CAUSA-EFECTO CARACTERISTICAS CLAVES EN PERFORACION GENERAL



## Anexo B

### Matriz de Consistencia

Título: “ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS CRÍTICOS QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA DE LA PERFORACIÓN Y VOLADURA EN COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR – UNIDAD ANIMON.”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo se ve afectado la calidad de las operaciones unitarias de la perforación y voladura por los problemas que se generan en su realización en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p><b>Problema específico a.</b> ¿Cuáles son los principales problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?</p> <p><b>Problema específico b.</b> ¿Cuáles son las causas de los problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?</p> <p><b>Problema específico c.</b> ¿Qué alternativas de solución se plantea a los problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Conocer el grado de afectación a la calidad de las operaciones unitarias de la perforación y voladura por los problemas que se generan en su realización en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p><b>Objetivo específico a.</b> Determinar los principales problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon</p> <p><b>Objetivo específico b.</b> Conocer las causas de los problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon</p> <p><b>Objetivo específico c.</b> Plantear las alternativas de solución a los problemas que se presentan en la perforación y voladura durante la explotación, en las instalaciones de la Empresa Administradora Chungar – Unidad Animon</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Si la calidad en las operaciones unitarias de la perforación y voladura es alta se reducirán los problemas en estas operaciones, contribuyendo a una explotación eficiente; en la Empresa Administradora Chungar SAC. Unidad Animón.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a. La fragmentación, la estabilidad de la roca, la sobre excavación, son los principales problemas que hacen que la perforación y voladura no sean de buena calidad y no contribuyan a una eficiente explotación en la Empresa Administradora Chungar S.A.C. Unidad Animón.</p> <p>b. Si nosotros logramos controlar las causas de una mala perforación y voladura, entonces podemos lograr una eficiente explotación en la Empresa Administradora Chungar S.A.C. Unidad Animón.</p> <p>c. Si logramos plantear alternativas de solución a los problemas de la perforación y voladura entonces podremos lograr una eficiente explotación en la Empresa Administradora Chungar S.A.C. Unidad Animón.</p>	<p><b>Variables para la hipótesis general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Variable Independiente: Alta calidad de la perforación y voladura</li> <li>•Variable Dependiente: Explotación eficiente.</li> </ul> <p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Para la hipótesis a. Variable independiente Problemas de perforación Variable dependiente Explotación deficiente.</li> <li>•Para la hipótesis b. Variable independiente Control de causas Variable dependiente Explotación eficiente</li> <li>•Para la hipótesis c. Variable independiente Alternativas de solución Variable dependiente Explotación eficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tipo Aplicado</li> <li>-Nivel descriptivo y explicativo</li> <li>-Método Científico</li> <li>-Diseño No experimental</li> </ul>