

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Propuesta de implementación del cambio de explosivo
Emulex (80,65 Y 45) a emulsión Quantex sub para la
reducción de costos de la voladura en la rampa NV175
Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa
Administradora Chungar S.A.C.**

Jordy Gustavo Canchanya Salazar
Miguel Angel Guillen Simon

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Benjamín Ramos Aranda

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater y a los docentes de la Universidad Continental, Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Minas, que guiaron con éxito nuestra formación académica, que han hecho en nosotros un profesional minero con principios y valores.

A los ingenieros de la empresa administradora Chungar S.A.C, de la unidad minera Animón, quienes nos brindaron todas las facilidades para la concretización de la presente tesis; así mismo a nuestro asesor Ing. Benjamín Ramos Aranda, que contribuyó en el enriquecimiento contextual con sus aportes y sugerencias precisas y objetivas.

A nuestros familiares principalmente a nuestros padres por su apoyo en bien de nuestra formación personal y profesional.

Jordy y Miguel

DEDICATORIA

A nuestros queridos padres y hermanos (as), por ser fuente y motivación en nuestro quehacer diario y por su apoyo incondicional y desinteresado.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.2.1. Problema general	13
1.2.2. Problemas específicos	13
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	14
1.4. Justificación e importancia	14
1.5. Hipótesis.....	15
1.5.1. Hipótesis general.....	15
1.5.2. Hipótesis específicas.....	15
1.6. Variables y operacionalización	15
1.6.1. Variable independiente.....	15
1.6.2. Variable dependiente.....	16
1.6.3. Operacionalización de variables	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes del problema.....	17
2.2. Generalidades de la unidad minera Animón	19
2.2.1. Ubicación y accesibilidad	19
2.3. Geología	20
2.3.1. Geología regional	20
2.3.2. Geología local.....	21
2.4. Estratigrafía	22
2.4.1. Formación inferior.....	22
2.5. Descripción geomecánica - litológica de la empresa administradora Chungar S.A.C. 22	
2.5.1. Aspectos geomecánicos de la empresa administradora Chungar S.A.C.	23
2.5.2. Aplicaciones de la geomecánica	24
2.5.3. Criterios de evaluación geomecánica de la empresa administradora Chungar S.A.C. 24	
2.5.4. Evaluación considerando las propiedades físicas	24
2.5.5. Evaluación considerando las propiedades geológicas	25
2.5.6. Descripción litológica utilizada en geotecnia.....	25
2.5.7. Descripción del fragmento de roca.....	26
2.6. Bases teóricas.....	31
2.6.1. Evaluación de la voladura en la unidad minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C.	31
2.6.2. Ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal	33
2.6.3. Definición de términos.....	45
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	47
3.1. Método y alcances de la investigación.....	47
3.1.1. Método de la investigación	47

3.1.2.	Alcances de la investigación	48
3.2.	Diseño de la investigación.....	48
3.2.1.	Tipo de diseño de investigación.....	48
3.2.2.	Nivel de investigación.....	48
3.3.	Población y muestra	49
3.3.1.	Población.....	49
3.3.2.	Muestra.....	49
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
3.4.1.	Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	49
3.4.2.	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	49
3.5.	Técnicas de tratamiento de datos	49
CAPÍTULO IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1.	Análisis de la implementación del cambio de explosivo Emulex (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv175 Nancy en la empresa administradora Chungar S.A.C	50
4.2.	Análisis de la implementación de una nueva malla de perforación para la reducción del costo unitario perforación y voladura en la Rampa Nv 175 Nancy de la empresa administradora Chungar S.A.C.....	62
4.3.	Análisis de la implementación del equipo mecanizado para carguío del explosivo en la rampa Nv 175 Nancy de la empresa administradora Chungar S.A.C	68
4.4.	Reducción del costo en el cambio de explosivo Emulex (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la empresa administradora Chungar S.A.C	71
	CONCLUSIONES.....	74
	RECOMENDACIONES	75
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
	ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Ubicación y accesibilidad a la unidad minera Animón.	20
Tabla N° 2: Tamaño del grano.	28
Tabla N° 3: Resistencia de la roca.	30
Tabla N° 4: Recopilación de información en la unidad minera Animón.	37
Tabla N° 5: Metodología de medición de parámetros en la unidad minera Animón.	39
Tabla N° 6: Criterios de aceptabilidad y satisfacción de la unidad minera Animón.	40
Tabla N° 7: Comparación de aportes de la empresa EXSA S.A y Orica mining services Perú S.A en la unidad minera Animón.	44
Tabla N° 8: Matriz de responsabilidades de las tareas y actividades pruebas SUBTEK.	45
Tabla N° 9: Resultados de las pruebas con Quantex Sub Forte.	55
Tabla N° 10: Voladura realizada en función al tiempo de mezcla de densidades.	57
Tabla N° 11: Resumen del análisis de fragmentación con el software SPLIT para el Quantex sub Forte.	61
Tabla N° 12: Resumen del tipo de labor, sección y tiempo para el carguío.	69
Tabla N° 13: Optimización del Costo de explosivos encartuchado vs emulsión Quantex Sub.	72

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Gestión de calidad de los resultados de la voladura en la unidad minera Animón.	34
Figura N° 2: Estrategia de trabajo y plan de seguimiento en la unidad minera Animón.	35
Figura N° 3: Esquema de análisis y resultados en la voladura.....	36
Figura N° 4: Definición de parámetros de medición KPI'S de la unidad minera Animón.	38
Figura N° 5: Software y herramientas en la unidad minera Animón.	41
Figura N° 6: Diagrama de Gantt en la unidad minera Animón.....	42
Figura N° 7: Caracterización geomecánica de la rampa Nv175 Nancy.....	52
Figura N° 8: Análisis de resultados de las pruebas con Quantex Sub Forte para 16 disparos en avance.....	53
Figura N° 9: Obtención de densidades y control de gasificación.....	56
Figura N° 10: Variación de densidades.....	57
Figura N° 11: Densidad en relación a la VOD del Quantex Sub Forte.	58
Figura N° 12: Densidad en relación a la VOD del Quantex Sub Forte.	59
Figura N° 13: Velocidad de detonación del Quantex Sub Forte Vs densidad.	59
Figura N° 14: El P80 es un indicador granulométrico acceso 400 Andalucía.	60
Figura N° 15: El P80 es un indicador granulométrico acceso 500 Gisela.	61
Figura N° 16: Perforación lineal en las coronas y taladros de alivio.....	62
Figura N° 17: Voladura controlada cámara 01 – rampa Nancy, nivel 175 abril 2019.....	63
Figura N° 18: Voladura controlada acceso 500 – rampa Nancy nivel 175 22 abril 2019.	63
Figura N° 19: Voladura controlada rampa Nancy nivel 175 - 19 marzo 2019.	64
Figura N° 20: Voladura controlada rampa Nancy nivel 175 - 19 Marzo 2019.	64
Figura N° 21: Voladura controlada acceso 500 rampa Nancy nivel 175 – 03 abril 2019.	65
Figura N° 22: Reducción de taladros del estándar con 40 taladros y lo propuesto en la voladura con 34 taladros.....	66
Figura N° 23: Reducción de taladros del estándar 44 taladros y lo propuesto en la voladura con 38 taladros.....	67
Figura N° 24: Tiempo de carguío del explosivo.	69
Figura N° 25: Camión UBT.....	70
Figura N° 26: Camioneta UBT.....	71

RESUMEN

La Empresa Administradora Chungar S.A.C, es una de las unidades de la Unidad Minera Animón, dedicada a la explotación y tratamiento de minerales polimetálicos, siendo mineral de cabeza zinc, plata, cobre y plomo. El costo operativo de voladura juega un papel importante en la producción de los tonelajes de mineral o material desbrozado en la realización de labores permanentes como rampas, para una buena elaboración del costo de voladura se debe tener criterios en el grado de variabilidad de costos fijos y variables, el tipo de roca a volar y las condiciones geomecánicas que influyen en el costo unitario de voladura.

Se evaluó el costo de la voladura de la rampa Nv175 Nancy, la perforación se relaciona con la voladura por lo cual en la perforación se vio la mejora en las piezas de perforación en función a rendimientos se controló factores y parámetros en perforación de frentes de preparación, en la voladura se evaluó el cambio de explosivo del encartuchado a explosivo Quantex Sub, el cual ayudó a reducir número de taladros en 6 unidades por frente con eficiencia del 92% y con un factor de carga de 2.78 kg/m³.

La optimización en la voladura se evaluó el cambio de explosivo del encartuchado a explosivo Quantex Sub, lo cual ayudó a reducir número en 6 unidades por frente con eficiencia del 92% y con un factor de carga de 2.78 kg/m³ y el ahorro final por el cambio de explosivo es 43.14 US\$/m

La optimización en la realización de 420 m de avance mensual se ahorraría 18118.8 dólares, relacionados a beneficios de avance, reducción de costos de la voladura.

Palabra Clave: Implementación del cambio de explosivo Emulex (80 ,65 Y 45) A emulsión Quantex Sub

ABSTRACT

The Empresa Administradora Chungar S.A.C, is one of the units of the Animón Mining Unit, dedicated to the exploitation and treatment of polymetallic minerals, being zinc, and silver, copper and lead mineral head. The operating cost of blasting plays an important role in the production of tonnages of mineral or material cleared in the realization of permanent tasks such as ramps, for a good elaboration of the cost of blasting, criteria must be had in the degree of variability of fixed costs and variables, the type of rock to be blown and the geomechanical conditions that influence the unit cost of blasting

The cost of the blasting of Ramp Nv175 Nancy was evaluated, the drilling is related to the blasting, for which in the drilling the improvement in the drilling pieces was seen in function of the yields, factors and parameters in the drilling of preparation fronts were controlled In the blasting, the change of explosive from the carton to Explosive Quantex Sub was evaluated, which helped to reduce the number of holes in 6 units per face with an efficiency of 92% and with a load factor of 2.78 kg / m³.

The optimization in the blasting was evaluated the change of explosive from the carton to Explosive Quantex Sub, which helped to reduce the number by 6 units per face with an efficiency of 92% and a charge factor of 2.78 kg / m³ and the final saving by the change of explosive is 43.14 US \$ / m

Optimizing 420 m of monthly advance would save \$ 18,118.8. Related to advance benefits, blast cost reduction.

Key Word: Implementation of Emulex Explosive Change (80, 65 and 45) a Quantex Sub Emulsion

INTRODUCCIÓN

Las empresas mineras en el Perú para lograr mayores beneficios tienden a optimizar las operaciones unitarias por ser las más importantes para extraer el mineral el cual paga la operación. La rentabilidad de un negocio minero viene dada por la cantidad de mineral a extraer en un periodo de tiempo cada vez más corto y a menor costo en función a operaciones.

La empresa administradora Chungar S.A.C, hoy día está en búsqueda de minimizar costos, por ello la perforación, voladura y acareo que viene realizando depende una serie de factores y parámetros a optimizar como también equipo, mano de obra, accesorios de perforación, herramientas, EPPs, explosivos y accesorios de voladura, insumos y etc. La tesis está dividida en los siguientes capítulos:

En el capítulo I. El problema general es lograr la implementación del cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub para la reducción de costos de la voladura en la rampa Nv175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.

En el capítulo II. Existen estudios anteriores sobre la implementación del cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub para la reducción de costos de la voladura esta investigación analiza e interpretación de datos de voladura, la interpretación del costo de voladura en función al cambio de explosivo es primordial para reducir costos sin tener efectos colaterales.

El capítulo III. El método general es deductivo y analítico para la implementación del cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub para la reducción de costos de la voladura en la rampa Nv175 Nancy tiene un criterio de mejora continua con actividades consecutivas ordenadas.

El capítulo IV. La propuesta de implementación del cambio de explosivo Emulex (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub para la reducción de costos de la voladura en la rampa Nv175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años las empresas mineras a nivel global tratan de minimizar los costos de las operaciones unitarias, tras la caída de los precios de los metales en los años anteriores, optimizar los costos de operacionales en voladura juega un papel importante en toda empresa minera.

La minería en el Perú hoy en día tiene dificultades en las operaciones unitarias principalmente en la voladura del macizo rocoso a extraer, es de suma importancia porque suma y el costo que genera esta operación unitaria es primordial sin tener una evaluación justificada puede llevar a un costo elevado la buena elección del explosivo es muy importante en la fragmentación que facilita el transporte como un buen avance del frente en metros lineal como la disminución de voladuras secundarias perjudiciales en la voladura. La elaboración de una rampa, es primordial por ser una labor permanente y primordial para la producción de mineral.

La unidad minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C. se encuentra explotando por el método de Bench And Fill y Cut And Fill.

Estos métodos de explotación se realizan por el tipo del macizo rocoso, por las condiciones geo mecánica y controles de las operaciones del equipo. La evaluación de cada factor y parámetro juega un papel importante en la reducción del costo unitario de voladura.

No siempre la adquisición de un equipo de alta velocidad de penetración y tecnología avanzada sea la respuesta principal a los problemas de productividad o de avances en las excavaciones. A menudo se tiene que evaluar aspectos técnicos para la toma de decisiones correctas por medio de las pruebas con las emulsiones, se plantean a partir

del cambio de tipo de explosivo Emulex a emulsión, en este cambio se presentó los problemas como: tiros cortados, tiros soplados, mala distribución de explosivos al momento del carguío de una labor; cabe mencionar que el uso de dos marcas de explosivos ha ocasionado confusión en el personal de mina.

Para las pruebas se tomó en cuenta el tipo de roca en las cajas techo como caja piso, porcentaje de sobre dilución y sobre rotura ya que nuestra explotación se da en vetas. También se menciona que a la empresa Exsa, evalúa con el sismógrafo y el Microtrap (VOD) que pertenece al área de perforación y voladura de la unidad minera para medir sus resultados.

Es considerable mencionar que todo proceso de producción en donde los estándares están sometidos a un proceso de mejora continua, viabilizando la mejora de cada subproceso de voladura de rocas. Son los factores técnicos los que determinan finalmente la estandarización y por ende la reducción de costos con una mayor productividad. Para ello es necesario encontrar la causa raíz del problema para ir eliminando una a una estas deficiencias y así elevar la productividad de la mina.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Será factible la implementación del cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub para la reducción de costos de la voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- a. ¿Sera factible la implementación de una nueva malla de perforación para la reducción del costo unitario perforación y voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.?
- b. ¿Será factible la implementación de un equipo mecanizado para carguío del explosivo en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.?

- c. ¿Será factible la reducción del costo en el cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la implementación del cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar la implementación de una nueva malla de perforación para la reducción del costo unitario perforación y voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.
- b. Determinar la implementación de un equipo mecanizado para carguío del explosivo en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.
- c. Determinar la reducción del costo en el cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La unidad minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C. viene teniendo deficiencias en la voladura del mineral desbrozado en la preparación de los trabajos de rampa en el Nancy Nv 175, se presentó los problemas como: tiros cortados, tiros soplados, mala distribución de explosivos al momento del carguío de una labor; cabe mencionar que el uso de dos marcas de explosivos ha ocasionado confusión en el personal de mina.

En el presente trabajo de investigación se da a conocer cómo implementar el cambio de explosivo para la reducción de costos de la voladura por medio de pruebas que ayudaron a tomar la decisión correcta en el uso del explosivo adecuado, el tipo de roca

es importante, para la elección del tipo de explosivo y el control del porcentaje de dilución y sobrerotura ya que nuestra explotación se da en vetas de variable potencia. El sismógrafo y el Microtrap (VOD) del área de perforación y voladura nos ayudan a medir la intensidad, la velocidad y la duración de las ondas de detonación de los explosivos.

Los resultados serán correlativos para su control adecuado mediante el cual se da a conocer la resistencia geomecánica del macizo rocoso.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Es viable la implementación del cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 y 45) a emulsión Quantex Sub en la rampa Nv175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a. La implementación de una nueva malla de perforación es factible y viable en la reducción del costo unitario perforación y voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.
- b. Es viable y factible la implementación de un equipo mecanizado para carguío del explosivo en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.
- c. Es viable y factible la reducción del costo en el cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la unidad minera Animón de empresa administradora Chungar S.A.C.

1.6. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Implementación del cambio de explosivo: Es la mejora de cada uno de los procedimientos que llevan a la estandarización en función a controles en la voladura y perforación del mineral desbrozado.

1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Reducción de costos de voladura: Es la minimización de costo unitario de voladura con la unidad de medición de dólares por metro de avance por medio de mediciones monetarias.

1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

PROCESO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
Variable	Definición conceptual	Dimensión	Sub - dimensión	Indicadores
VI: implementación del cambio de explosivo	Es la mejora de cada uno de los procedimientos que llevan a la estandarización en función a controles en la voladura y perforación del mineral desbrozado, evaluando la caracterización geomecánica, parámetros de perforación y voladura.	Es la mejora de cada uno de los procedimientos que llevan a la estandarización en función a controles en la voladura y perforación del mineral desbrozado.	Evaluación de la caracterización geomecánica.	<ul style="list-style-type: none"> • Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso • Familias de discontinuidades • Parámetros de las discontinuidades
			Evaluación de la perforación y voladura	<ul style="list-style-type: none"> • Factores de perforación. • Parámetros de perforación. • Consumo de explosivos. • Metros perforados
VD: Reducción de costos de voladura	Es la minimización de costo unitario de voladura con la unidad de medición de dólares por metro de avance por medio de mediciones monetarias del costo del explosivo, costo de accesorios del explosivo, costo horario del equipo, mano de obra, accesorios de perforación, insumos, herramientas y EPPs.	Es la minimización de costo unitario de voladura con la unidad de medición de dólares por metro de avance por medio de mediciones monetarias	Evaluación del costos unitarios de perforación y voladura	<p>Costos fijos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costo de adquisición. • Costo de amortización • Costo de adquisición • Costo de deprecación. <p>Costos variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Salario del operador • Costo de las piezas de perforación • Costo de los EPPs • Costo de herramientas • Costo de explosivos

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En la tesis de Tancaillo, Edgar; titulado Reducción y optimización de costos operativos en perforación y voladura Minera Yanaquihua S.A.C.E.E. Adgeminco S.A.C. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para la reducción de los costos operativos de perforación y voladura. Además, la metodología tiene las siguientes conclusiones: (1)

- Los principales factores de optimización de los estándares de perforación y voladura y en general del ciclo de minado, con un seguimiento y control operativo y la capacitación y creación de conciencia. (1)
- EL analizar permanentemente la reducción de los costos operativos de mina ya que es directamente proporcional a la magnitud de producción de la mina (tonelaje de mineral a producir, metros de avance programados en desarrollos o metros cúbicos de roca estéril a desplazar), por ende, es proporcional al consumo.
- La reducción total en costos operativos por la optimización de las operaciones unitarias de minado y por los ahorros en la eliminación de la voladura secundaria y el incremento en la vida de los aceros de perforación ascienden a un monto al año. (1)

En la tesis de Calderón, Marco Antonio; titulado Optimización de las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción de la minería de mediana escala (Unidad minera Macdesa)". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para la implantación del uso de modelos y nuevas técnicas de perforación y voladura e implementar estos en los niveles de avance y producción (2). Además, la metodología tiene las siguientes conclusiones: (2):

- El trabajo que se realiza en las operaciones unitarias donde están implicados desde un obrero hasta el superintendente es muy importante, ya que todos tienen el mismo fin de realizar la perforación y voladura de manera correcta y sin incidentes en avance y producción (2).
- El diseñar de la malla de perforación y voladura en base a las clasificaciones geomecánicas, permite optimizar la distribución de energía, con mucha más precisión, que de manera común o empleando otros modelos matemáticos (2).
- La optimización de estas operaciones unitarias y tener un material mejor fragmentado facilita la limpieza, carguío, acarreo, transporte y molienda del material (2).

En la tesis de Pocahuala, Mayra; titulado Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares en perforación y voladura, caso de la empresa especializada Mincotrall S.R.L. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para la determinar la influencia de la actualización de estándares en perforación y voladura en los frentes de avance para la optimización de costos (3). Además, la metodología tiene las siguientes conclusiones: (3):

- Los nuevos estándares actualizados se lograron disminuir en un 10%, respecto a los costos unitarios de perforación y voladura, monto significativo que permitirá a la empresa ahorrar para gastos de capital (3).
- La aplicación constantemente en el criterio de calidad y estándar a todas las empresas especializadas y empresas mineras, especialmente en la pequeña minería (3).
- Los trabajos de investigación a los estudiantes del noveno y décimo ciclo mediante convenios con las pequeñas minerías a fin de incrementar la competitividad de los estudiantes en minería (3).

En la Tesis de Navarro, Ludtwin; titulado Optimización de la perforación y voladura con nuevo diseño de malla en el Crucero 10014 de la empresa minera Marsa, presenta como objetivo del estudio el aportar una metodología experimental apropiada para la optimización de las operaciones de perforación y voladura, mediante un nuevo diseño de malla de perforación (4). La metodología tiene las siguientes conclusiones: (4):

- La constante capacitación y supervisión al personal, acerca del nuevo diseño de malla de perforación y voladura, para así remediar las dificultades en el bajo rendimiento de la voladura (4).

- La obtención de buenos resultados de la perforación y voladura se debe marcar el frente, distribuir bien los taladros de arranque y alivio según el nuevo diseño de malla y se obtendrá un buen avance lineal (4).
- Los controles geomecánicos periódicos, para tener datos actualizados y comportamiento del cruce 10014 (4).
- La perforación en media guardia, que es el descanso para que no haya deficiencia de aire y así tener un buen paralelismo y un óptimo tiempo de perforación (4).

En la tesis de Gonzales, Goana; titulado Optimización de la voladura, mina La Virgen de la compañía minera San Simón S.A. - Huamachuco Trujillo tiene como objetivo del estudio el de aportar una metodología experimental apropiada para la optimización de la perforación y voladura y reducción de los costos de la operación de voladura, en los tajos de explotación (5). Además, la metodología tiene las siguientes conclusiones: (5):

- La disminución de la cantidad de explosivos por metro lineal, en la columna explosiva en los taladros de 25 kg/ml a 20 kg /ml. mejorará notablemente la calidad de la granulometría ya que no requiere de voladura secundaria (5).
- La fragmentación requerida se obtiene aplicando una relación de Burden y espaciamiento menor a 1 en un patrón de malla triangular, aumentando el factor de potencia y la detonación de cada taladro en tiempos diferentes. Además, la distribución de carga en el taladro influye notablemente en el resultado en la fragmentación de la roca (5).
- El cambio de mallas para diferentes tipos de rocas, la malla triangular se aplica en roca dura la cual es muy efectiva ya que proporciona la mejor distribución de la energía del explosivo en la roca. En ejecución de su trabajo rompedor eliminando voladuras secundarias y granulometría excesiva no planeada (5).

2.2. GENERALIDADES DE LA UNIDAD MINERA ANIMÓN

2.2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La unidad minera Animón, está ubicada en el flanco oriental de la cordillera occidental, políticamente se ubica en el distrito de Huayllay en la Región Cerro de Pasco.

Tabla N° 1: Ubicación y accesibilidad a la unidad minera Animón.

Ruta	Distancia (km)	Carretera	Tiempo Aproximado (H)
Lima a la Oroya	110	De la ciudad de Lima en línea recta por la carretera central hasta llegar ciudad de La Oroya.	Se tiene un viaje aproximadamente de cinco horas.
La Oroya a la unidad minera Animón	194	De la ciudad de La Oroya por la carretera central, hasta llegar al distrito de Huayllay continuar recto noroeste de la carretera central hasta llegar a Cochamarca.	El tiempo de viaje es aproximadamente de 3 horas, en llegar a la unidad minera Animón

Fuente: Elaboración propia – Datos tomados del informe elaborado por el área de geología de la empresa administradora Chungar S.A.C.

La unidad minera Animón tiene una altitud de 4380 metros sobre el nivel del mar, con las siguientes coordenadas U.T.M geográfica:

- N 8 780 728
- E 344 654.

2.3. GEOLOGÍA

2.3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la región de la unidad minera de Animón-Huarón están constituidos por sedimentitas de ambiente terrestre de tipo molásico conocidos como Capas Rojas, rocas volcánicas andesíticas y dacíticas con plutones hipabisales (6).

En la región abunda las capas rojas pertenecientes al grupo Casapalca que se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de la cordillera occidental desde la divisoria continental hacia el este y está constituido por areniscas arcillitas y margas de coloración rojiza o verde en estratos delgados con algunos lechos de conglomerados y esporádicos horizontes lenticulares de calizas grises, se estima un grosor de 2,385 metros datan al cretáceo superior terciario inferior (Eoceno) (6).

En forma discordante a las capas rojas y otras unidades litológicas del cretáceo se tiene una secuencia de rocas volcánicas con grosores variables constituido

por una serie de derrames lávicos y piroclastos mayormente andesíticos, dacíticos y riolíticos pertenecientes al grupo Calipuy que a menudo muestran una pseudoestratificación subhorizontal en forma de bancos medianos a gruesos con colores variados de gris, verde y morados. Localmente tienen intercalaciones de areniscas, lutitas y calizas muy silicificadas que podrían corresponder a una interdigitación con algunos horizontes del grupo Casapalca. Datan al cretáceo superior-terciario inferior (Mioceno) y se le ubica al suroeste de la unidad minera Animón. (6).

Regionalmente ocurre una peneplanización y depósitos de rocas volcánicas ácidas tipo “ignimbritas” tobas y aglomerados de composición riolítica que posteriormente han dado lugar a figuras caprichosas producto de una meteorización diferencial conocida como Bosque de rocas datan al plioceno (6)

Completan el marco geológico-geomorfológico una posterior erosión glacial en el pleistoceno que fue muy importante en la región siendo el rasgo más elocuente de la actividad glacial la creación de grandes cantidades de lagunas (6).

2.3.2. GEOLOGÍA LOCAL

El yacimiento de la unidad minera Animón litológicamente está conformado por sedimentitas que reflejan un periodo de emersión y una intensa denudación. Las capas rojas del grupo Casapalca presentan dos ciclos de sedimentación: El ciclo más antiguo es el más potente con 1,400 a 1,500 metros de grosor y el ciclo más joven tiene una potencia de 800 a 900 metros. Cada ciclo en su parte inferior se caracteriza por la abundancia de conglomerados y areniscas, en su parte superior contienen horizontes de chert, yeso y piroclásticos. La gradación de los clastos y su orientación indican que los materiales han venido del Este, probablemente de la zona actualmente ocupada por la cordillera oriental de los Andes (6).

En el distrito minero se distinguen dos formaciones bien marcadas: Formación inferior y formación superior.

2.4. ESTRATIGRAFÍA

2.4.1. FORMACIÓN INFERIOR

Está conformado por tres unidades:

- Unidad Inferior

Está constituida por margas y areniscas, se ubica en la parte central y más profunda del anticlinal de la Unidad Minera Animón. Su grosor debe sobrepasar los 800 metros (6).

- Unidad Media

Aflora en el flanco este del anticlinal y es continuo por varios kilómetros con un grosor de 485 mts” (6). Se distinguen los siguientes horizontes:

- a. Horizonte base: Conformada por el conglomerado Bernabé que es un “metalotécto” importante de la región con un grosor de 40 metros y está constituido por clastos de cuarcita de 10 cm. de diámetro y matriz arenosa.
- b. Horizonte central: Constituido por areniscas y margas rojas tiene una potencia de 420 metros.
- c. Horizonte techo: Metalotécto” calcáreo chertico de Sevilla y Córdoba de color violáceo y gris claro, masivo, lacustrino con un grosor de 25 metros.

- Unidad Superior

En la base tiene 5 niveles de conglomerados que juntos alcanzan un grosor de 80 metros. Sus sedimentos son detríticos provenientes de la erosión de la unidad media; se tienen grandes bloques de chert “redepositados”, sigue una secuencia de areniscas moradas y niveles calcáreos. En total esta unidad tiene un grosor de 300 metros (6).

2.5. DESCRIPCIÓN GEOMECÁNICA - LITOLÓGICA DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

En un suelo de rocas sedimentarias muy fragmentadas y alteradas por acción meteórica e hidrotermal, con excavaciones subterráneas que superan una profundidad de 450 m, se encuentra en la empresa administradora Chungar S.A.C, a 4600 msnm en Región Cerro de Pasco del Perú; el sostenimiento de rocas fue un procedimiento difícil, lento y

no adecuado, hasta que se empezó a utilizar Shotcrete y pernos de compresión y fricción axial (6).

La unidad minera Animón está situada en la parte central de la cordillera de los andes del Perú, donde la temperatura es muy variable desde $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en las noches hasta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el día; con una temperatura ambiente medio de $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las condiciones climáticas y de la roca haría pensar que las condiciones de explotación sería una tarea de difícil proceder, pero el empleo de Shotcrete y pernos de compresión y fricción axial la hace en realidad más fácil (6).

Junto con las condiciones climáticas que dificultan el trabajo, el macizo rocoso está compuesto por rocas sedimentarias muy incompetentes que aunado al agua subterránea que circulan por los poros y fisuras, estas son muy difíciles de controlar ante el desprendimiento o caída de rocas. Con labores de explotación (tajos) de hasta 20 m de ancho, 5.5 m de alto y 150 m de largo, asegurar la estabilidad de las labores tiene alta prioridad (6).

2.5.1. ASPECTOS GEOMECÁNICOS DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

En la unidad minera Animón, la roca es muy incompetente, de acuerdo a las evaluaciones geomecánicas, se presenta rocas de muy mala calidad, donde hacen que nuestra principal preocupación sea el riesgo de caída de rocas, derrumbes y / o asentamientos de gran magnitud (6).

El espaciado de las juntas es entre 0.05 m a 0.30 m, las familias de discontinuidades es de 5, la resistencia es menor a 15 MPa en las cajas y menor de 60 MPa en el mineral, la alteración es intensa en las cajas y moderado en el mineral, el relleno de fisuras es por arcillas y limpia, las aguas subterráneas es por goteo en las cajas y flujos en la estructura mineralizada; para el control y su estabilización usamos una capa de 2" de concreto lanzado (Shotcrete) como elemento preventivo de sostenimiento y como sostenimiento definitivo a los pernos compresión y fricción axial de 7 pies para mantener confinado el macizo rocoso (6).

Se tiene mucho cuidado de examinar y definir las aberturas máximas, los tiempos de auto-soporte, y determinar el distanciamiento entre perno y perno.

2.5.2. APLICACIONES DE LA GEOMECÁNICA

La principal aplicación es en la minería y obras de ingeniería subterránea; para el cual se requiere de la utilización de los principios, metodologías de la mecánica de rocas, para un adecuado diseño y ejecución de obras o proyectos desde la investigación preliminar, análisis, diseño, planeamiento, control y ejecución en los trabajos de exploración, desarrollos y métodos de explotación minera; además, de la selección de equipos, maquinarias, explosivos y otros (6).

2.5.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

Para la evaluación del yacimiento consideramos los siguientes principios y metodologías:

- Evaluación considerando las propiedades físico mecánicas de las rocas.
- Evaluación considerando las propiedades geológico ingenieriles.
- Calificación de los macizos rocosos mediante la aplicación de los sistemas de clasificación geomecánica.
- Determinación del diseño y tipo de sostenimiento.

2.5.4. EVALUACIÓN CONSIDERANDO LAS PROPIEDADES FÍSICAS

- **Mecánicas de las rocas**

Sobre la base teórica definida por Hooke, y el criterio de ruptura de Mohr-Coulomb, la geomecánica establece parámetros intrínsecos para calificar las propiedades de resistencia y deformación de las rocas:

- Módulo de Young
- Módulo de Poisson
- Cohesión
- Índice de fricción
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción

2.5.5. EVALUACIÓN CONSIDERANDO LAS PROPIEDADES GEOLÓGICAS

- **Ingenieriles de las rocas**

Las propiedades geológicas requeridas para caracterizar el macizo rocoso, debe tener en cuenta la composición heterogénea de la roca producto de su génesis y procesos naturales que la han afectado; esta caracterización geológica consiste en definir:

- Los distintos tipos de roca presentes en el área investigada y su distribución espacial; ésta evaluación es a nivel de fragmento rocoso.
- Además, la evaluación del macizo rocoso, donde se contempla la magnitud y orientación de las discontinuidades, la alteración, las aguas subterráneas y los efectos geodinámicos.
- Es muy importante el amplio conocimiento de la geología para la realización de la geomecánica; ya que esta es la base para los estudios previos y la toma de decisiones; por lo tanto, considero que no se puede hacer geomecánica sin el conocimiento geológico previo. Como ejemplo el origen de las rocas por su composición, génesis, historia, así como su distribución en la corteza terrestre.

2.5.6. DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA UTILIZADA EN GEOTECNIA

Para fines científicos, las rocas se pueden describir en términos de la composición, textura química y origen mineral. La clasificación de las rocas según su origen conduce a los grupos ya bien conocidos: rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. Esta clasificación científica es más adecuada para los fines de la geología, pero no ha dado resultados satisfactorios cuando el principal objetivo es conocer la resistencia mecánica de la roca a partir de la clasificación y descripción (6).

Las descripciones geológicas no consideran el estado de meteorización de las rocas; de hecho, es difícil determinar la mineralogía y la química de rocas muy meteorizadas y los geólogos tienden a concentrarse en la búsqueda de especímenes o muestras nuevas. El primer requerimiento para fines geotécnicos es un informe sobre la resistencia y comportamiento mecánico del macizo rocoso, el verdadero nombre geológico de la roca no tiene gran importancia, pero aún se asienta en las descripciones geotécnicas porque la composición química

y mineralógica de la roca determina su comportamiento frente a la meteorización bajo diferentes condiciones climáticas (6).

El macizo rocoso se describe en términos de índices. Algunos de éstos son puramente descriptivos, por ejemplo, el color, la textura, el estado de alteración, etc.; los demás se miden in situ o mediante pruebas de laboratorio, por ejemplo la porosidad, resistencia, densidad relativa, o se basan en las características a gran escala dentro de la masa rocosa como son el fracturamiento, clivaje, planos de debilidad, así como los planos de estratificación en las rocas sedimentarias (6).

La mecánica de rocas o geomecánica es la ciencia que intenta describir y predecir las propiedades y el comportamiento del macizo rocoso. La mecánica de suelos estudia las arcillas y el material granular, que se le conoce generalmente como roca suave entre los geólogos. Para la geotecnia, la descripción se divide en dos partes, descripción del fragmento de la roca y descripción del macizo rocoso (6).

2.5.7. DESCRIPCIÓN DEL FRAGMENTO DE ROCA

La roca es una mezcla de ciertas especies minerales, formada por la naturaleza. En una roca dura estos minerales están firmemente unidos; las formas y orientación (determinada o irregular), establecen la resistencia o consistencia de la roca. La roca fragmentada, no consolidada, está constituida también por distintos minerales, principalmente variedades de minerales arcillosos, hidróxidos de hierro y cantidades variables de minerales originales parcialmente fragmentados. Algunos son muy resistentes a la desintegración en determinados climas, otros se desintegran con relativa facilidad. La masa total rocosa es una mezcla de minerales originales (primarios) no descompuestos y minerales secundarios producidos por los procesos químicos de descomposición o alteración (6).

2.5.7.1. Índices del fragmento de roca

Para la una buena evaluación Geomecánica se debe evaluar los siguientes índices: Color, raya, crucero, fractura, tenacidad, forma cristalina, brillo, peso específico, diafanidad, tamaño del grano, textura, factor de textura, estructura, dureza, grado de alteración,

resistencia, durabilidad, porosidad, relación de poros, permeabilidad primaria y secundaria, entre otros” (6).

- **Color:** Consiste de tres componentes: matriz, intensidad y valor, es lo generalmente conocido (por ejemplo, rojo), intensidad es el calificador (por ejemplo, rojizo), agregado al matiz y el valor es un parámetro muy amplio (claro u oscuro). La tabla 1 señala los términos empleados.
- **Dimensiones del grano:** Es el mismo concepto que se utiliza en la descripción de suelos y otros materiales no consolidados. El método empleado para la clasificación de tamaños se basa en una serie de mallas o cribas estándar, pero para poder describir la roca sólida, ésta se debe cortar en secciones delgadas y transparentes para examinarlos bajo la luz de los microscopios utilizados en Petrología. Es muy difícil obtener las dimensiones de un grano a partir de una sección delgada, porque al cortar dicha sección se puede haber cortado una parte del cristal y, por lo tanto, éste no aparece completo en la sección. Las secciones transversales de alargados no muestran su longitud real. Se utilizan métodos estadísticos para medir el tamaño del grano de rocas en secciones delgadas. Los cristales mayores de 60 μm de tamaño se pueden ver sin la ayuda del microscopio. La roca que contiene granos menores que este tamaño se clasifica de grano fino. Algunas rocas están compuestas claramente por minerales de dos tamaños diferentes de grano (6).
- **Textura, factor de textura y estructura:** Estos términos se utilizan de diferentes maneras en los libros de texto de geología; por lo que, es necesario definir cada uno de ellos para su uso en geotecnia. La textura se refiere a los granos individuales de minerales, su tamaño, forma y grado de cristalización. El factor de textura es la relación entre los granos, la manera como están distribuidos dentro de la roca (6).

Tabla N° 2: Tamaño del grano.

Término	Tamaño del grano	Grado equivalente de suelos
	Grano muy grueso	>60 mm bloques y cantos rodados
	Grano grueso	2 a 60 mm grava
	Grano medio	60 µm a 2 mm arena
	Grano fino	2 a 60 µm limo
	Grano muy fino	< 2 µm arcilla

Fuente: Tomado del informe “The description of rock masses for engineering purposes (Anon., 1977).

En algunas rocas los minerales están orientados en forma irregular, pero en las metamórficas los cristales planos o alargados presentan un arreglo con orientación paralela (pizarras y esquistos). La estructura se refiere a una escala mayor de rasgos de las rocas, por ejemplo, algunas tienen la misma apariencia en toda la masa rocosa (son homogéneas), otras poseen capas de diferente composición mineral, lo que da a la roca un aspecto bandeado, lo cual se denomina exfoliación (6).

- **Textura:** Cristalina, cripto-cristalina (cristalina ya cuando se ve con el microscopio, granular (como el azúcar), amorfa (no tiene forma definida) y vítrea.
- **Factor de textura:** Minerales con orientación variable, esquistosidad orientación paralela. La orientación de los cristales o granos se puede determinar mediante la identificación y medición de las posiciones de los ejes cristalográficos con la ayuda de un microscopio petrológico.

El procedimiento requiere de mucho tiempo por lo que es poco frecuente su empleo en geotécnia. No obstante, la orientación de los minerales es un factor determinante de la consistencia de la roca. Los granos de minerales con orientación irregular hacen que la roca tenga una consistencia o resistencia isotópica se debe a la orientación regular de los minerales planos o alargados o exfoliación. Hay varios grados de alineación en los minerales, cuya fluctuación va desde muy obvia, pudiéndose medir con transportador y brújula, hasta una alineación parcial poco

notable, la cual solo se puede detectar con la ayuda de un microscopio para petrología (6).

- **Meteorización:** Es el resultado de procesos mecánicos en o cerca de la superficie terrestre, cuando los minerales originales (primarios) se descomponen y se forman otros (secundarios). Los procesos de disolución pueden remover el material del cuerpo de la roca, haciendo poroso (6).

La descomposición de las rocas que contienen hierro produce minerales secundarios de color rojo, amarillo o café, cuya presencia en una roca indica su estado de meteorización. Las rocas meteorizadas tienen menor resistencia mecánica que las nuevas. Los últimos 10 m de roca del terreno, presentan normalmente diversos estados de meteorización, disminuyendo en intensidad hacia abajo, generalmente, pero no siempre. Puede haber nódulos de roca altamente meteorizada, circundaría por roca ligeramente meteorizada (6).

Los macizos rocosos de granito caolinizado a menudo presentan esta estructura irregular de meteorización.

- **Resistencia:** Es importante distinguir entre la resistencia de un fragmento y la de la masa total de la roca, la cual está determinada principalmente por la frecuencia y orientación de las discontinuidades. La resistencia se mide mediante pruebas in situ y de laboratorio. Las pruebas comunes son: Resistencia a la compresión no confinada, de carga de punto, Schmidt de rebote y del cono dentado.
- **La dureza de la roca:** No debe confundirse con la escala de dureza de Mohs (1 a 10) que se emplea en la descripción de minerales. En algunas rocas con dureza superficial elevada (por ejemplo, la obsidiana o vidrio natural) no se pueden hacer ranuras, hacer, pero pueden ser muy frágiles y astillarse cuando se les golpea con un martillo de geólogo debido a que su resistencia al impacto es débil.

2.5.7.2. Índices que pueden ser determinados mediante pruebas

Que requieren poca o nula preparación de la muestra:

- **Dureza o resistencia:** Se mide por el grado de rebote de un martillo de acero en una superficie preparada de roca. La prueba Schmidt de rebote de martillo da una cifra de rebote que se puede correlacionar con la resistencia a la compresión uniaxial cuando se toma en cuenta la densidad en seco.

Tabla N° 3: Resistencia de la roca.

Resistencia A la compresión No confinada MN m⁻²
Término (Mpa) estimación de la dureza en el campo
Muy resistente > 100 roca muy dura, requiere más de un golpe con martillo para romper el espécimen.
Resistencia 50 a 100 roca dura, se puede romper una muestra de mano con un solo golpe del martillo.
Moderadamente resistente 12.5 a 50 roca suave, se hacen agujeros de 5 mm con el extremo afilado de un martillo
Moderadamente débil 5.0 a 12.5 roca demasiado dura para cortarla con la mano para lograr un espécimen triaxial.
Débil 1.25 a 5.0 roca muy suave, el material se desmenuza bajo los golpes del martillo.
Roca muy débil o 0.60 a 1.25 frágil o tenaz, se rompe en la mano con dificultad.
Muy compacta 0.30 a 0.60* el suelo se puede marcar con la uña
Compacta 0.15 a 0.30 no se puede moldear el suelo con los dedos
Firme 0.08 a 0.15 el suelo se puede moldear sólo mediante fuerte presión de los dedos.
Suave 0.04 a 0.08 el suelo se moldea fácilmente con los dedos.
Muy suave < 0.04 el suelo se escurre entre los dedos cuando se presiona con la mano.

* La resistencia a la compresión para los suelos mencionados arriba son el doble de la resistencia al cortante no confinada.

Fuente: The descripción of rock masses for engineering, (Anon., 1977).

2.6. BASES TEÓRICAS

2.6.1. EVALUACIÓN DE LA VOLADURA EN LA UNIDAD MINERA ANIMÓN DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

Cada operación minera o de ejecución de obras de infraestructuras con explosivos, tienen prioridades, requisitos y objetivos particulares propias a la organización que las ejecuta, y al entorno del sitio donde se ubican por lo tanto existe la necesidad de priorizar tanto las actividades y metas o resultados específicos de la operación (7).

En general en voladuras superficiales o subterráneas al utilizar cargas explosivas se tiene un componente alto de riesgos inherentes a los productos utilizados, pero necesarios para romper las rocas y ejecutar las explotaciones mineras o construcción de proyectos de infraestructuras civiles, dado que el fin es eliminar cortando o excavando una parte de una formación rocosa, y es necesario inducir daño y fragmentación a la roca para su movilización (carguío y transporte) en un proceso operacional con maquinaria (7).

La técnica de fragmentación tanto subterránea como superficial de rocas con explosivos implica perforar taladros de voladura correctamente espaciados (horizontales, verticales hacia arriba o abajo, en anillos), cargar cada taladro con explosivos y luego detonar las cargas educadamente secuenciadas, para obtener los mejores resultados de voladura, es esencial que todos los taladros se perforen de acuerdo con el patrón de perforación preestablecido, asimismo toda la gama de una gran cantidad de factores, variables controlables y no controlables, que implica el proceso de voladura, deben ser inspeccionados, controlados, registrados por fases para asegurar una detonación óptima y de alto rendimiento (7).

La elección de los equipos de perforación es otro componente importante (la elección de diámetro de perforación es nuestra especialidad) y somos expertos en evaluar lo que más convenga para cada particular operación en cuanto al sistema de carguío, el tipo de explosivo y sistema de iniciación electrónica, eléctrica, pirotécnica, sistema fuego, para ello contamos con una unidad de ingeniería, equipada con instrumentación y plataforma de software especializados, cuyo staff de profesionales tiene gran conocimiento y técnicas de vanguardia en base a estudios minucioso de la roca, la condición estructural,

la optimización de la ingeniería, el diseño de malla es nuestra especialidad, así como el diseño de la carga de la columna del blasthole (7).

Es importante también para la toma de decisiones técnicas la configuración del entorno donde se ejecuta el proyecto para determinar el nivel de ingeniería y equipamiento asociado a la realización de las voladuras, el ámbito social y comunitario, como el medio ambiente juegan un papel preponderante para los programas y la planificación de la ejecución (7).

a. Las operaciones de voladura incluyen:

- Evaluación de la voladura a través de los KPI.
- Evaluación de la voladura P80, con diámetro de fragmentación pasante 80%, definida por la unidad minera.
- Evaluación del carguío de explosivos en el taladro.
- Evaluación de las voladuras masivas controladas en vibraciones, flyrock, stockpile, ruido.
- Evaluación de la voladura de construcción (corte en roca para infraestructuras civiles).
- Evaluación de la voladura de las operaciones mineras y/o de explotación de canteras.
- Evaluación de la voladura controlada y de alta precisión, control de pared y/o excavación de zapatas en roca fija.
- Evaluación de la voladura con niveles de vibración crítica.
- Evaluación de la voladura de precorte (pre-stripping, pre-splitting, smooth blasting) sin sobre rotura (overbreack) y daño.

b. Evaluación de la voladura por KPI

Cada operación minera, o de ejecución de obras de infraestructuras con explosivos, tienen prioridades, requisitos y objetivos particulares propias a la organización que las ejecuta, y al entorno del sitio donde se ubican por lo tanto existe la necesidad de priorizar tanto las actividades y metas o resultados específicos de la operación, como el manejo ambiental, la fragmentación P80 de la operación, mínima vibración VPP del suelo, mínima sobre presión por onda aérea airblast, atender problemas de estabilidad y control de daño por voladuras, mínima sobre-rotura y

eliminación de la sobre-excavación, una dilución reducida, o maximización de la recuperación (7).

2.6.2. AHORRO GARANTIZADO PRUEBAS EN DESARROLLO HORIZONTAL

Cuantificar los ahorros y potenciales beneficios entregado por el uso de las nuevas tecnologías disponibles en el campo de la voladura realizando un proceso comparativo de los resultados medidos en las etapas de levantamiento línea base (emulsión encartuchada) y pruebas de emulsión a granel mecanizada Subtek Charge y Control), para esto se identificarán los indicadores más representativos del proceso como el avance efectivo y sobrerotura de los disparos, adicionalmente se cuantificará el tiempo de ciclo y costos asociados al proceso (8).

El presente estudio se realizará en la unidad minera Animón se considera un total de 56 voladuras de desarrollo de horizontal que son llevadas por CIA y empresas especializadas Los disparos comprometidos tienen que enmarcarse en un mismo sector litológico el mismo tipo de sección 40 X 40 m; 40 X 45 m; 45 X 45 m y 50 X 50 m, que el levantado en la línea base (8).

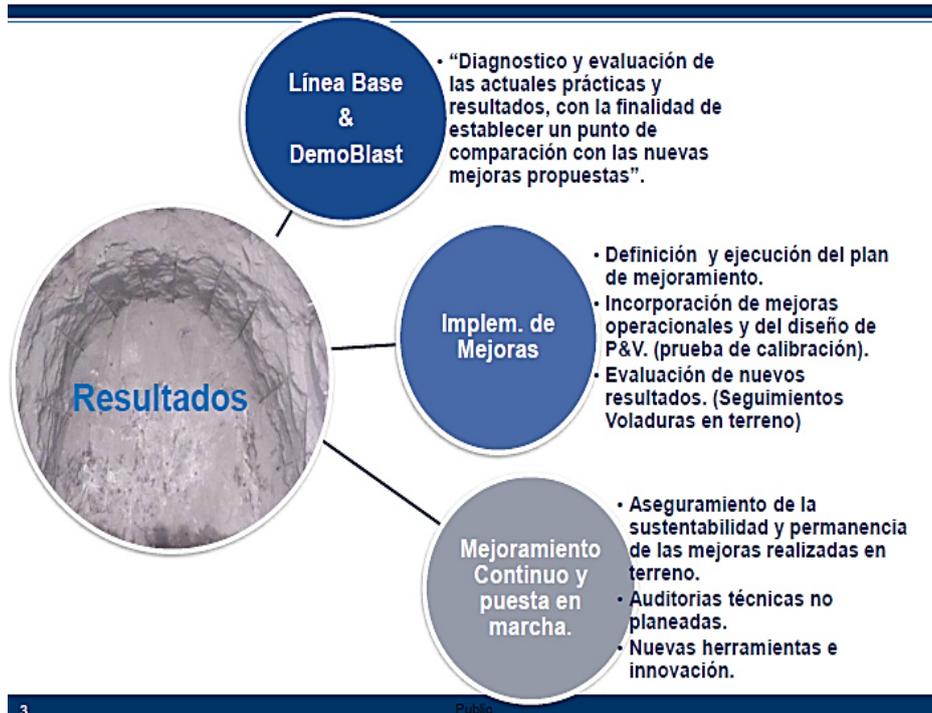
a. Gestión de calidad

La gestión de calidad en función a resultados se da en tres fases:

- Línea base en relación a demoblast.
- Implementación de mejoras.
- Mejoramiento continuo y puesta en marcha.

En la siguiente figura se muestra la gestión de calidad.

Figura N° 1: Gestión de calidad de los resultados de la voladura en la unidad minera Animón.



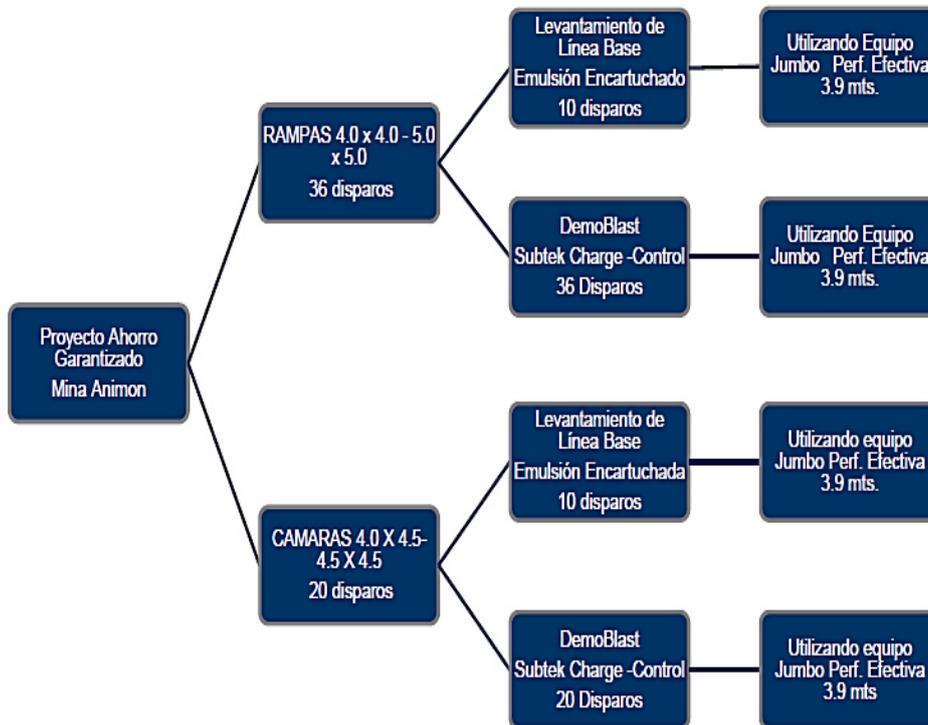
Fuente: Informe elaborado por el área de voladura de la empresa administradora Chungar S.A.C.

b. Estrategia de trabajo y plan de seguimiento

La estrategia de trabajo y plan de seguimiento se realizó en función a dos labores de trabajo en rampas y cámaras.

En la siguiente figura se muestra la estrategia de trabajo y plan de seguimiento.

Figura N° 2: Estrategia de trabajo y plan de seguimiento en la unidad minera Animón.



Fuente: Informe elaborado por el área de voladura de la empresa administradora Chungar S.A.C.

c. Esquema de trabajo

La segmentación del esquema de trabajo de la unidad minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C, consta de tres segmentos y son:

1. Protocolo de actividad.
2. Recopilación de datos y seguimiento.
3. Análisis y resultados.

En la siguiente figura se muestra el esquema de trabajo

Figura N° 3: Esquema de análisis y resultados en la voladura.



Fuente: Informe de voladura elaborado por la empresa Orica Mining Services Peru S.A especializada en voladura realizada en la unidad minera Animón.

d. Recopilación de información

Los parámetros que influyen en la voladura son:

1. La perforación
2. Carguío
3. Ventilación
4. Extracción
5. Sostenimiento

Tabla N° 4: Recopilación de información en la unidad minera Animón.

ETAPA	PARÁMETRO	INFORMACIÓN REQUERIDA AL CLIENTE
1	Perforación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metros perforados por diseño. ▪ Costo unitario de perforación. ▪ Costo aceros de perforación. ▪ Costo metro de túnel desarrollado.
2	Carguío	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo Cuadrilla de trabajo. ▪ Consumo de explosivo.
3	Ventilación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo energía [USD/hr] ▪ Consumo ventilador [kw/hr] ▪ Costo Mantención.
4	Extracción	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo extracción. ▪ Costo operador scoop. ▪ Capacidad real transporte. ▪ Rendimiento extracción.
5	Sostenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo Sostenimiento. (pernos, malla, shotcrete)

Fuente: Informe de voladura elaborado por la empresa Orica Mining Services Peru S.A especializada en voladura realizada en la unidad minera Animón.

e. Definición de parámetros de medición KPI'S

Para la medición de los parámetros se tiene cuatro criterios:

- Avance efectivo.
- Sobrerotura final
- Tiempo de ciclo
- Costo asignado al ciclo

En la siguiente figura se muestra la definición de parámetros de medición KPI'S

Figura N° 4: Definición de parámetros de medición KPI'S de la unidad minera Animón.



Fuente: Informe de voladura elaborado por la empresa Orica Mining Services Peru S.A especializada en voladura realizada en la unidad minera Animón.

f. Metodología de medición de parámetros

Tabla N° 5: Metodología de medición de parámetros en la unidad minera Animón.

PARAMETRO		OBJETIVO	METODOLOGÍA MEDICIÓN
IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑO PRE-VOLADURA			
1.	Marcaje Topográfico [und] [mts] [hrs]	Cuantificar el grado de aceptabilidad y calidad del marcaje de la frente.	Medir desviación de la distribución de los taladros. Cuantificar cantidad de taladros según diseño. Medición de tiempo de marcaje. Completar planilla estándar.
2.	Perforación [mts] [hrs]	Cuantificar el grado de aceptabilidad y calidad de la perforación.	Medir longitud perforada. Medir desviación de los taladros. Medición de tiempo de perforación. Completar planilla estándar.
3.	Carguío de Explosivo [hrs]	Cuantificar el grado de aceptabilidad y calidad del carguío.	Visualizar y cuantificar cantidad de explosivo utilizado en la frente. •Configuración de carga. •Configuración de taco. •Densidad explosivo. (SUBTEK) •Verificar tiempos de retardos. •Medición tiempo de carguío.
RESULTADOS POST-VOLADURA			
4.	Gases [Hrs]	Cuantificar tiempo de permanencia de gases	Medición de forma continua con chequeador de gases. Información cruzada libro de gases.
4.	Avance Efectivo [mts]	Cuantificar avance del disparo.	Medición con levantamiento topográfico. (medición tres puntos en la frente a la altura de la gradiente.
5.	Sobrerotura final [m ²]	Cuantificar geometría final del disparo.	Levantamiento topográfico de perfiles de forma transversal al eje de la labor. (01 perfil por disparo)
6.	Fragmentación [p80]	Cuantificar fragmentación final.	Análisis digitalización fotográfica referencial.
7.	Extracción [hrs]	Cuantificar el tiempo asignado para la extracción.	Medición mediante monitoreo y registro de baldadas realizadas por el scop.

Fuente: Informe de voladura elaborado por la empresa Orica Mining Services Peru S.A, realizada en la unidad minera Animón.

g. Criterios de aceptabilidad y satisfacción

Las variables de control y criterios de aceptabilidad se evaluó la pre voladura y post voladura en la siguiente tabla se muestra los criterios de aceptabilidad y satisfacción de la voladura.

Tabla N° 6: Criterios de aceptabilidad y satisfacción de la unidad minera Animón.

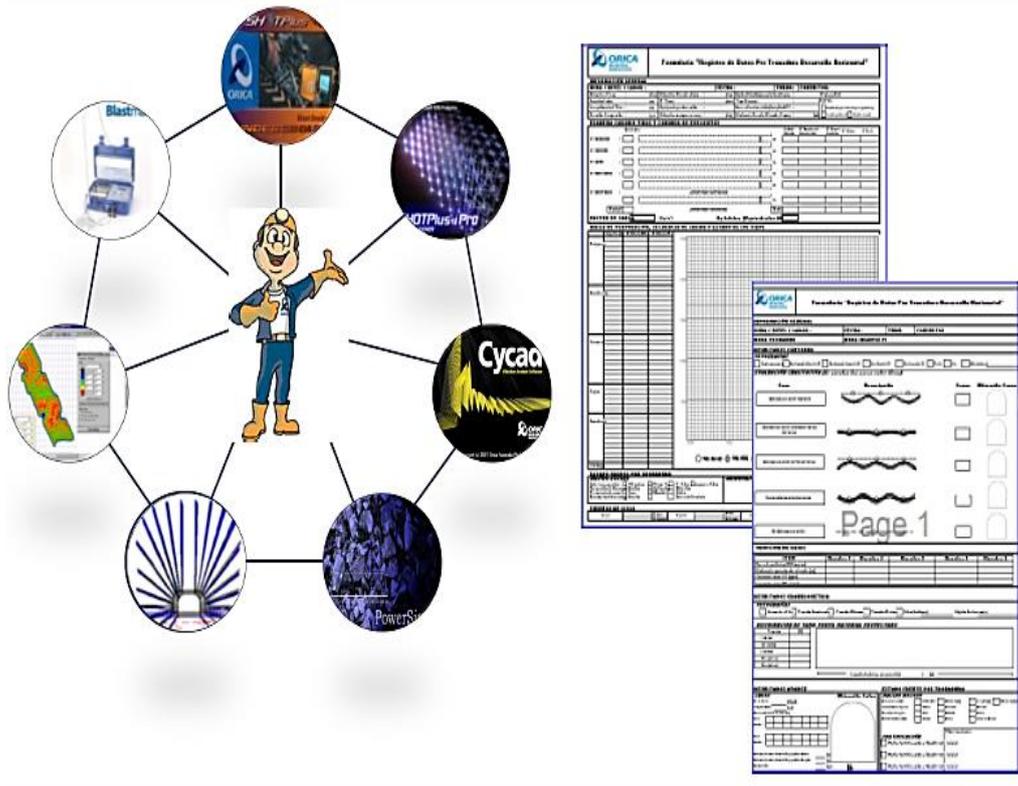
Variables de Control	Criterios de Aceptabilidad y Satisfacción
<i>PRE-VOLADURA</i>	
Marcaje	
Replanteo de diseño en terreno	5 y 10 [cm] según sector de la frente
Perforación	
Desviación de Empate arranque	<= a 1 vez el Ø
Desviación de Empate resto del disparo	<= a 2 veces el Ø
Desviación Angular del tiro	2° [Lpmax]
Longitud de perforación	Lpmax/20 = 5 %
Carguio	
Carguio y Secuencia	100% según diseño.
<i>POST-VOLADURA</i>	
Avance efectivo	95%
Sobrerotura final	10% de sobre o sub quiebre
Formación de pilares o cuñas	0%

Fuente: Informe de voladura elaborado por la empresa Orica Mining Services Peru S.A especializada en voladura realizada en la unidad minera Animón.

h. Software y herramientas

El software y herramientas de control de la voladura es importante para mejorar y corregir parámetros de voladura en la unidad minera Animón, empresa administradora Chungar S.A.C

Figura N° 5: Software y herramientas en la unidad minera Animón.



Fuente: Informe de voladura elaborado por la Empresa Orica Mining Services Peru S.A especializada en voladura realizada en la unidad minera Animón.

Carta Gantt asociada al proyecto puede sufrir modificaciones previa reunión con el cliente. Una vez delineados los aspectos logísticos y operacionales se velarán por el cumplimiento para la realización del proyecto.

- (1) Se cuenta con pases de todo el personal y equipos.
- (2) Este escenario contempla 56 Voladuras de DS HZ de túneles. Estas voladuras se realizarán durante los turnos de día.
- (3) Caso línea base considera un máximo de 10 voladuras (emulsión encartuchada)
- (4) Al término del proyecto, deberá existir una discusión y validación de los resultados obtenidos por el grupo de trabajo.
- (5) Semanalmente se definirá 01 día para analizar los avances del proyecto.

j. Aportes empresa brindadora de explosivos Orica para la Unidad minera Animón empresa administradora Chungar S.A.C

Se elaboró una comparación de aportes de la unidad minera Animón empresa administradora Chungar S.A.C y orica mining services Perú S.A empresa especializada en la venta de explosivos.

A continuación, se presenta la comparación de aportes de Orica mining services Perú S.A y la unidad minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C

Tabla N° 7: Comparación de aportes de la empresa EXSA S.A y Orica mining services Perú S.A en la unidad minera Animón.

APORTE DE ORICA	APORTE DE CHUNGAR
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo de medición y herramientas. (Cámara Fotográfica, Planillas estándar para recopilación de información) ▪ 01 Laptop para el traspaso y análisis de los datos. ▪ Software análisis. ▪ 01 Camioneta diesel doble tracción 4x4. (Traslado de personal a interior Mina) ▪ 01 Equipo MCU(Merlo telehandler) ▪ 01 Equipo MCU(Normet) standby ▪ 01 Mecánico para realizar seguimiento a equipo MCU. ▪ 03 Operadores MCU ▪ 01 Supervisor para la medición, recopilación & procesamiento de información, considerando para línea de pruebas de interior – mina/ por voladura. (turno día). ▪ Entrega de diseño de carguío con subtek. ▪ 01 Especialista Senior Latam .(Visita Puntual) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seguimientos en terreno. (apoyo con personal para validación) ▪ Medición Avance efectivo del disparo. (Apoyo topográfico) ▪ Medición geometría excavación. (Apoyo topográfico) ▪ Abastecimiento de combustible para camioneta y Equipo MCU. ▪ Coordinar las autorizaciones necesarias para poder ingresar a realizar seguimientos. ▪ Planos de ubicación para determinar la ubicación de los disparos. (dwg coordenadas mina). ▪ Información tablero de monitoreo de gases. ▪ Autorizaciones y pases para la visita a Mina. ▪ Cursos de inducción.

Fuente: Informe de voladura por el área de operaciones de la empresa administradora Chungar S.A.C

k. Matriz de responsabilidades.

(1) Traslado de los explosivos y accesorios para cebo -conexiones a la labor será por parte de la empresa administradora Chungar S.A.C.

(2) El frente deberá ser entregado máximo perforado y cebado con una hora antes como mínimo del horario de disparo.

Tabla N° 8: Matriz de responsabilidades de las tareas y actividades pruebas SUBTEK.

N°	Tareas y actividades pruebas SUBTEK	Responsable
1	Definición de los sectores de diagnóstico	Chungar
2	Definición y solicitud de antecedentes necesarios para el estudio	Orica
3	Entrega de antecedentes solicitados	Chungar
4	Definición de Diseño de perforación sección y equipo de perforación.	Orica /Chungar
5	Definición de diseño de carga de las voladura	Orica /Chungar
6	Definición de diseño secuencia de la voladura	Orica/Chungar
7	Revisión y aprobación de Diseño de carga y secuencia de la voladura	Chungar
8	Entrega de la frente (sostenido, ventilado, limpieza arrastre y limpieza de taladros)	Chungar
9	Cebado y presentación del frente	Chungar
10	Carguío de columna de carga emulsión Subtek en frente	Orica
11	Operación Unidad de bombeo (calibración, trasvasije, y pruebas de densidad)	Orica
12	Amarre e Chispeo del frente	Chungar
13	Entrega de detalle de carguío	Orica/Chungar
14	Medición de KPI's (seguimiento en terreno)	Orica/Chungar
15	Seguimiento a la implementación del diseño	Orica/Chungar
16	Revisión de resultados	Orica/Chungar
17	Presentación Final	Orica
18	Coordinaciones y autorizaciones de ingreso y retiro de equipos para personal Orica	Chungar

Fuente: Informe de voladura por el área de operaciones de la empresa administradora Chungar S.A.C

2.6.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- 1. Autoridad minera:** Es el Ministerio de Minas y Energía o, en su defecto, la autoridad nacional, que de conformidad con la organización de la administración pública y la distribución de funciones entre los entes que la integran, tienen a su cargo la administración de los recursos mineros, la promoción de los aspectos atinentes a la industria minera, la administración del recaudo y distribución de las contraprestaciones económicas, con el fin de desarrollar las funciones de titulación, registro, asistencia técnica, fomento, fiscalización y vigilancia de las obligaciones emanadas de los títulos y solicitudes de áreas mineras (9).
- 2. Gases nitrosos NO y NO2:** Son derivados de diferentes óxidos de nitrógeno. Se encuentra como mezcla en diferentes concentraciones como producto habitual de las voladuras en los frentes. Estos dos gases no se separan nunca en esta situación, por lo que hay que reconocerlos juntos, aunque los porcentajes varíen constantemente. Producen la muerte por

edema pulmonar, por lo que es preciso tener cuidado en los momentos inmediatos a la pega y conviene regar la carga de tierra para disolverlos. Se detectan mediante tubos colorimétricos. Sus características más importantes son de olor acre (9).

3. **Gases esenciales:** En minería, el aire atmosférico y el oxígeno, los gases indispensables para las actividades en interior mina.
4. **Gases explosivos:** En minería, gases que en altas concentraciones forman mezclas explosivas con el aire: metano (CH₄); monóxido de carbono (CO, explosivo en concentraciones entre 13 y 75%) y C₂H₂ y H₂S (9).
5. **Nonel:** Sistema de detonación de explosivos, "No Eléctrico", utilizado en minas con menas metálicas, pues no es sensible a la corriente eléctrica (es decir, no puede ser activado por chispas eléctricas o descargas eléctricas generadas por campos electromagnéticos, tempestades, cargas estáticas, corrientes inducidas por emisores de radio, entre otras) como los sistemas convencionales de detonación (estopines o detonadores eléctricos). Para las voladuras con un sistema nonel se utiliza un detonador (de cualquier tipo, que no necesariamente debe ser eléctrico) y los tubos nonel (que son detonados por una onda de choque, sin corriente eléctrica) (9).
6. **Voladura:** Ignición de una carga masiva de explosivos. El proceso de voladura comprende el cargue de los huecos hechos en la perforación, con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma (9).
7. **Voladura controlada:** Patrones y secuencias de voladura diseñados para mejorar un objetivo particular. Voladura en la cual cada hoyo es detonado en una secuencia progresiva para reducir las vibraciones y la dirección de proyección. Voladura donde los hoyos son cargados a la vez, pero son detonados en sucesivas voladuras en días separados (9).

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

a. Método general o teórico de la investigación

Se emplea como método general el método deductivo y analítico. Método deductivo, deducir la optimización de los costos unitario de voladura, es el óptimo para la mina; que se analizará mediante datos de campo insitu y equipo utilizado. El método analítico se utilizó para análisis de la voladura realizados en los trabajos de desarrollo rampa Nancy Nv 175.

b. Método específico de la investigación

El Método es descriptivo: a partir de la información general de geología, geomecánica y el área de operaciones de acuerdo a la programación de planeamiento que establece día a día, mes a mes en el periodo a corto plazo o largo plazo, se recopiló datos de la perforación, voladura del mineral desbrozado en el consumo de explosivos, equipos de perforación factores y parámetros en la labor in situ en términos técnico económicos en la voladura del mineral desbrozado. Se determinó la reducción de los costos en la voladura en la preparación de la rampa Nancy Nv 175.

3.1.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los diversos criterios de investigación, la presente tesis es de tipo aplicada. La investigación realiza la utilización y aplicación de los conocimientos, así como teorías que ya se han desarrollado en las investigaciones básicas, porque de su uso dependen de los resultados y conclusiones que se van a obtener. La presente investigación se fundamenta en las ciencias básicas, como ciencias, matemáticas, mecánica, economía y tecnología. La investigación como ciencia aplicada se interesa en los estudios geológicos, geomecánicos, operacionales y planeamiento.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación de la presente tesis es aplicada porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Además, busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías

En la investigación no se manipuló o trató de alterar las variables. Solo nos enfocamos en investigar y observar los parámetros operacionales y económicos en la operación minera para luego analizar e interpretar la productividad en la implementación del método de minado sublevel stoping con taladros largos en la Veta 11.

GNO: 01 (T1, T2, T3, T4)

02 (T1, T2, T3, T4)

GNO: 01 y 02

Es un tipo de investigación aplicada, porque el objetivo de la investigación es la optimización de la operación unitaria de voladura que se puede aplicar para la empresa, reducir el costo operacional en la voladura para aumentar la producción evitando minimizando pérdidas operativas en el desarrollo de la rampa Nv 175.

3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es de nivel descriptivo ya que existe un interés en explicar una relación en el comportamiento entre las variables, en ese sentido trata de explicar de qué

manera la propuesta de cambio de explosivo de Emulex (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv175 Nancy, se reduce el costo de operación unitaria en voladura por medio de la interrelación de variables, factores y parámetros de voladura.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

Desarrollo de las labores principales denominadas rampas en la Unidad Minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C.

3.3.2. MUESTRA

La rampa Nancy del Nv 175 de la unidad minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

La presente investigación se realizó la recolección de datos en campo in situ mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales en la operación unitaria de voladura para el desbrozado de material.

3.4.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la investigación se ha utilizado como instrumento de campo, cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro, y herramientas de gestión de la unidad minera Animón de la empresa administradora Chungar S.A.C.

3.5. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE DATOS

Realiza la recolección de datos de la perforación y voladura, de los factores y parámetros, control de uso y consumo utilizando programa Excel, de las tesis se extrajo la formulación de la optimización en la voladura, libros y laptop para el procesamiento de los datos y así obtener resultados concretos y verídicos del campo in situ.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CAMBIO DE EXPLOSIVO EMULEX (80 ,65 Y 45) A EMULSIÓN QUANTEX SUB EN LA RAMPA NV175 NANCY EN LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C

- Por lo general, las empresas mineras suministran los materiales explosivos a las empresas especializadas, para luego descontarles de sus respectivas valorizaciones.
- En caso de construcción de nuevos proyectos mineros nuevos, o algunas operaciones mineras, la empresa especializada debe suministrarse por cuenta y costo dichos materiales. Para ello, primeramente, debe realizar todos los trámites respectivos de las autorizaciones de uso de explosivos, funcionamiento de polvorines, compra y traslado de explosivos, ante la SUCAMEC.
- Muchas veces, se comete error en el cálculo de precios de explosivos puestos en polvorín mina, ya que no se considera los gastos del flete y custodia policial de los explosivos trasladados.

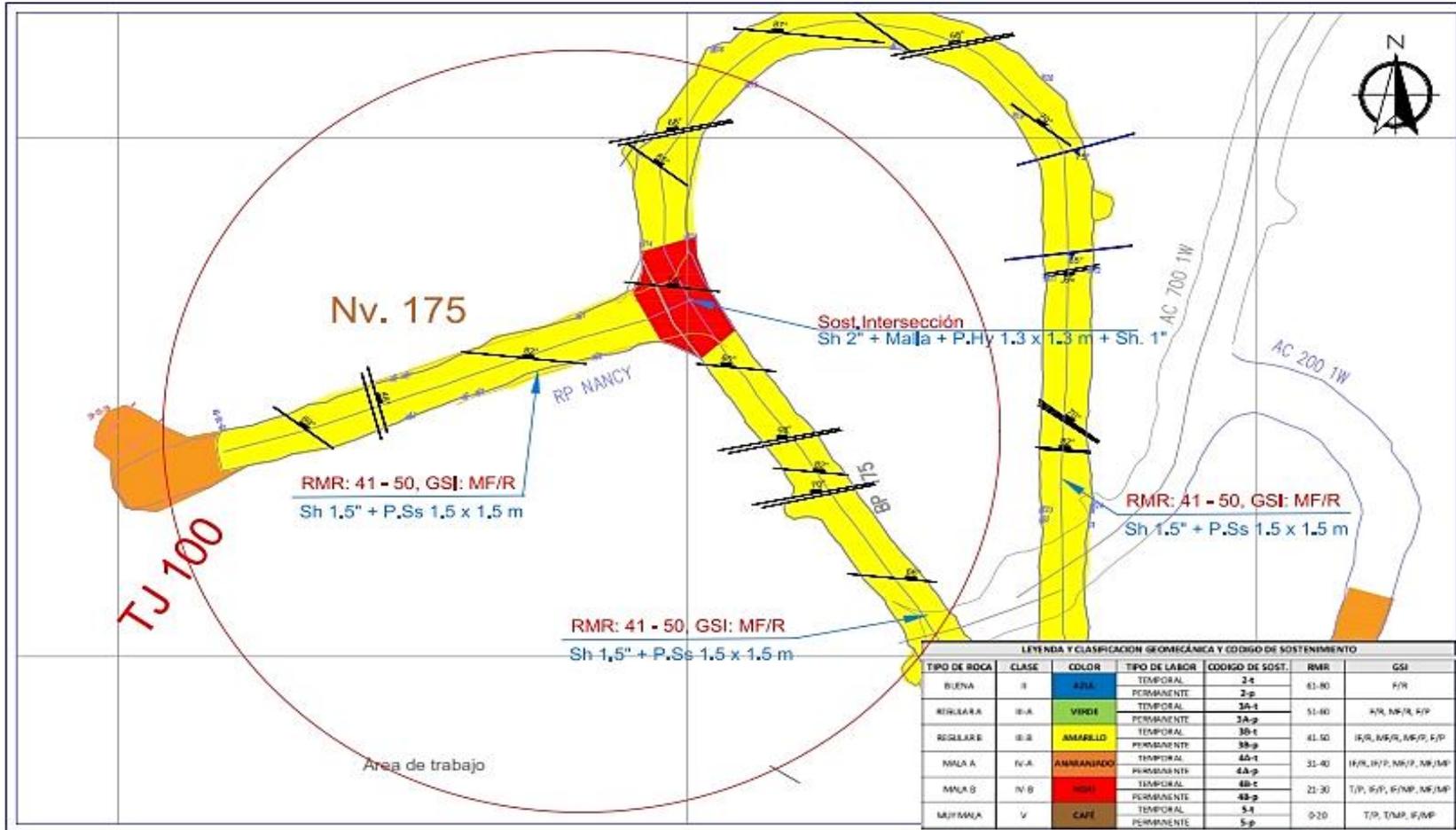
a. Análisis del cambio de explosivo de encartuchado vs emulsión Quantex Sub.

Se realizó la visita técnica a la empresa administradora Chungar S.A.C, desde el 28 de febrero al 25 de abril, consistiendo en realizar pruebas con emulsión gasificada Quantex Sub Forte [3 ton] que viene a ser una emulsión matriz bombeable que adicionándole soluciones ácidas y sales especiales definen la

densidad final del explosivo utilizándose de acuerdo a la calidad del macizo rocoso.

En la siguiente figura se muestra la caracterización geomecánica de la Rampa Nv175 Nancy.

Figura N° 7: Caracterización geomecánica de la rampa Nv175 Nancy.



Fuente: Informe de perforación y voladura por el área de operaciones mina de la empresa administradora Chungar S.A.

En esta oportunidad se enviaron 3 toneladas de Quantex Sub Forte, llegando a realizar 16 voladuras en diferentes labores con calidades de roca de 30 hasta 50 de RMR, obteniendo resultados respecto a avance, control de sobre excavación, reducción de tiempo de carguío, fragmentación, calidad de gases, entre otros.

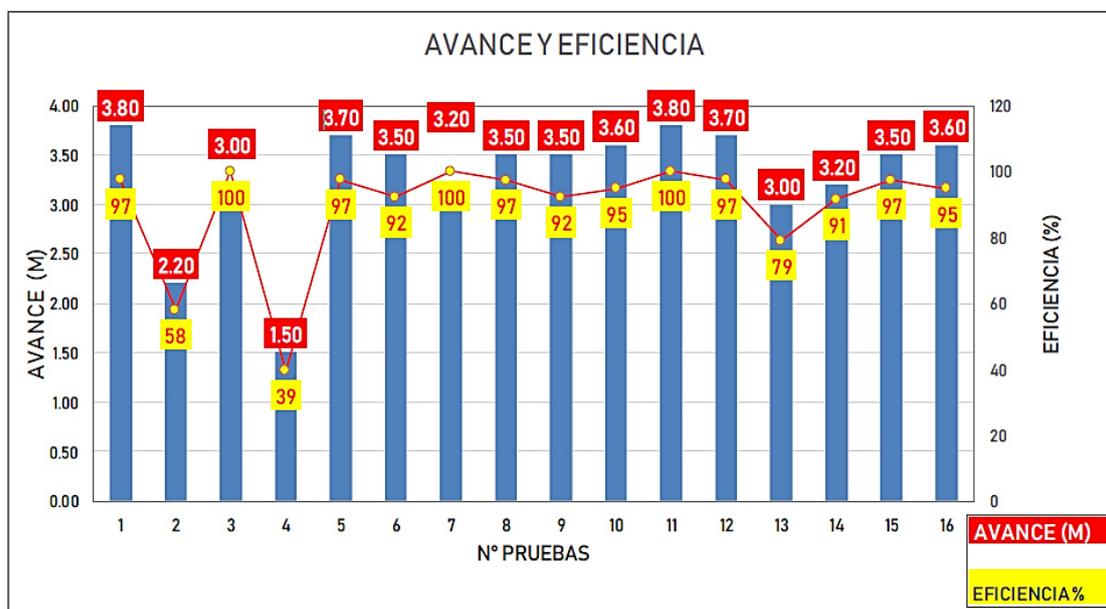
b. Criterios del cambio de explosivo de encartuchado vs emulsión Quantex Sub

- Realizar pruebas con emulsión gasificada Quantex Sub en labores de preparación y desarrollo.
- Proponer un carguío mecanizado con equipo UBT en la unidad minera Animón y determinar los beneficios obtenidos con este nuevo producto Quantex.

1. Análisis de resultados de las pruebas con Quantex Sub Forte

Con los 3000 kg enviados se logró realizar 16 disparos en la cual se adjunta los siguientes resultados, los dos disparos deficientes fueron por razones operativas de perforación y complicaciones de la roca para lo cual se tomó artificios o cambios en las mallas de perforación y Voladura consecutivos.

Figura N° 8: Análisis de resultados de las pruebas con Quantex Sub Forte para 16 disparos en avance.



Fuente: Empresa Exsa s.a. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima: Empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

En la siguiente tabla se muestra resultados de las pruebas con Quantex Sub Forte, parámetros de perforación, voladura y la eficiencia del disparo como el factor de carga.

Tabla N° 9: Resultados de las pruebas con Quantex Sub Forte.

N°S DE DISPAROS	Unds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		PRIMERA FASE							SEGUNDA FASE								
Labor		RP 125	CA 03 RP 100	RP 300	RP 300	ACC 500	CAM 03 RP 125	CAM 01 ACCESO 400	CAM 01 ACCESO 500	RP 100	ACCESO 500	ACCESO 500	ACCESO 500	ACCESO 500	RP 300	RP 050	
Fecha		29-Mar	30-Mar	30-Mar	31-Mar	2-Abr	3-Abr	18-Abr	18-Abr	19-Abr	21-Abr	21-Abr	22-Abr	23-Abr	24-Abr	24-Abr	26-Abr
Veta		ANDALUCIA	JANET	LORENA	LORENA	GISELA	ANDALUCIA	GABY	ANDALUCIA	GABY	GISELA	SPLIT 225	GISELA	GISELA	RAMAL PISO 3	LORENA	GABY
Nivel		125	75	310	310	50	125	50.00	3950	50	50	50	50	50	3950	310	50
Turno		Día	Día	Día	Día	Día	Noche	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día
Ancho	m	4.00	4.00	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	3.50	4.00	3.50	4.00	3.50	3.50	3.50	4.00	4.00
Alto	m	4.50	4.00	4.50	4.50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.50	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50
RMR		40	40 - 50	30 - 40	40	40 - 50	40	50	30	50	50 - 60	30 - 40	50 - 60	50 - 60	30 - 40	40 - 50	40 - 50
Longitud de Perforación	m	3.90	3.80	3.00	3.80	3.80	3.80	3.20	3.60	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.50	3.60	3.80
Taladros Cargados (48 mm)	unid	44	35	41	40	40	40	34	29	34	34	36	34	34	34	38	38
Taladros de Alivio (48 mm)		9	5	5	5	5	5	2.00	4.00	0.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Taladros Rimados (101mm)	unid	4	4	4	4	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
EXPLOSIVOS																	
QUANTEX SUB FORTE	kg	224	164	155	190	220	210	170	145	187	200	220	200	170	150	170	195
Emulex 80 1% x12"	Carts	44	35	41	40	44	44	38	33	38	38	40	38	38	38	42	42
Explosivo Total	kg	236	173	166	201	232	222	180	154	197	210	231	210	180	160	181	206
RESULTADOS																	
Avance	m	3.80	2.20	3.00	1.50	3.70	3.50	3.20	3.50	3.50	3.60	3.80	3.70	3.00	3.20	3.50	3.60
Eficiencia	%	97	58	100	39	97	92	100	97	92	95	100	97	79	91	97	95
Factor de carga	kg/tn	1.28	1.82	1.14	2.75	1.66	1.47	1.30	1.16	1.30	1.54	1.25	1.50	1.59	1.32	1.06	1.18
	kg/m3	3.45	4.92	3.07	7.43	4.47	3.96	3.52	3.14	3.52	4.17	3.37	4.06	4.29	3.57	2.88	3.18
	kg/m	62.02	78.76	55.22	133.73	62.61	63.33	56.27	43.93	56.31	58.35	60.68	56.78	60.02	50.02	51.75	57.26
Tiempo de Carguio	min	57	35	45	40	50	40	45	45	45	35	45	43	36	40	54	40

	Av.ance (m)	Eficiencia(%)
Promedio Primera Fa	2.95	81
Promedio Segunda Fa	3.46	94

Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima: Empresa administradora Chungar S.A.C. 2019.

Las eficiencias de la primera fase en los disparos 2 y 4 (58 % y 39 %) se dieron por factores operativos, perforación con radio de curvatura y el otro fue por comunicación de un arranque alternativo utilizado (rompe boca).

2. Obtención de densidades y control de gasificación in situ

Al iniciar la operación de carguío se controla el proceso de gasificación in situ de la emulsión, la densidad final depende de la cantidad de reactivos que se mezclan con la emulsión lo que varía de acuerdo con el reactivo sensibilizador, acidez de la emulsión y temperatura.

Figura N° 9: Obtención de densidades y control de gasificación.



Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

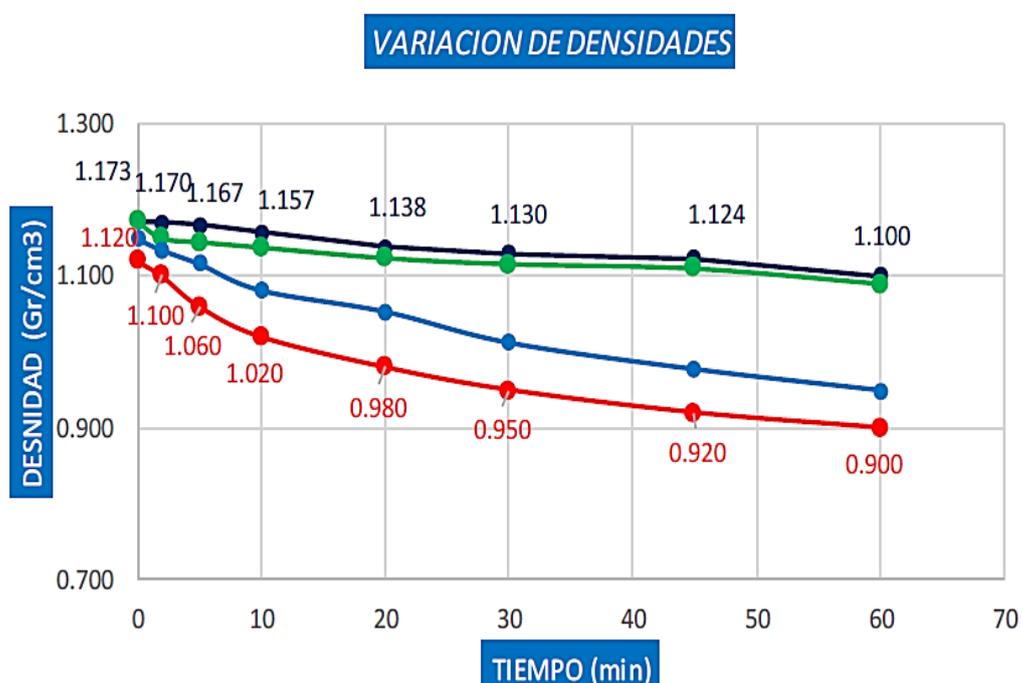
Tabla N° 10: Voladura realizada en función al tiempo de mezcla de densidades.

VOLADURAS REALIZADAS	Tiempo [MIN]							
	0	2	5	10	20	30	45	60
VOLADURA 2 abril - Producción	1.173	1.170	1.167	1.157	1.138	1.130	1.124	1.100
VOLADURA 2 abril - Coronas	1.150	1.135	1.117	1.082	1.054	1.013	0.978	0.950
VOLADURA 3 abril - Producción	1.172	1.150	1.145	1.138	1.124	1.116	1.110	1.090
VOLADURA 3 abril - Coronas	1.120	1.100	1.060	1.020	0.980	0.950	0.920	0.900

Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

En la siguiente figura se muestra a más tiempo pasa la mezcla se vuelve más denso.

Figura N° 10: Variación de densidades.



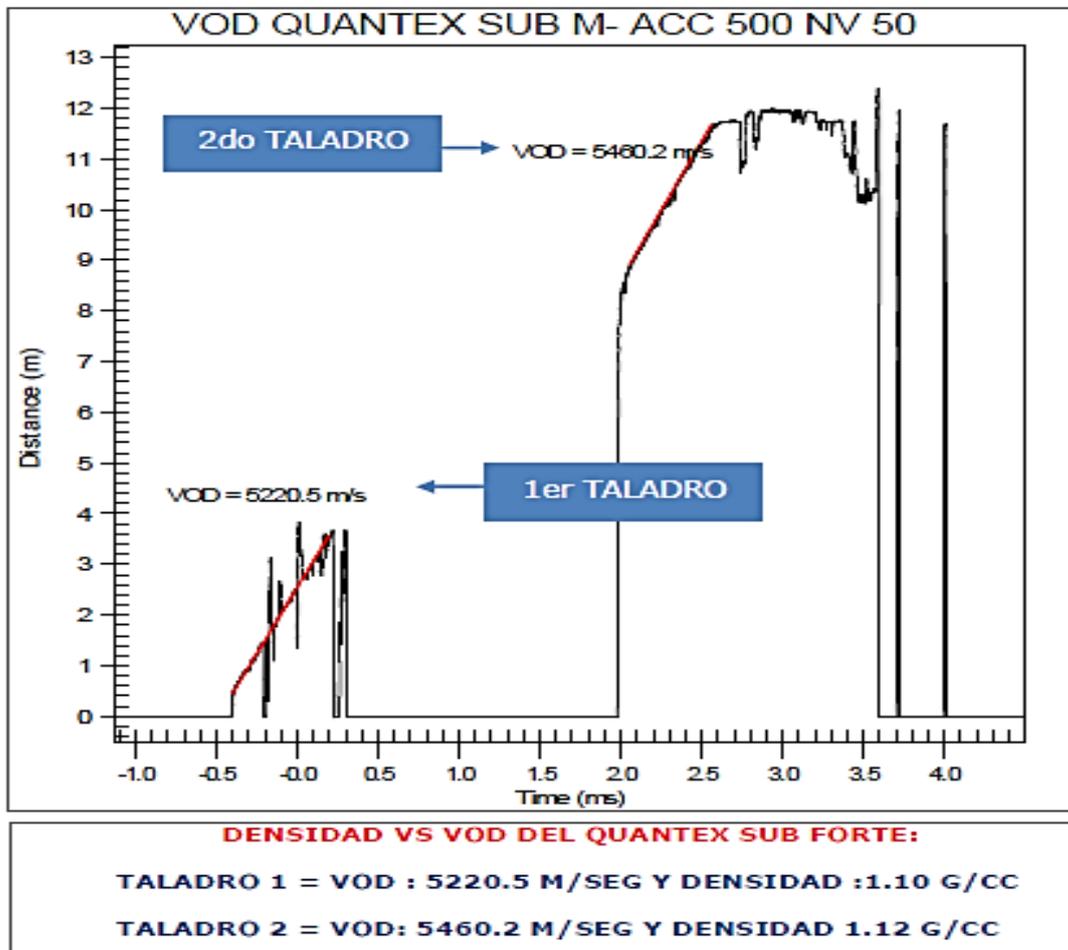
Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

3. Medición de velocidad de detonación vs densidad

La medición de VOD del Quantex Sub Forte fue con 2 cebos o iniciadores Emulex 80 1 ¼ x 12" por taladro.

- Medición 01:

Figura N° 11: Densidad en relación a la VOD del Quantex Sub Forte.



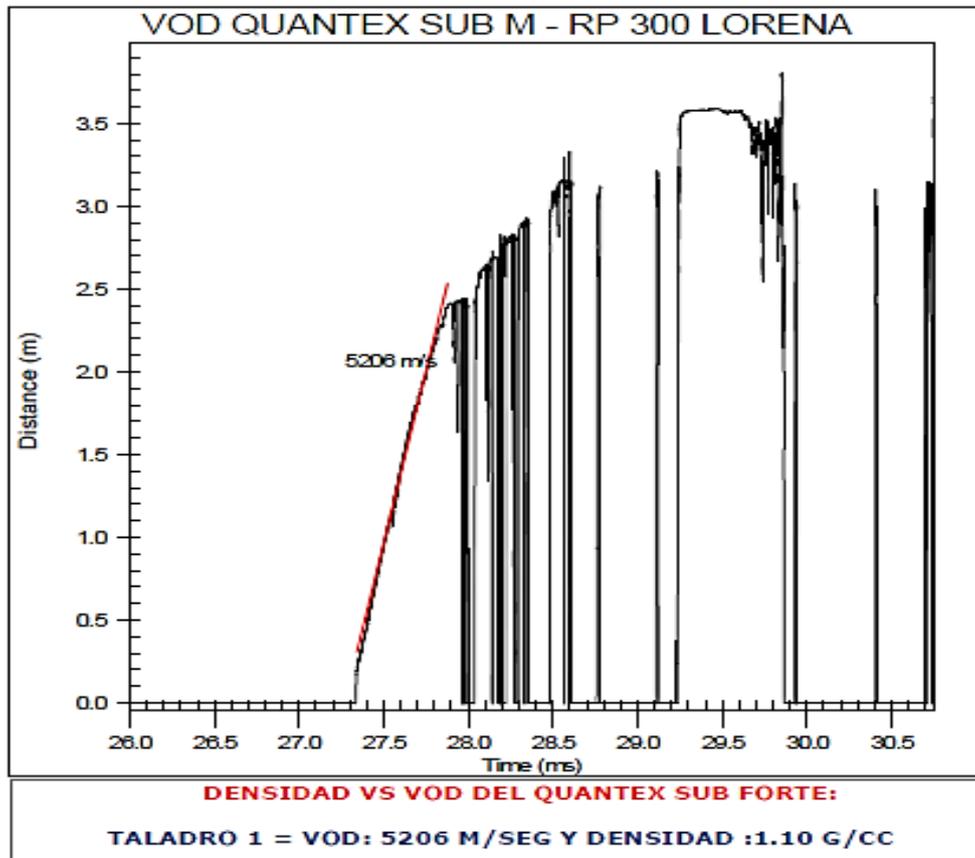
Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

Debido a la dificultad del terreno por las características geológicas, fracturas y cambios de medios del macizo rocoso se aplicó 2 cebos por taladro para mayor seguridad en la salida del arranque.

- Medición 02:

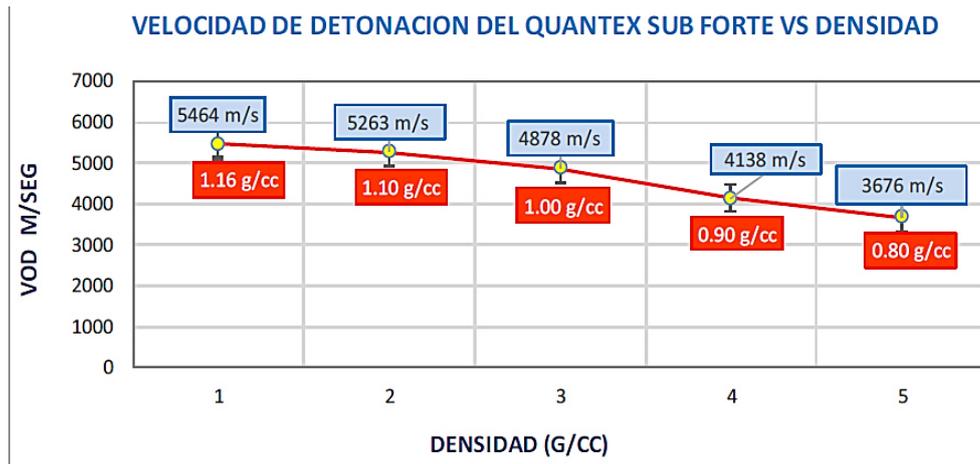
La medición de VOD del Quantex Sub Forte fue con 2 cebos o iniciadores Emulex 80 1 ¼ x 12" por taladro.

Figura N° 12: Densidad en relación a la VOD del Quantex Sub Forte.



Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

Figura N° 13: Velocidad de detonación del Quantex Sub Forte Vs densidad.

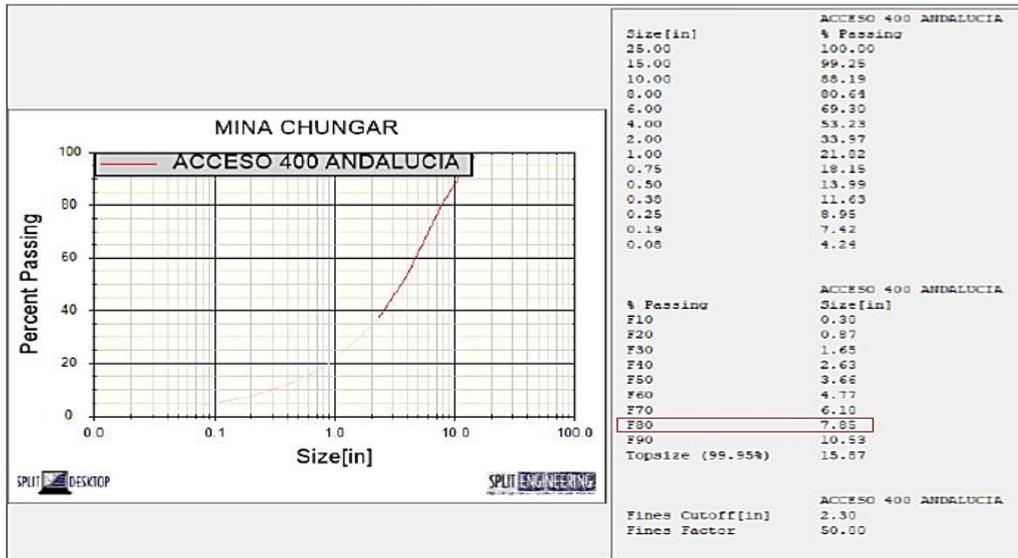


Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

4. Fragmentación de la voladura en la rampa Nancy del nivel 175

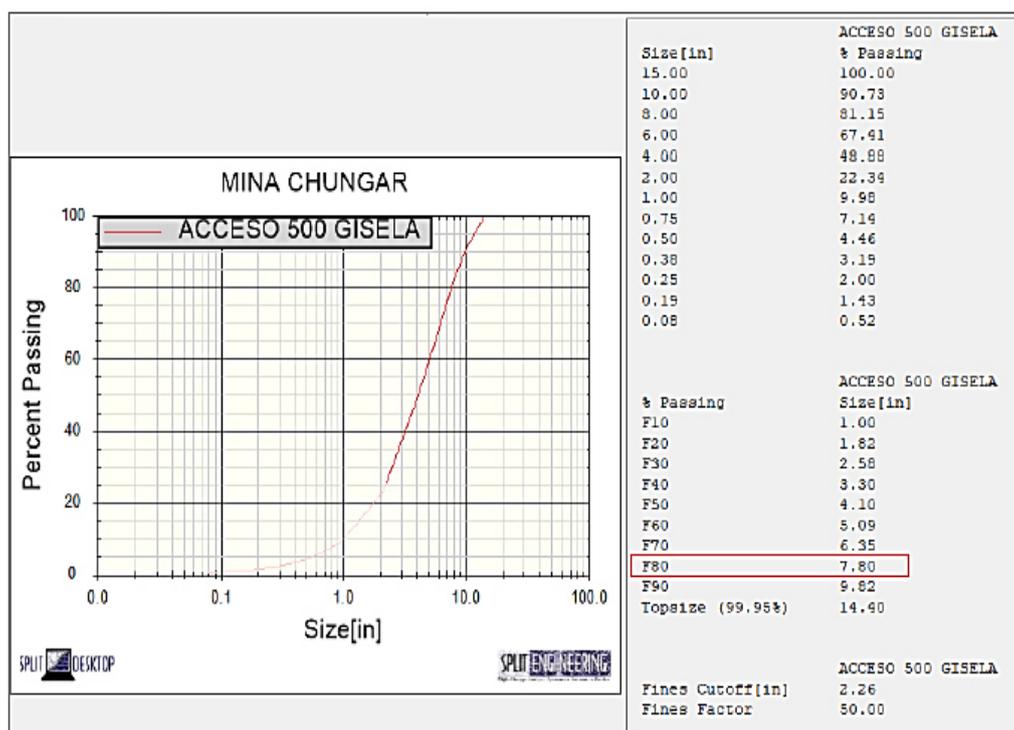
El P80 es un indicador granulométrico que permite evaluar la eficiencia de la voladura en resultados de tamaños.

Figura N° 14: El P80 es un indicador granulométrico acceso 400 Andalucía.



Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

Figura N° 15: El P80 es un indicador granulométrico acceso 500 Gisela.



Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima, empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

La presente tabla muestra el resumen del análisis de fragmentación con el software SPLIT para el Quantex sub Forte (10).

Tabla N° 11: Resumen del análisis de fragmentación con el software SPLIT para el Quantex sub Forte.

% Pasante	Unidad	Promedio	Acceso 400 Andalucía	Acceso 500 Gisela
P80	pulgs cms	Tamaño 7.83 19.88	Tamaño 7.85 19.94	Tamaño 7.80 19.81

Fuente: Elaboración propia. Datos procesados del informe de análisis de fragmentación con el software SPLIT para el Quantex sub Forte - de la Empresa Administradora Chungar S.A.

4.2. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA NUEVA MALLA DE PERFORACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL COSTO UNITARIO PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LA RAMPA NV 175 NANCY DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C.

Como parte del diseño de voladura controlada adicionalmente se está haciendo taladros de alivio en las coronas que genera un mejor plano de rotura.

Figura N° 16: Perforación lineal en las coronas y taladros de alivio



Fuente: Elaboración propia. Figuras tomadas de la rampa Nv 175 Nancy de la empresa administradora Chungar S.A.C.

Figura N° 17: Voladura controlada cámara 01 – rampa Nancy, nivel 175 abril 2019.



Fuente: Elaboración propia. Figuras tomadas de la cámara 01 – rampa Nancy nivel 175 de la empresa administradora Chungar S.A.C

Figura N° 18: Voladura controlada acceso 500 – rampa Nancy nivel 175 22 abril 2019.



Fuente: Elaboración propia. Figuras tomadas de la acceso 500 – rampa Nancy nivel 175 de la empresa administradora Chungar S.A.C

Figura N° 19: Voladura controlada rampa Nancy nivel 175 - 19 marzo 2019.



Fuente: Elaboración propia. Figuras tomadas de la rampa Nancy nivel 175 de la empresa administradora Chungar S.A.C.

Figura N° 20: Voladura controlada rampa Nancy nivel 175 - 19 Marzo 2019.



Fuente: Elaboración propia. Figuras tomadas rampa Nancy nivel 175 de la empresa administradora Chungar S.A.C.

Figura N° 21: Voladura controlada acceso 500 rampa Nancy nivel 175 – 03 abril 2019.

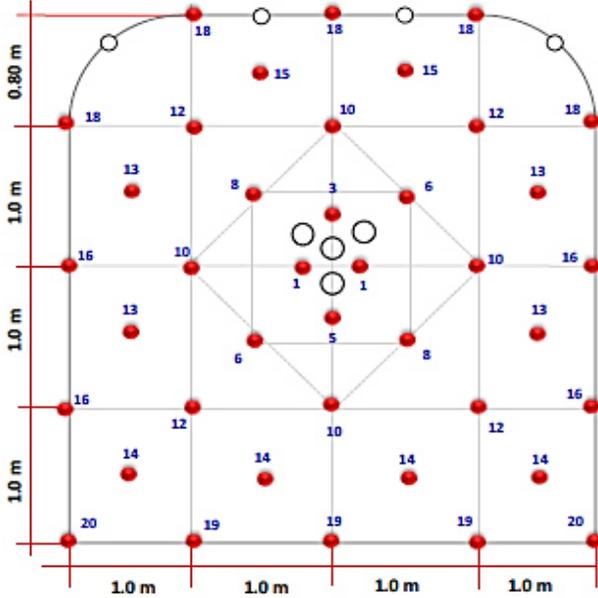
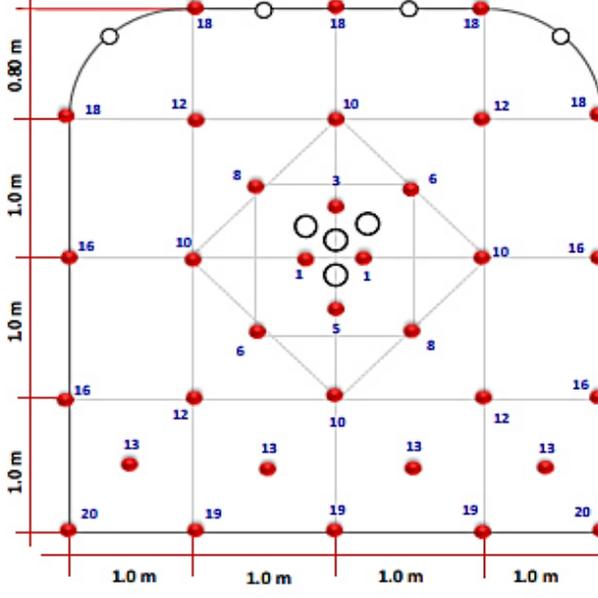


Fuente: Elaboración propia. Figuras tomadas del acceso 500 rampa Nancy nivel 175 de la empresa administradora Chungar S.A.C.

a. Factor de perforación y reducción de taladros

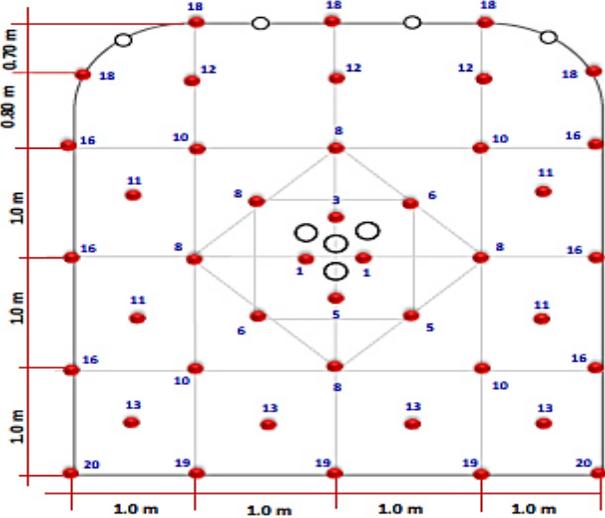
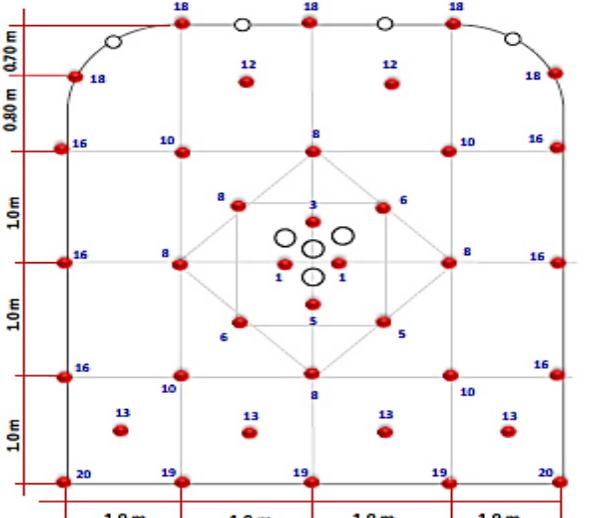
El factor se ve disminuido en forma significativa por la reducción de taladros con 6 taladros menos en este estándar que a continuación se presenta la siguiente tabla, con los parámetros estándar actual con el explosivo encartuchado y la implementación de desarrollo con Quantex respectivamente.

Figura N° 22: Reducción de taladros del estándar con 40 taladros y lo propuesto en la voladura con 34 taladros.

PARAMETRO	ESTANDAR ACTUAL CON ENCARTUCHADO	PRUEBAS EN DESARROLLO CON QUANTEX
<p>DIAGRAMA O MALLA DE VOLADURA SECCIÓN: 4.0x4.0m RMR: 40 - 50</p>	 <p style="text-align: center;">40 TALADROS</p>	 <p style="text-align: center;">34 TALADROS</p>
CEBO UTILIZADO	EMULEX 80 1 1/4 x 12"	EMULEX 80 1 1/4 x 12"
COLUMNA	EMULEX 80 1 1/4 x 12"	QUANTEX SUB FORTE ($\delta=1.10$ G/CC)

Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima. Empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

Figura N° 23: Reducción de taladros del estándar 44 taladros y lo propuesto en la voladura con 38 taladros.

PARAMETRO	ESTANDAR ACTUAL CON ENCARTUCHADO	PRUEBAS EN DESARROLLO CON QUANTEX
<p>DIAGRAMA O MALLA DE VOLADURA SECCIÓN: 4.5 x 4.0m RMR: 40 - 50</p>	 <p style="text-align: center;">44 TALADROS</p>	 <p style="text-align: center;">38 TALADROS</p>
CEBO UTILIZADO	EMULEX 80 1 ¼ x 12"	EMULEX 80 1 ¼ x 12"
COLUMNA	EMULEX 80 1 ¼ x 12"	QUANTEX SUB FORTE ($\delta=1.10$ G/CC)

Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro G (10) garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima: Empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

b. Análisis de la perforación y voladura en las dos mallas

- En la malla de voladura con sección: 4.0 x 4.0 m y con RMR: 40 – 50 se tiene una reducción de taladros del estándar con 40 taladros con Emulex y lo propuesto en la voladura con 34 taladros con Quantex sub forte.
- En la malla de voladura con sección: 4.5 x 4.0 m y con RMR: 40 – 50 se tiene una reducción de taladros del estándar con 44 taladros con Emulex y lo propuesto en la voladura con 38 taladros con Quantex sub forte.

Para los dos casos se tiene una reducción de 6 taladros, con respecto al factor de carga para una sección de 4 x 4 m, hay una diferencia de 17.64 kg/m de explosivo adicional con el Quantex Sub, pero es compensado con los beneficios como % avance, reducción de N° de taladros, menor tiempo de perforación y carguío, sobre rotura y buena fragmentación. Además de considerar menor tiempo de limpieza del frente por tener una mejor fragmentación. (7.8 pulg)

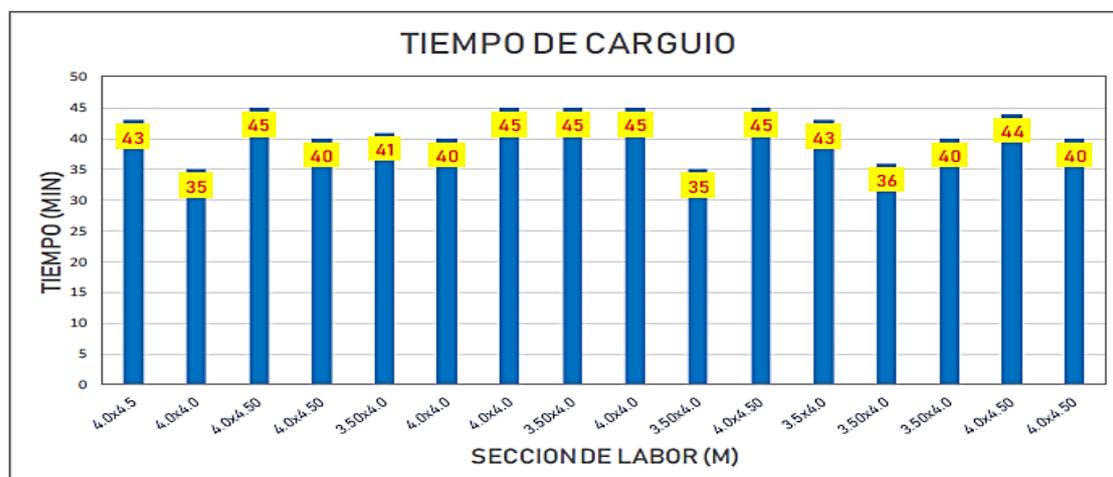
4.3. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO MECANIZADO PARA CARGUÍO DEL EXPLOSIVO EN LA RAMPA NV 175 NANCY DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C

La implementación de un equipo para el carguío del explosivo es primordial para maximizar el tiempo de carguío y acceder a secciones de 3.5 m x 3.5 m a 4.5 m x 4.5 m de forma eficiente en dichas secciones y evitar demoras respectivamente.

a. Tiempo de carguío de los explosivos

En la siguiente figura se muestra el tiempo de carguío según las secciones respectivamente.

Figura N° 24: Tiempo de carguío del explosivo.



Fuente: Elaboración propia. Datos procesados del informe de perforación y voladura por el área de operaciones mina de la empresa administradora Chungar S.A.

En promedio se tiene un tiempo de carguío de 42 minutos para secciones de 3.5 m x 4.0, 4.0 m x 4.0 y 4.0 m x 4.5, respectivamente para estos tres tipos de mallas.

Tabla N° 12: Resumen del tipo de labor, sección y tiempo para el carguío.

TIPO DE LABOR	SECCION	TIEMPO (MIN)
ACCESO	3.5 x 4.0	40
CAMARAS	4.0 x 4.0	41
RAMPAS	4.0 x 4.50	43
PROMEDIO GENERAL	TODAS	41

Fuente: Elaboración propia. Datos procesados del informe de perforación y voladura por el área de operaciones mina de la empresa administradora Chungar S.A.

Estos tiempos son utilizando escalera durante las pruebas con la camioneta UBT, pero se está considerando uso de canastilla para el siguiente equipo a solicitud de gerencia de operaciones (11).

b. Equipo de unidad de bombeo UBT

El equipo de bombeo de emulsiones para subterránea está diseñado para perforaciones horizontales y verticales negativas el producto corresponde a las emulsiones sensibilizadas mediante el proceso de gasificación in situ que permite

obtener el explosivo con la densidad requerida en un periodo no mayor de 30 min una vez inyectada en el taladro.

Este camión permite transportar, almacenar y transferir una solución inerte de alta estabilidad sin riesgo de explosión.

1. Calibración del equipo de unidad de bombeo UBT

Esta unidad es calibrada con soluciones ácidas y sales especiales como el nitrito de sodio y el ácido acético los cuales nos sirve para obtener el explosivo requerido de acuerdo a la calidad del macizo rocoso.

Figura N° 25: Camión UBT.



Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. LIMA. Empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

Figura N° 26: Camioneta UBT.



Fuente: Empresa Exsa S.A. ahorro garantizado pruebas en desarrollo horizontal. Lima: Empresa administradora Chungar S.A.C, 2019.

4.4. REDUCCIÓN DEL COSTO EN EL CAMBIO DE EXPLOSIVO EMULEX (80 ,65 Y 45) A EMULSIÓN QUANTEX SUB EN LA RAMPA NV 175 NANCY DE LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C

En la siguiente tabla se muestra la reducción del costo en el cambio de explosivo Emulex (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la empresa administradora Chungar S.A.C

Tabla N° 13: Optimización del Costo de explosivos encartuchado vs emulsión Quantex Sub.

PARÁMETROS	UNDADES	EXPLOSIVO ENCARTUCHADO	EXPLOSIVO QUANTEX SUB	DIFERENCIA (\$/m) A FAVOR DEL QUANTEX
Ancho	m	4.00	4.00	
Alto	m	4.00	4.00	
Área	m ²	16.00	20.25	
Volumen removido	m ³	56.70	60.35	
Φ Perforación	mm	48.00	48.00	
N° Taladros perforados	c.u	40.00	34.00	
N° Taladros alivios rimados	c.u	4.00	4.00	
Eficiencia de avance	%	79.00	92.00	
Long. perforación	m	3.80	3.80	
AVANCE (m)	m	3.00	3.50	
Costo/mt avance (US\$ 478/m) 4x4m				
Costo Avance *Eficiencia de Avance	US\$	377.37	440.26	62.89
Factor de carga	Kg/m ³ kg/m	2.42 38.67	2.78 56.31	
Cantidad y tipo de Explosivo				
Encartuchados	kg	116	10.07	
Quantex Sub			187	
Total Explosivo	kg	116	197.07	
Accesorios				
Accesorios No eléctricos exsanel	Unds mts	40	38	
cordón Detonante 5grs	unds	30	30	
mecha de seguridad		2	2	
Costos				
Costo total explosivos	US\$/m	58	70.38	-4.13
Costo total accesorios	US\$/m	13.96	11.45	0.84
Costo perforación (US\$ 2.50/m)				
Factor de perforación	US\$	100	85	15
(metros perforados/metro avance)				
Costo del servicio de carguío US\$13800		1.39	32.86	-31.47
TOTAL DIFERENCIA (Ahorro US\$/m)				43.14

Fuente: Elaboración propia. Datos procesados del informe de perforación y voladura por el área de operaciones mina de la empresa administradora Chungar S.A.

Un solo equipo UBT realizando 420 m de avance mensual se ahorraría US\$ 18118.8, relacionados a beneficios de avance, reducción de costos de perforación, explosivos y accesorios.

a. Interpretación de resultados de la optimización del cambio de explosivos encartuchado vs emulsión Quantex Sub.

- Durante la segunda fase de la prueba se obtuvo un buen desempeño con el producto Quantex Sub Forte en los frentes de desarrollo y preparación llegando a probar en esta oportunidad 3.0 ton, con un avance de 94 % de eficiencia en las voladuras.
- Con respecto al factor de carga para una sección de 4 x 4 m, hay una diferencia de 17.64 kg/m de explosivo adicional con el Quantex Sub, pero es compensado con los beneficios como % avance, reducción de N° de taladros, menor tiempo de perforación y carguío, sobre rotura y buena fragmentación. Además de considerar menor tiempo de limpieza del frente por tener una mejor fragmentación. (7.8 pulgadas)
- El factor de perforación (metros perforados/m³) se disminuyó en 15 % traducido en 6 taladros menos en el estándar de perforación. De 2.50 m/m³ a 13 m/m³, equivalente a un ahorro de US\$15/m.
- Se llegó a realizar 3 mediciones de Vod del Quantex Sub Forte medido en los taladros del arranque con valores de 5220 m/ser, 5460 m/ser y 5206 m/ser respectivamente con densidades de 1.10 – 1.12 g/cc el cual cumple con las especificaciones técnicas del producto.
- Esta Tecnología realiza el cambio de densidades del producto aplicando la voladura controlada (baja densidad: 0.9 g/cc) en los contornos del frente generando una menor sobre rotura evidenciando la presencia de medias cañas a simple vista. Así como una mayor densidad en los taladros de producción (alta densidad: 1.10 g/cc).
 - Reduce la exposición de manipulación de explosivo, durante el transporte y carguío de las labores.
 - Eliminación de explosivo sobrante durante el carguío.
 - Utilización de explosivo exacto [kg] en los estándares de perforación y voladura.

CONCLUSIONES

1. La optimización en la voladura se evaluó el cambio de explosivo del encartuchado a explosivo Quantex Sub, lo cual ayudó a reducir número en 6 unidades por frente con eficiencia del 92% y con un factor de carga de 2.78 kg/m³ y el ahorro final por el cambio de explosivo es 43.14 US\$/m. El factor de perforación (metros perforados/m³) se disminuyó en 15 % traducido en 6 taladros menos en el estándar de perforación. De 2.50 m/m³ a 13 m/m³, equivalente a un ahorro de US\$15/m.
2. El factor de carga para una sección de 4 x 4 m, hay una diferencia de 17.64 kg/m de explosivo adicional con el Quantex Sub, pero es compensado con los beneficios como % avance, reducción de N° de taladros, menor tiempo de perforación y carguío, sobre rotura y buena fragmentación. Además de considerar menor tiempo de limpieza del frente por tener una mejor fragmentación. (7.8 pulgadas), generando la optimización en costos de voladura.
3. El equipo de unidad de bombeo UBT, es recomendable para trabajos de perforación horizontales y verticales negativos, permite transportar, almacenar y transferir una solución inerte de alta estabilidad sin riesgo de explosión. Se llegó a realizar 3 mediciones de Vod del Quantex Sub Forte medido en los taladros del arranque con valores de 5220 m/seg, 5460 m/seg y 5206 m/seg. respectivamente con densidades de 1.10 – 1.12 g/cc el cual cumple con las especificaciones técnicas del producto.
4. La realización de la rampa Nv175 Nancy, según en la programación mensual de avance por el área de planeamiento es de 420 metros, la optimización en la realización de 420 m de avance mensual se ahorraría 18118.8 dólares. Relacionados a beneficios de avance, reducción de costos de la voladura.

RECOMENDACIONES

1. En la implementación del cambio de explosivo Emulsion Quantex Sub en la rampa Nv175 Nancy, es recomendable por la facilidad en la elección de los tipos y variedades de explosivos, utilizando una emulsión universal Quantex Sub cambiando las densidades para cada tipo de roca, desde un PLC in situ durante el carguío.
2. La voladura en mallas de 4 x 4m, en la rampa Nv175 Nancy no siempre se encuentra si la presencia de agua, la resistencia al agua por parte del Quantex Sub es muy buena, demostrándolo con una voladura en la RP 100 Split 225 en la empresa IESA con presencia de agua en algunos taladros. Como resultado se obtuvo un buen de avance y el uso de Quantex Sub es una emulsión a granel.
3. La evaluación de las condiciones de los equipos, si se debe realizar con constante mantenimiento preventivo de estos de modo que no se llegue a tener alguna contingencia o problema. En este ítem se va a evaluar principalmente los conocimientos del operador. Si se cuenta con gente calificada que ayude a cumplir con el proceso operativo satisfactoriamente.
4. La voladura viene hacer un costo unitario, que se realiza a diario en el día a día lograr optimizar costos por más pequeño que este sea lograremos mejoras en términos operacionales como en factibilidad económica generando beneficios, el explosivo adicional con el Quantex Sub, se logró beneficios como % avance, reducción de N° de taladros, menor tiempo de perforación y carguío, disminuyó la sobre rotura y buena fragmentación. Además de considerar menor tiempo de limpieza del frente por tener una mejor fragmentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **TANCAILLO, Edgar.** Reduccion y optimizacion de costos en perforacion y voladura minera Yanaquihua S.A.C. E.E. Adgeminco S.A.C. Tesis para optar el titulo de Ingeniero de Minas , Escuela académica de Ingeniera de Minas de la Universidad Nacional San Agustin de Arequipa . Arequipa : s.n., 2014.
2. **CALDERON, Marco Antonio.** Optimizacion de las practicas de perforacion y voladura en el avance y produccion de la mineria de mediana escala (Unidad Minera Macdesa). Tesis para optar el titulo de Ingeniero de Minas, Facultad de Ingenieria de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Peru. Huancayo – Perú : s.n., 2015.
3. **PACAHUALA, Mayra.** Reduccion de costos operativos en desarrollos mediante actualizacion de estandares en perforación y voladura (caso de la empresa especializada MINCOTRALL S.R.L. Tesis para optar el titulo de Ingeniero de Minas, facultad de Ingenieria de Minas de la Universidad del Centro del Peru. HUANCAYO-PERU : s.n., 2015.
4. **NAVARRO, Ludtwin.** Optimizacion de la perforacion y voladura con nuevo diseño de malla en el crucero10014 de la Empresa Minera MARSAS. Tesis para optar el titulo de Ingeniero de Minas, Escuela Academico Profesional de Ingenieria de Minas de la Universidad Nacional del Antiplano. PUNO - PERÚ : s.n., 2017.
5. **GAOMA, Aderling.** Optimizacion de la voladura, MINA LA VIRGEN - de la COMPAÑÍA MINERA SAN SIMÓN S.A. - HUAMACHUCO TRUJILLO". Tesis para optar el titulo profesional de Ingenieria de Minas, Escuela Academico Profesional de Ingenieria de Minas de la Universidad Nacional de Piura . PIURA-PERU : s.n., 2015.
6. **Rubén, ZEGARRA M.** ESTUDIO GEOMECANICO - MIINA ANIIMON . YAULI - OROYA : EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C., 2011.
7. **Blast Engineering S.A.C .** SERVICIO DE VOLADURA SUBTERRANEA. [En línea] 12 de 12 de 2019. [Citado el: 2 de 1 de 2020.]
http://www.blastengineeringla.com/service_voladura.html.
8. **orica mining services peru S.A.** AHORRO GARANTIZADO PRUEBAS EN DESARROLLO HORIZONTAL. LIMA : Empresa Administradora Chungar SAC , 2019.
9. **REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.** GLOSARIO TÉCNICO MINERO. Bogotá D.C. : La ley 685 de agosto 15 de 2001, Código de Minas vigente, en su Artículo 68, 2015.
10. **Area de operaciones mina de la Empresa Administradora Chungar S.A.** Informe de análisis de fragmentación con el software SPLIT para el Quantex sub Forte - Empresa Administradora Chungar S.A. Oroya : s.n., 2019.

11. **Area de operaciones mina de la Empresa Administradora Chungar S.A.** Informe de nforme de perforación y voladura - Empresa Administradora Chungar S.A. Oroya : s.n., 2019.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Será factible la implementación del cambio de explosivo Emulex (80 ,65 Y 45) a emulsión Quantex Sub para la reducción de costos de la voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.?	Determinar la implementación del cambio de explosivo Emulex (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Es viable la implementación del cambio de explosivo Emulex (80 ,65 y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv175 Nancy de la Unidad Minera Animón De Empresa Administradora Chungar S.A.C.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA
¿Sera factible la implementación de una nueva malla de perforación para la reducción del costo unitario perforación y voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.?	Determinar la implementación de una nueva malla de perforación para la reducción del costo unitario perforación y voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.	La implementación de una nueva malla de perforación es factible y viable en la reducción del costo unitario perforación y voladura en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.
¿Será factible la implementación de un equipo mecanizado para carguío del explosivo en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.?	Determinar la implementación de un equipo mecanizado para carguío del explosivo en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Es viable y factible la implementación de un equipo mecanizado para carguío del explosivo en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.
¿Sera factible la reducción del costo en el cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.?	Determinar la reducción del costo en el cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.	Es viable y factible la reducción del costo en el cambio de explosivo EMULEX (80 ,65 Y 45) a Emulsión Quantex Sub en la rampa Nv 175 Nancy de la Unidad Minera Animón de Empresa Administradora Chungar S.A.C.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2. INFORME PRELIMINAR PRUEBAS ORICA- IESA - MIÉRCOLES 04/09 - TURNO DÍA

Para hacer de su conocimiento que el día miércoles 04 de septiembre, durante la guardia día se realizó el 3er disparo con Exsa.

Obteniendo los siguientes resultados:

Fecha:	Miércoles, 04/09/19
Turno:	Día
Labor:	RP 175 (+) NV. 175 V. NANCY – IESA
Equipo:	Jumbo N° - 54 / BOOMER
Cargador:	Huamani Chura
Sección Programada:	4.00 x 4.50 m ²
Tipo de Roca:	RMR 40 – 50
Longitud de Perforación:	3.50 m

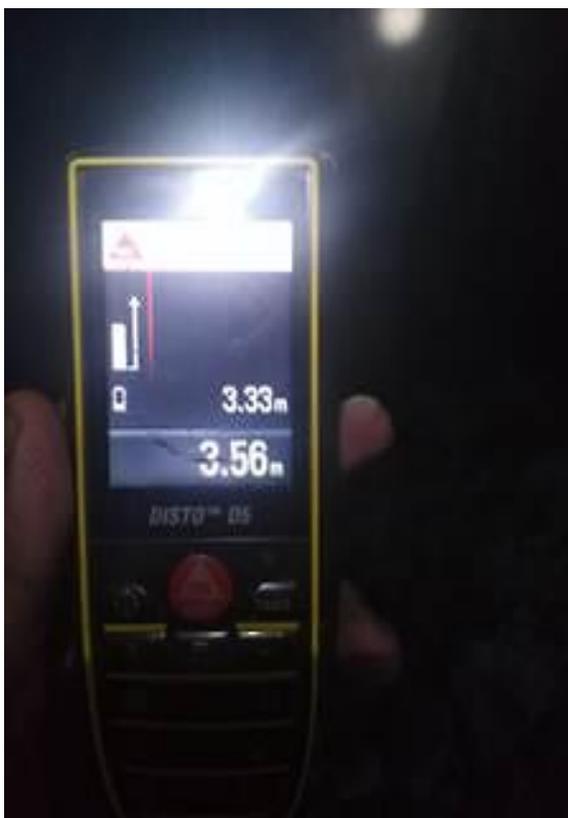
RESULTADOS

Tiempo de Perforación:	3.0 Horas
Tiempo de Carguío:	40 Minutos
Avance / Eficiencia:	3.50 m / 100 % (actualmente la Rp se encuentra girando)
Sección:	4.20 x 4.70 m ²
Cantidad de Explosivo:	175.0 Kg
N° de Taladros:	42 Taladros (se agregaron 02 taladros en el hastial izquierdo, dado que se encuentra girando la Rp)

CONCLUSIONES Y MEJORAS

- Se obtuvo una buena eficiencia de avance, a pesar de que la rampa se encuentra girando.
- Se cargaron los taladros sin tubo, dado que el terreno era competente.
- Se obtuvo un mejor control de la sección, respecto a la sección encontrada en el día.
- Se modificarán las mallas de pruebas, en base a las mejoras y optimización del proceso de perforación y carguío.

Adjunto. Evidencia del proceso de perforación, carguío y resultados.



ANEXO 3. INFORME PRELIMINAR PRUEBAS EXSA- IESA - VIERNES 06/09 - TURNO DÍA

Para hacer de su conocimiento que el día viernes 06 de septiembre, durante la guardia día se realizó el 4to disparo con Exsa.

Obteniendo los siguientes resultados:

Fecha:	viernes, 06/09/19
Turno:	Día
Labor:	RP 175 (+) NV. 175 V. NANCY – IESA
Equipo:	Jumbo N° - 54 / BOOMER
Operador:	Juan Calzada
Cargador:	Abel Aguilar
Sección Programada:	4.00 x 4.50 m ²
Tipo de Roca:	RMR 40 – 50
Longitud de Perforación:	3.80 m (promedio)

RESULTADOS

Tiempo de Perforación:	3.0 horas
Tiempo de Carguío:	20 minutos
Avance / Eficiencia:	3.70 m / 97 % (actualmente la Rp se encuentra girando)
Sección:	4.20 x 4.60 m ²
Cantidad de Explosivo:	178.0 Kg
N° de Taladros:	41 taladros (se agregaron 02 taladros en el hastial izquierdo, dado que se encuentra girando la Rp)

CONCLUSIONES Y MEJORAS

- Se obtuvo una buena eficiencia de avance, a pesar de que la rampa se encuentra girando.
- Se cargaron los taladros sin tubo, dado que el terreno era competente.
- Se obtuvo un mejor control de la sección, observando cañas en los hastiales y la corona.
- Se realizaron estudios de sismográfica para poder analizar el daño al macizo rocoso.

- Se modificarán las mallas de pruebas, en base a las mejoras y optimización del proceso de perforación y carguío.

Adjunto. Evidencia del proceso de perforación, carguío y resultados.



ANEXO 4. INFORME PRELIMINAR PRUEBAS EXSA- IESA - SÁBADO 07/09 - TURNO DÍA

Para hacer de su conocimiento que el día sábado 07 de septiembre, durante la guardia día se realizó el 5to disparo con Exsa.

Obteniendo los siguientes resultados:

Fecha:	sábado, 07/09/19
Turno:	Día
Labor:	RP 175 (+) NV. 175 V. NANCY – IESA
Equipo:	Jumbo N° - 54 / BOOMER
Cargador:	Abel Aguilar
Sección Programada:	4.00 x 4.50 m ²
Tipo de Roca:	RMR 50 – 60
Longitud de Perforación:	3.60 m (promedio)

RESULTADOS

Tiempo de Perforación:	3.0 horas
Tiempo de Carguío:	20 minutos
Avance / Eficiencia:	3.50 m / 97 % (actualmente la Rp se encuentra girando)
Sección:	4.00 x 4.50 m ²
Cantidad de Explosivo:	175.0 Kg
N° de Taladros:	43 taladros (se agregaron 02 taladros en el hastial izquierdo, dado que se encuentra girando la Rp)

CONCLUSIONES Y MEJORAS

- Se obtuvo una buena eficiencia de avance, a pesar de que la rampa se encuentra girando.
- Se cargaron los taladros sin tubo, dado que el terreno era competente.
- Se obtuvo un mejor control de la sección, observando cañas en los hastiales y la corona.
- Se modificarán las mallas de pruebas, en base a las mejoras y optimización del proceso de perforación y carguío.

Adjunto. Evidencia del proceso de perforación, carguío y resultados.



ANEXO 5. INFORME PRELIMINAR PRUEBAS EXSA – IESA - LUNES 09/09 - TURNO DÍA

Para hacer de su conocimiento que el día lunes 09 de septiembre, durante la guardia día se realizó el 7mo Disparo con Exsa.

Obteniendo los siguientes resultados:

Fecha:	Lunes, 09/09/19
Turno:	Día
Labor:	SN 300 NV. 075 V. SPLIT NE CARMEN – IESA
Equipo:	Jumbo N° - 39 / SANDVIK
Operador:	Barbaran Juan
Sección Programada:	3.50 x 4.00 m2
Tipo de Roca:	RMR 30 – 40 (presencia de fuerte fractura miento y panizo)
Longitud de Perforación:	3.30 m (promedio)

RESULTADOS

Tiempo de Perforación:	2.5 Horas
Tiempo de Carguío:	16 minutos
Avance / Eficiencia:	2.90 m (avance preliminar, en verificación con topografía) 88 %
Sección:	3.50 x 4.00 m2
Cantidad de Explosivo:	94 Kg
N° de Taladros:	30 taladros

CONCLUSIONES Y MEJORAS

- Se obtuvo una baja eficiencia de avance, esto es debido a que la perforación no fue homogénea en todo el frente.
- Se cargó el frente bajo el estándar de arranque de la empresa administradora Chungar S.A.C.
- Se obtuvo un buen control de la sección programada.
- Se realizaron estudios de gasificación del explosivo, tomando muestras para poder analizar si el equipo se encuentra calibrado óptimamente.

- Se observó después de la voladura que no salió el piso del frente, esto puede haberse originado debido a la presencia de agua dinámica en los taladros de arrastre.
- Se modificarán las mallas de pruebas, en base a las mejoras y optimización del proceso de perforación y carguío.

Adjunto. Evidencia del proceso de tomado de muestras, carguío y resultados.



ANEXO 6. INFORME PRELIMINAR PRUEBAS EXSA - IESA - DOMINGO 08/09 - TURNO DÍA.

Para hacer de su conocimiento que el día domingo 08 de septiembre, durante la guardia día se realizó el 6to disparo con ORICA.

Obteniendo los siguientes resultados:

Fecha:	Domingo, 08/09/19
Turno:	Día
Labor:	RP 175 (+) NV. 175 V. NANCY – IESA
Equipo:	Jumbo N° - 54 / BOOMER
Operador:	Juan Calzada
Cargador:	Abel Aguilar
Sección Programada:	4.00 x 4.50 m ²
Tipo de Roca:	RMR 40 – 50
Longitud de Perforación:	3.70 m (promedio)

RESULTADOS

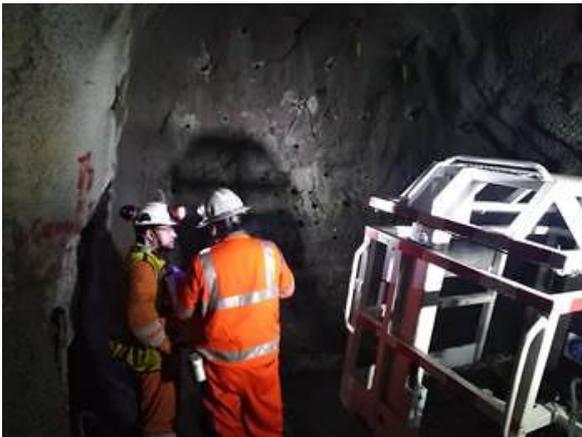
Tiempo de Perforación:	3.0 Horas
Tiempo de Carguío:	25 Minutos
Avance / Eficiencia:	3.70 m (avance preliminar, en verificación con topografía) / 100 % (actualmente la Rp se encuentra girando)
Sección:	4.10 x 4.60 m ²
Cantidad de Explosivo:	180.0 Kg
N° de Taladros:	42 taladros

CONCLUSIONES Y MEJORAS

- Se obtuvo una buena eficiencia de avance, a pesar de que la rampa se encuentra girando.
- Se cargaron los taladros sin tubo, dado que el terreno era competente.
- Se obtuvo un mejor control de la sección, observando cañas en los hastiales y la corona.
- Se realizaron estudios de gasificación del explosivo, tomando muestras para poder analizar si el equipo se encuentra calibrado óptimamente.

- No se observaron tacos en el frente luego de la voladura.
- Se modificarán las mallas de pruebas, en base a las mejoras y optimización del proceso de perforación y carguío.

Adjunto. Evidencia del proceso de tomado de muestras, carguío y resultados.



ANEXO 7. EXPLOSIVO PROPUESTO QUANTEX® SUB

QUANTEX® SUB

mezcla explosiva

NUEVO

www.exsa.net

Agente de voladura a base de emulsión sensibilizada para minería subterránea y construcción, especialmente diseñado para el carguío mecanizado. Adaptable a todo tipo de terreno con taladros horizontales y descendentes, con un completo acoplamiento en el taladro y un óptimo desempeño en perforaciones de diámetro pequeño.

BENEFICIOS

- **VERSATILIDAD** de densidades para cada tipo de roca ya que es gasificable.
- **EXCELENTE RESISTENCIA AL AGUA**, que permite ser utilizada en taladros húmedos e inundados.
- **ELIMINA LOS RIESGOS DE SALUD** dado el bajo nivel de gases post voladura que genera, (reduce el tiempo de reingreso a las operaciones).
- Mayor factor de avance
- Menor sobrerotura
- Reduce tiempos de carguío permitiendo un avance más rápido en la labor.
- Menor gasto en flete y almacenamiento en mina.

RECOMENDACIONES DE USO

- Para consideraciones de seguridad en su manipulación y almacenamiento, consultar la hoja de seguridad de EXSA.
- Para su iniciación utilizar un cebo de tamaño y peso adecuado según diámetro y profundidad del taladro.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Especificaciones técnicas	Unidades	QUANTEX SUB SD	QUANTEX SUB D
Tipo de Roca	-	Semi- Dura	Dura
Densidad relativa sin gasificar	g/cm3	1.12 ± 5%	1.12 +/- 5%
Velocidad de detonación*	m/s	5000 +/- 500	5400 +/- 500
Densidad gasificada en el taladro	g/cm3	0.90 - 1.15	0.80 -1.15
Presión de detonación**	Kbar	70	81.6
Energía absoluta en peso (AWS)**	kJ/kg	2792	2854
Potencia relativa efectiva al peso (RWS)***	%	100	105
Potencia relativa efectiva en volumen (RBS)***	%	139	147
Volumen de gases**	L/Kg	1065.7	1022
Diámetro crítico	mm	40	40
Resistencia al agua	-	Excelente	Excelente
Categoría de humos	-	1era	1era

* Medido en tubo de PVC de Ø 2 pulgada.

** Características calculadas empleando software TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

*** Características de potencia relativa efectiva calculadas con software TERMODET a condiciones ideales de 100 MPa, con una densidad del Anfo de 0.8 g/cm³ y una energía efectiva del Anfo de 2382 KJ/Kg.

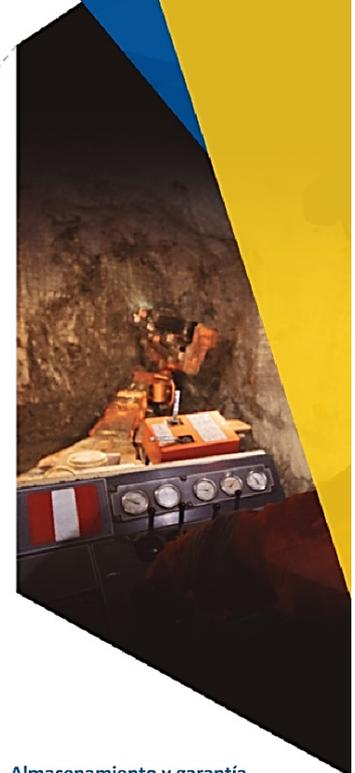
Presentación y embalaje

Esta mezcla explosiva se distribuye en cartuchos de polipropileno de 8" x 25" especialmente acondicionados para su transporte terrestre y facilidad de uso en mina.
Peso Neto: 20kg

EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularse y transportarse de conformidad con las disposiciones legales vigentes.

Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no será responsable por su seguridad o por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos expresos o implícitos. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuenciales o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.



Almacenamiento y garantía

Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 2 meses, después de su fecha de fabricación para el tipo SUB SD y 3 meses para el tipo SUB D

Transporte

CLASE: 1
DIVISIÓN: 1.5 D
N° ONU: 0332



ANEXO 8. EXPLOSIVO UTILIZADO ACTUALMENTE

EMULEX®

NUEVO

www.EXSA.net

Es una emulsión encartuchada en lámina plástica, sensible al detonador, con valores de energía variables que le permiten adaptarse a todo tipo de operación incluyendo terrenos húmedos o inundados.

Posee un amplio rango de velocidades y presión de detonación para ser usado en labores confinadas en túneles y en minería subterránea (galerías, desarrollos, rampas o profundización de piques).

- EMULEX 45 para voladura de rocas muy suaves.
- EMULEX 65 para voladura de rocas suaves a intermedias.
- EMULEX 80 para voladura de rocas semiduras a duras
- EMULEX 100 para voladura de rocas muy duras.

Las emulsiones con mayor presión de detonación pueden ser utilizadas como cebo iniciador de agentes de voladura secos y acuosos.

BENEFICIOS

- **VERSATILIDAD** al tener una alta variedad de potencias para cada calidad de roca. Además, puede ser usado en taladros/barrenos de gran profundidad con un amplio rango de temperaturas.
- **EXCELENTE RESISTENCIA AL AGUA** apropiada para ser utilizada en taladros húmedos o inundados.
- **EXCELENTE CALIDAD DE GASES** residuales que permiten que el personal regrese a la labor en menos tiempo.
- **MEJOR CONFINAMIENTO** en taladros/barrenos debido al sistema de fácil apertura de los cartuchos.
- **ELIMINA LOS RIESGOS** de salud ocupacional y seguridad en el trabajo que conlleva la manipulación y almacenamiento de nitroglicerina.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Especificaciones técnicas	Unidades	Emulex 45	Emulex 65	Emulex 80	Emulex 100
Densidad	g/cm ³	1.00 ± 5%	1.12 ± 5%	1.14 ± 5%	1.16 ± 5%
Velocidad de detonación*	m/s	4,700 ± 300	5,700 ± 300	5,600 ± 300	5,600 ± 300
Velocidad de detonación**	m/s	4,100 ± 300	4,500 ± 300	4,400 ± 300	4,300 ± 300
Presión de detonación**	kbar	55	87	89	91
Energía**	KJ/kg	2,977	3,385	4,180	4,425
RWS**	%	79	90	113	120
RBS**	%	98	126	157	180
Resistencia al agua		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Volumen de gases**	L/Kg	930	1,004	940	909
Categoría de humos		1 era	1 era	1 era	1 era

*Confinado en tubo de acero de 1 1/2" de diámetro (Schedule 40)

**Sin confinar en cartucho de 1 1/2" de diámetro

**Calculado con programa TERMODET a condiciones ideales de 1 atm

PRESENTACIÓN Y EMBALAJE

Cartuchos dispuestos en bolsas plásticas y embalados en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto / Bruto	25 kg / 26.3 kg			
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm			
Material de caja	Caja de cartón corrugado			
Producto	Dimensiones de cartucho		Presentación	Masa
	Pulg.			
EMULEX 45	1 1/8	12	128	195
EMULEX 45	1	7	276	91
EMULEX 65	1 1/2	12	64	391
EMULEX 65	1	8	228	110
EMULEX 80	1 1/2	12	62	403
EMULEX 80	1	8	222	113
EMULEX 100	1	8	202	123

Para otros formatos de cartuchos preguntar a un especialista EXSA.

EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularse y transportarse de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no será responsable por su seguridad o por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos expresos o implícitos. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuentes o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.



Almacenamiento y garantía

Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 12 meses, después de su fecha de fabricación.

Transporte

CLASE: 1
DIVISIÓN: 1.1 D
N° ONU: 0241

