UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

OPTIMIZACIÓN OPERACIONAL EN VOLADURA REALIZANDO SUSTITUCIÓN DE EXPLOSIVOS EXADIT POR EMULEX EN LA UNIDAD DE PARCOY COMPAÑÍA CONSORCIO MINERO HORIZONTE

TESIS

PRESENTADO POR:

BACH. RICHARD EUGENIO TORRES FLORES

Para optar por el Título Profesional de:
INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2019

015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° .....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución... COMISION ORGANIZADORA N° 0547-2018-UNAM .....

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

..... "OPTIMIZACION OPERACIONAL EN VOLADURA REALIZANDO SUSTITUCION DE EXPLOSIVOS EXADIT POR EMULEX EN LA UNIDAD DE PARCOY COMPAÑIA CONSORCIO MINERO HORIZONTE." .....

Asesor:.... Mgr. ING. ERNESTO LARICANO FLORES .....

Asesor Externo:.. ING. JAVIER PEDRO PEÑALOZA ARANA .....

Tesista: .... BACH. RICHARD EUGENIO TORRES FLORES. .....

Dictamina como..... APROBADO .....por..... UNANIMIDAD .....

La defensa del tema de investigación con la nota: ..... CATORCE ..... (14)

Por lo que..... SI ..... opta el Grado de Ingeniero de Minas.

Siendo las... 12 ..... horas, del.... 15 ..... de..... MAYO ..... del año. 2019 .....

se procede a firmar la presente.

.....
Presidente del Jurado
ING. AGAPITO FLORES JUSTO

.....
Primer Miembro
MARCO LUIS QUISPE PEREZ

.....
Segundo Miembro
JOSE CARLOS FLORES SOLAS

.....
Tesista
RICHARD EUGENIO TORRES FLORES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
FEDATARIA ADSCRITA 03

DEDICATORIA

A mi familia, mis padres que siempre estuvieron apoyándome para poder desarrollarme como profesional, apoyándome en los peores momentos tanto así como en los buenos, a mi hermana que a pesar de la distancia estuvo siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas por velar por mi bienestar y mi salud tanto física como mental

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela profesional de Ingeniería de minas por brindarme los conocimientos para realizar este estudio.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería de minas por su orientación, sugerencias y el apoyo para mi formación académica

A la empresa Consorcio Minero Horizonte donde se me permitió trabajar y hacer la recolección de datos necesarios para poder realizar este proyecto

RESUMEN

La presente tesis es de tipo aplicativo con diseño pre experimental, aplicado en la empresa Consorcio Minero Horizonte en la Unidad de Producción de Pataz, teniendo como finalidad la optimización operacional.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo comparar la optimización al realizar un cambio de explosivo por otro. Por lo cual veremos en este trabajo los resultados diferentes entre ambos explosivos.

Teniendo en cuenta que al realizar un cambio de explosivos en minería subterránea se compromete la seguridad del personal encargado del trabajo diario, se realizó cálculos para comprobar que no se realizara variación y no afecta de manera drástica la estabilidad del macizo rocoso.

En el trabajo realizado se emplea un cambio de explosivos de Exadit 45% a Emulex 45% en el cual se comprueba la eficiencia de dicho cambio en una mejora operacional de 7 Toneladas por disparo lo cual genera a la vez un cambios en el macizo rocoso sutilmente y sin ocasionar problemas.

ABSTRACT

The present thesis of application type with pre experimental design, applied in the company "Consorcio Minero Horizonte" in the Production Unit of Pataz, having as purpose the operational optimization.

The present research work (task) has the objective to compare the optimization when we need to make an explosive change for another. Therefore we will see in this work the different results between both explosives.

Having in mind that when making a change of explosives in underground mining the safety of the personnel in charge of the daily work is compromised, calculations were made to verify that no change was made and it doesn't affect drastically the stability of the solid rock.

In the last task done, a change of explosives from Exadit 45% to Emulex 45% is used in which the efficiency of this change is verified in an operational improvement of 7 tons per shot which at the same time generates a change in the rock mass subtly and without causing problems.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO ..... **II**

RESUMEN ..... **III**

ABSTRACT ..... **IV**

INDICE DE CONTENIDO ..... **V**

INDICE DE FIGURAS ..... **IX**

INDICE DE TABLAS ..... **XI**

INDICE DE CUADROS ..... **XII**

INTRODUCCIÓN ..... **XIII**

CAPITULO I **15**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 15

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA 19

1.3. JUSTIFICACIÓN 19

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS 21

1.5. FORMULACIÓN DE HPÓTESIS 21

CAPITULO II **23**

MARCO TEORICO **23**

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS 23

2.2. BASES TEÓRICAS 27

2.3. DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION 31

2.4. DISEÑO DE CARGA 34

2.5. SISTEMA DE INICIACION EN VOLADURA 35

2.6. DEFINICIÓN DE TERMINOS 37

2.6.1. Emulex: 37

2.6.2. Exadit: 37

2.6.3. Método de corte y relleno 37

2.6.4. Breasting 38

2.6.5. Factor de Potencia: 38

2.6.6. Método de Protodiakonov 39

2.6.7. RQD: 39

2.6.8. RMR: 40

2.6.9. Q de Barton: 40

2.7. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIOS 41

CAPITULO III 42

GENERALIDADES 42

3.1. RESEÑA HISTORICA 42

3.2. UBICACIÓN 43

3.3. ACCESIBILIDAD: 44

3.4. CLIMA: 45

3.5. METODO DE EXPLOTACION: 45

3.6. FASES DE MINADO 46

3.6.1. PERFORACION 46

3.6.2. VOLADURA 46

3.6.3. VENTILACION 47

3.6.4. DESATADO 48

3.6.5. LIMPIEZA 48

3.6.6. SOSTENIMIENTO 49

3.7. SISTEMA DE SEGURIDAD 53

CAPITULO IV **54**

MARCO METODOLOGICO **54**

4.1. TIPO Y DISEÑO 54

4.1.1. TIPO 54

4.1.2. DISEÑO 54

4.2. NIVEL DE INVESTIGACION 54

4.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES 54

4.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES 54

4.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES 54

4.4. POBLACION Y MUESTRA 55

4.4.1. POBLACION 55

4.4.2. MUESTRA 55

4.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS……55

4.6. VALIDACION Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS……56

4.7. METODO Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS 56

CAPITULO V..... 58

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS..... 58

5.1. RESULTADOS..... 58

5.1.1. Tonelaje extraído 58

5.1.2. Cantidad de explosivos requeridos..... 62

5.2. DISCUSIONES Y COMPAROCIONES 69

5.2.1. Análisis de tonelaje extraído 69

5.2.2. Análisis de cantidad de explosivos requeridos 71

CAPITULO VI 74

CONCLUSIONES..... 74

RECOMENDACIONES..... 76

BIBLIOGRAFIA..... 78

ANEXOS..... 81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Precio del oro en el año 2018 16

Figura 2: Ubicación del Rio Parcoy 17

Figura 3: Accidentes en minería 30

Figura 4: Breasting con taladros horizontales 32

Figura 5: Diseño en breasting salida en paralelo 32

Figura 6: Diseño en breasting salida trapezoidal 33

Figura 7: Diseño en breasting salida en V 33

Figura 8: Malla para tajos convencionales en Breasting 34

Figura 9: Diseño de taladros de Producción 35

Figura 10: Sistema de amarre y conexión para tajos convencionales ... 36

Figura 11: Geología Local 41

Figura 12: Mapa de ubicación de Consorcio Minero Horizonte 43

Figura 13: Ubicación y vías de acceso a Consorcio Minero Horizonte . 44

Figura 14: Manga de ventilación de 20' 47

Figura 15: Desatado y desquinche del tajo 48

Figura 16: Limpieza de tajo disparo Nr.3 49

Figura 17: Trabajabilidad de los anclajes de expansión 50

Figura 18: Estándar de cuadros cónicos 52

Figura 19: Charlas de capacitación 53

Figura 20: Grafica de diagrama de caja para tonelajes extraído entre explosivos 61

Figura 21: Grafica de diagrama de caja para costos entre explosivos .. 68

Figura 22: Limpieza del Tajo 82

Figura 23: Limpieza del frente 83

Figura 24: Preparación del regado del frente 84

Figura 25: Desatado de roca..... 84

Figura 26: Desatado de roca..... 85

Figura 27: Planta concentradora de Consorcio Minero Horizonte..... 86

Figura 28: Estadisticas de seguridad 87

Figura 29: Reunion e informe de avances diarios en sala de Gerencia. 87

Figura 30: Características técnicas del explosivo Exadit 45% 88

Figura 31: Características técnicas del Emulex 45% 89

Figura 32: Autor del Presente proyecto interior mina..... 90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Accidentes en minería 29

Tabla 2: Cantidad de carga estimada por disparo 31

Tabla 3. Avance lineal por disparo 58

Tabla 4: Tonelaje extraído por disparo 59

Tabla 5: Costos por disparo con explosivo Exadit 45% 65

Tabla 6: Costos por disparo con explosivo Emulex 45% 66

Tabla 7: Costos mano de obra al día por labor 67

Tabla 8: Comparación de parámetros entre explosivos 71

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Esquema de comparación de Pre-Test y Post-test..... 57

Cuadro 2: Comparación de avance entre explosivos 70

Cuadro 3: Comparación de extracción de mineral 70

Cuadro 4: Comparación de costos 73

Cuadro 5: Comparación de costos por tonelaje 73

INTRODUCCIÓN

La unidad minera Consorcio Minero Horizonte realiza la actividad de extracción de mineral con el fin de mejorar y maximizar el valor económico para sus representantes y trabajadores, a través de la minimización de costos y la maximización de producción. En la actualidad el control de costos ha cobrado una mayor importancia por la presencia de variable externas que influencian en dichos costos, como son el cambio de precio de los metales.

Actualmente el costo operacional depende directamente de los insumos y sus precios en el mercado, lo cual obliga a las diferentes empresas mineras a ver la manera de reducir y optimizar costos, al ver una alta la variedad de costos en los insumos se intentará aumentar las toneladas, reduciendo los costos de producción con lo cual analizaremos su aplicación y utilidad en esta empresa para su mejora.

En este caso es el área de perforación y voladura donde realizaremos estos ajustes para analizar el cambio de costos en la operación.

De esta manera la presente investigación se divide en:

Capítulo I, Planteamos y establecemos el problema a nivel internacional, así también como en la empresa Consorcio Minero Horizonte.

Capítulo II, Muestra los antecedentes de estudio que se emplean en el siguiente trabajo de investigación

Capítulo III, Descripción y generalidad sobre la compañía Consorcio Minero Horizonte

Capítulo IV, Presenta el marco metodológico, los análisis y estadísticas realizados, teniendo como principal variante a las variables independientes que son los explosivos Exadit 45% y Emulex 45%.

Capítulo V, Presentación de los resultados obtenidos luego de haber realizado y comparado las hipótesis iniciales.

Capítulo VI, Recomendaciones y conclusiones sobre la realización de este proyecto.

Capitulo VII, Bibliografía y Anexo

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Cuando se produce un cambio en el precio del oro existe una crisis a nivel mundial, en donde las empresas mineras buscan opciones para poder minimizar el costo global en todas las operaciones. Este problema afecta drásticamente a nuestro país, teniendo gran cantidad de empresas en operación, la iniciativa de este proyecto se da para poder amortiguar los costos de explosivos esperando tener buenos resultados y ser utilizados con frecuencia en un futuro.

Figura 1:
Precio del oro en el año 2018



Fuente: *kitco.com*

Cuando hay un problema en el ámbito minero existen pérdidas económicas las cuales en su mayoría recaen en el área de perforación y voladura siendo este uno de los campos en los que se pueden recuperar las pérdidas generadas, así que tendremos que encontrar las soluciones necesarias para poder mitigar los gastos generados por dicho problema.

Una de las medidas que optan algunas empresas es la reducción de explosivos pero no es recomendada al obtener gran variedad en los procesos operacionales; teniendo en cuenta que la ubicación de la mina se encuentra cerca al rio de Retamas el cual ocasiona la presencia constante de filtraciones de agua en algunas

labores, para este problema optaremos por el cambio de explosivos tomando en cuenta la potencia para no afectar el la resistencia de la roca.

Figura 2:
Ubicación del Rio Parcoy



Fuente: *Google Maps.*

Este problema es constante en muchas minas subterráneas por no decir todas, tenemos el ejemplo utilizado en Ecuador de estudio de Impacto ambiental de las concesiones mineras Eccometals y Eccometals 2 en donde plantea identificar las fuentes de infiltraciones y de ahí realizar una cubierta y sellos en la superficie con tal de evitar las infiltraciones y de esta manera no contaminar y evitar de manera drástica la presencia de agua subterránea, por otra parte tenemos casos similares en nuestro país como en la mina Rosaura en donde plantea una reducción de agua mediante taladros

de drenaje y taladros transversales en zonas estratégicas con tal de reducir el nivel freático y por último la elaboración de cunetas.

En el siguiente proyecto optaremos por un cambio de explosivo con mayor resistencia al agua, teniendo en cuenta que al utilizar el cambio de explosivo, medida al cual queremos recurrir tienen ventajas como desventajas debemos analizar, verificar y comprobar las diferencias para poder determinar en qué lugares en específico pueden ser utilizados y que generaran una mejora; conocimientos anteriores demuestran la mala relación entre Exadit con el agua por ser esta una dinamita pulverulenta, proponemos cambiar a Emulex debido a su resistencia al agua y características similares al Exadit, de esta manera no afectar la caja techo ni caja piso además de obtener mejoras en la producción, estas medidas pueden ser controladas con la cantidad de carga colocada dependiendo de la potencia de los explosivos.

En la compañía consorcio minero Horizonte ubicada en La libertad buscan la mejora de sus operaciones teniendo como antecedentes pruebas realizadas en donde se obtuvieron problemas en los disparos por lo cual se realizaron estudios referidos a la mallas de perforación y en optimización de avance, las mejoras que se proponen en este proyecto es la reducción de gastos empleados en operaciones de voladura más específicamente, la emulsión,

realizando el cambio esperamos tener bajos gastos y mejores resultados que serán comprobados por el tonelaje extraído a diferencia del explosivo inicial.

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

1.2.1. Interrogante general

- ¿Con el cambio de explosivos se optimizará costos en el área de voladura en la empresa Consorcio minero Horizonte, La Libertad, 2018?

1.2.2. Interrogante específica

- ¿Cuál es el costo antes de realizar el cambio de explosivos?
- ¿Cuánto es el costo después de realizar el cambio de explosivos?
- ¿Cuál será el incremento de la producción del mineral utilizando el nuevo explosivo EMULEX?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El explosivo Exadit si bien es cierto es un explosivo altamente resistente al agua, y no deja de ser útil para el inicio de la voladura pudiendo ser utilizado como cebo, es que se ha observado su alto poder rompedor, pero es necesario tener una voladura controlada que nos permita tener

excelente resultado debido a la presencia de agua constante como es el caso del lugar.

El presente trabajo parte de la siguiente premisa, es factible el cambio de explosivo para mejorar el rendimiento de extracción en un terreno húmedo sin afectar la productividad y dañar el terreno, basándonos en la teoría de Mg Nelson Anchanyhua Serna plantea el cambio de explosivos de Anfo pesado o Heavy Anfo por emulsión gasificada teniendo como fundamento la reducción de densidad utilizadas obteniendo una reducción de costo tanto como el factor de potencia; esta teoría no es la única que se puede formular para la representación de este trabajo sino también los autores José Bernaola Alonso, Jorge Castilla Gómez y Juan Herrera Herbert en su libro Perforación y Voladura de rocas en minería donde indica que para evitar el terreno irregular se debe disminuir la densidad de carga mediante separadores o bien utilizando otros explosivos con una densidad más baja o de baja potencia.

Según el Manual de Voladura exsa indica que para una labor subterránea de entre $5m^2$ a $10m^2$ el factor de carga como máximo será de $0.9Kg/m^3$ a $1.2Kg/m^3$.

Teniendo estos estudios como antecedentes comparamos con los datos obtenidos, al realizar el cambio de explosivo Exadit 45% por el Emulex 45% nuestro Factor de Potencia aumenta por lo que reduciremos el Factor de Potencia para igualar o asemejar al inicial teniendo en cuenta los parámetros permisibles para labores subterráneas y siendo el explosivo

Exadit 45% mayor denso al Emulex 45% deducimos que el cambio de explosivos se puede realizar, en conclusión el siguiente trabajo de tesis es viable realizarse para la mejora operacional en Perforación y Voladura.

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. Objetivos generales

- Determinar la optimización operacional al realizar el cambio de explosivo EXADIT por EMULEX en la empresa Consorcio minero Horizonte

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los costos operacionales en la empresa Consorcio minero Horizonte antes del cambio de explosivo
- Determinar los costos operacionales en la empresa Consorcio minero Horizonte después del cambio de explosivo
- Determinar el aumento de tonelaje en la basándonos en el cambio de explosivo antes y después de su ejecución

1.5. FORMULACIÓN DE HPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

- El cambio de explosivos optimizará los costos e incrementará la producción en voladura sin generar inconvenientes con la condiciones geomecánicas.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Los costos de voladura serán mayores antes de realizar el cambio de explosivo.
- Los costos de voladura después de la aplicación del cambio de explosivos serán eficiente en la empresa Consorcio minero Horizonte
- El cambio de explosivo generará una mejor producción de tonelaje en la empresa Consorcio minero Horizonte

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS

En otros experimentos tenemos como antecedentes de estudios realizados en optimización con el cambio de explosivos los siguientes temas:

- Oscar Jáuregui Aquino (2009). Reducción de los costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura, Universidad Católica del Perú, en donde plantea como objetivo obtener la reducción de los costos operativos de mina, aplicando un control y seguimiento en el área de perforación y voladura, en la que se obtiene una reducción de costos en voladura de 252,000 $/año, en reducción unitaria mina se obtuvo un 3.1% del Cash Cost Total de la empresa minera.

- Nelson Anchayhua Serna (2012). Cambio de explosivo para reducir costos por tonelada en minería a tajo abierto, Universidad

Peruana de Ciencias Aplicadas, en donde plantea como objetivo evaluar los costos entre ambos explosivos y demostrar el mejor rendimiento de las columnas explosivas, obteniendo una reducción de costos globales de manera importante al remplazar la mezcla ANFO de nitrato de amonio y petróleo por un producto de algo mayor costo inicial pero cuyo consumo es notablemente inferior, teniendo un ahorro de 0.02US$/TM y una reducción de factor de potencia de 12.5%, además de una menor proyección de Fly rock con el uso de la emulsión gasificada.

- Robert Medina Cortez (2014). Evaluación técnico-económica-ecológica de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en Cuajone, Universidad Nacional de Ingeniería, en donde plantea como objetivo analizar y evaluar la fragmentación obtenida además de llevar a cabo una evaluación económica usando una emulsión gasificada vs ANFO pesado en la que se obtiene un mejor resultado al general el cambio de explosivo en el campo de la fragmentación se obtuvo un P80 disminuido en 21.5% en comparación de análisis anteriores, además de llegar a la conclusión de un ahorro significativo en US$ 6,049,000 anuales, además de reducir la contaminación ambiental al no generar gases nitrosos.

- Angel Llaique Nuñoncca y William Sánchez Guevara (2015). Determinación del costo total de perforación para optimizar esta operación unitaria en mina modelo a tajo abierto, Universidad Privada del Norte, en donde plantea como objetivo determinar la influencia de los factores que intervienen en el costo total de perforación y cuál de ellos tiene mayor incidencia en la reducción de costos, obteniendo una mayor incidencia en la velocidad de perforación y un resultado de una reducción de costos de 48,000 US$ mensuales en terrenos suaves y 34,000 US$ para terrenos medios en las diferentes minas en donde se realizó el estudio.

- Paulo Carrasco Rojas (2015). Aplicación del método Holmberg para optimizar la malla de perforación y voladura en la unidad Parcoy - Cia. Consorcio Minero Horizonte s.a., Universidad Nacional de San Cristóbal de huamanga, en donde plantea como objetivo realizar un análisis de voladura aplicando el método de Holmberg en la Unidad Parcoy, obteniendo resultados en donde se minimizan las fallas de voladura de 5.7 a 3 disparos por mes, asegurando la eficiencia de la voladura de un 92% equivalente a un avance de 3.6m promedio por disparo

- Nelson Mauricio Laguna (2016). Mejoramiento de la producción en tajo mediante la optimización de las operaciones de perforación y voladura en la veta milagros PEC nivel 2360 de la

mina de la compañía consorcio minero horizonte s.a. – 2016, Universidad Nacional de Trujillo, en donde plantea la mejora de la producción mina, obteniendo una mejora de avance lineal de 12% de 2.5m a 2.8m, teniendo un ahorro de $110.01 por disparo. Logrando la reducción del costo de explosivos en un 43.76%.

- Efraín Aguilar Contreras y Fermín Vera Quispe (2016). Mejoramiento de los indicadores de avance por incremento de la longitud de perforación de 6 a 8 pies, aplicando voladura controlada con accesorios no eléctricos de retardo en la mina de la Compañía Minera Poderosa S.A., Universidad Nacional de Trujillo, en donde plantea como objetivo mejorar los indicadores de avance, pro actividad y costo de las operaciones mineras de perforación y voladura obteniendo una baja de costos de perforación y voladura de US$ 311.65 a US$ 288.32, además de aumentar el avance por disparo después de 4 mediciones de 1.66m/disp. a 2.05m/disp.

- José Ortiz Basauri y Alex Siguenza Rodríguez (2016). Propuesta de método de corte y relleno mecanizado para incrementar la producción en mina Lourdes, UEA, Parcoy, Consorcio Minero Horizonte. Universidad Privada del Norte, en donde plantea como objetivo la aplicación del método de explotación de corte y relleno Mecanizado para incrementar la producción de mineral en la veta

Lourdes concluyendo la rentabilidad de dicho cambio en el octavo mes recuperando 2’560.140$ que es el equivalente al costo de preparación.

- Franklin Tovar Llocclla, Aplicación del principio de la velocidad pico partículas (VPP) para minimizar el daño al macizo rocoso utilizando retardos- veta Lourdes Consorcio Minero Horizonte. Universidad de Nacional del centro del Perú, cuenta como objetivo la determinación de retardos adecuados para disminuir la velocidad de detonación con el fin de disminuir el daño al macizo rocoso y concluyendo que se disminuye el daño al macizo rocoso al utilizar retardos con intervalos menores a 49ms y disminuyendo la carga de explosivos.

2.2. BASES TEÓRICAS

La reducción de costos en voladura es esencial, por lo cual se buscan diferentes maneras de reducir el costo ya sea en los explosivos en el factor de carga, etc.

Los resultados que son generados en la explosión ya sean positivos o negativos son resultado de varios factores muy conocidos como: la malla de perforación, el factor de potencia (Fc), tipo de explosivo, etc.

Esta teoría busca el cambio de explosivos como opción esperando resultados óptimos comparados con los anteriores sin generar daños o

problemas operacionales, las explosivos utilizados en la aplicación de este proyecto son de características similares los cuales teniendo en consideración los valores del RMR con un aproximado entre 30-40, y el RQD con un valor aproximado entre 25- 50%, lo esperado es realizar el cambio de explosivos sin debilitar la roca de esta manera poder evitar accidentes posteriores.

Teniendo como conocimiento el factor de carga (FC) que es de 0.25-0.30 podríamos diseñar la manera de poder remplazar, disminuir o aumentar un explosivo por otro teniendo una mejora posterior de manera económica y operacional. Actualmente el explosivo utilizado es EXADIT para la mayoría de labores convencionales cercanas a la superficie en la empresa, se busca el cambio de explosivo de dinamita a emulsión ahorrando costos en voladura y generando mayor producción del mineral extraído.

Frente al problema de presencia de agua, y siendo fundamentalmente la evaluación geomecánicas de la roca un factor importante para el trabajo diario de voladura; en consecuencia se evaluara las condiciones actuales utilizando el explosivo tradicional Exadit y proponer el explosivo Emulex, que nos permite tener una mayor obtención de tonelaje extraído a diferencia del primer explosivo, observando las características del Emulex.

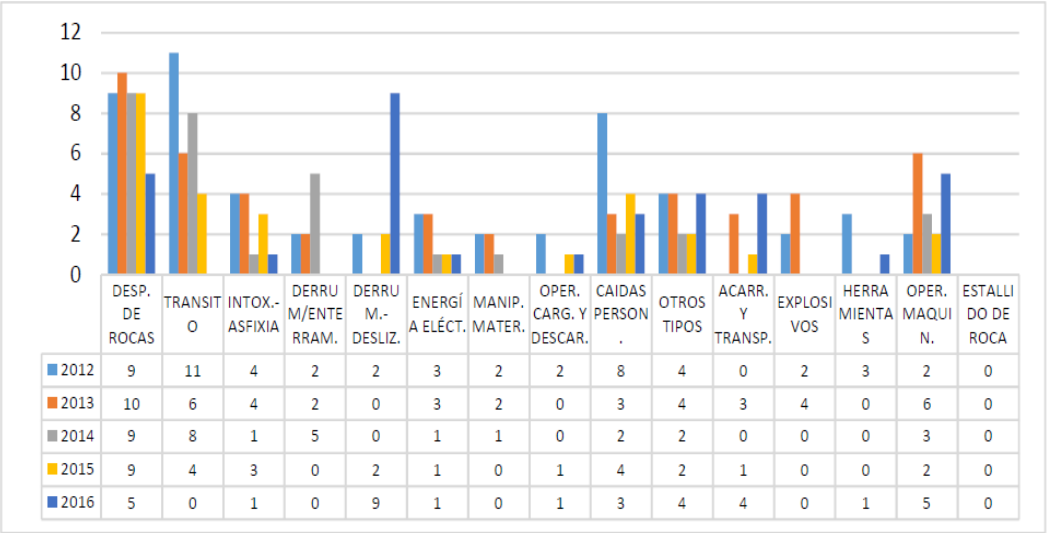
Para este caso tenemos que tener presente que estadísticamente hablando en casos de accidentes de toda clase el desprendimiento de rocas es el principal tipo de accidente que se produce en minería

Tabla 1:
Accidentes en minería

POR TIPO	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
DESP. DE ROCAS	9	10	9	9	5	**42**
TRANSITO	11	6	8	4	0	**29**
INTOX.-ASFIXIA	4	4	1	3	1	**13**
DERRUM/ENTERRAM.	2	2	5	0	0	**9**
DERRUM.-DESLIZ.	2	0	0	2	9	**13**
ENERGÍA ELÉCT.	3	3	1	1	1	**9**
MANIP. MATER.	2	2	1	0	0	**5**
OPER. CARG. Y DESCAR.	2	0	0	1	1	**4**
CAIDAS PERSON.	8	3	2	4	3	**20**
OTROS TIPOS	4	4	2	2	4	**16**
ACARR. Y TRANSP.	0	3	0	1	4	**8**
EXPLOSIVOS	2	4	0	0	0	**6**
HERRAMIENTAS	3	0	0	0	1	**4**
OPER. MAQUIN.	2	6	3	2	5	**18**
ESTALLIDO DE ROCA	0	0	0	0	0	**0**
TOTAL	**54**	**47**	**32**	**29**	**34**	

***Fuente**: Ministerio de Energía y Minas*

Figura 3:
Accidentes en minería



	DESP. DE ROCAS	TRANSITO	INTOX.-ASFIXIA	DERRUM/ENTERRAM.	DERRUM.-DESLIZ.	ENERGÍA ELÉCT.	MANIP. MATER.	OPER. CARG. Y DESCAR.	CAIDAS PERSON.	OTROS TIPOS	ACARR. Y TRANSP.	EXPLOSIVOS	HERRAMIENTAS	OPER. MAQUIN.	ESTALLIDO DE ROCA
2012	9	11	4	2	2	3	2	2	8	4	0	2	3	2	0
2013	10	6	4	2	0	3	2	0	3	4	3	4	0	6	0
2014	9	8	1	5	0	1	1	0	2	2	0	0	0	3	0
2015	9	4	3	0	2	1	0	1	4	2	1	0	0	2	0
2016	5	0	1	0	9	1	0	1	3	4	4	0	1	5	0

Fuente: *Ministerio de Energía y Minas*

Teniendo en cuenta la cantidad de accidentes ocasionados por desprendimiento de rocas realizaremos los cálculos necesarios para no afectar o aumentar la probabilidad de dicho accidente tomando como medidas los factores de potencia de los explosivos no excediendo la cantidad permitida para el tipo de roca en el que se emplea, tomando como paramentos los siguientes cálculos planteados

Tabla 2:
Cantidad de carga estimada por disparo

Área túnel m^2	Kilos de explosivo estimados por m^3 de roca		
	En roca dura y tenaz	En roca intermedia	En roca suave
1-5	2.60-3.20	1.80-2.30	1.20-1.60
5-10	2.00-2.60	1.40-1.80	0.90-1.20
10-20	1.65-2.00	1.10-1.40	0.60-0.90
20-40	1.20-1.65	0.75-1.10	0.40-0.60
40-60	0.80-1.20	0.50-0.75	0.30-0.40

Fuente: *José Ortiz Cayo*

2.3. DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION

MALLA PARA PERFORACION EN BREASTING

Es cuando la perforación se realiza de manera horizontal para la posible extracción de mineral del tajo, generalmente se realiza en tipos de explotación de corte y relleno ascendente en vetas angostas, donde la maquina se encuentra apoyada en el relleno, esta perforación se caracteriza principalmente porque existe un espacio entre el frente de perforación y el relleno.

El uso de la perforación en breasting se da por la mala calidad de roca que tiene, el espacio de la cara libre al frente de perforación se encuentra entre 1m, 0.8m, 0.5m, etc, dependiendo de las dimensiones y las condiciones de la roca.

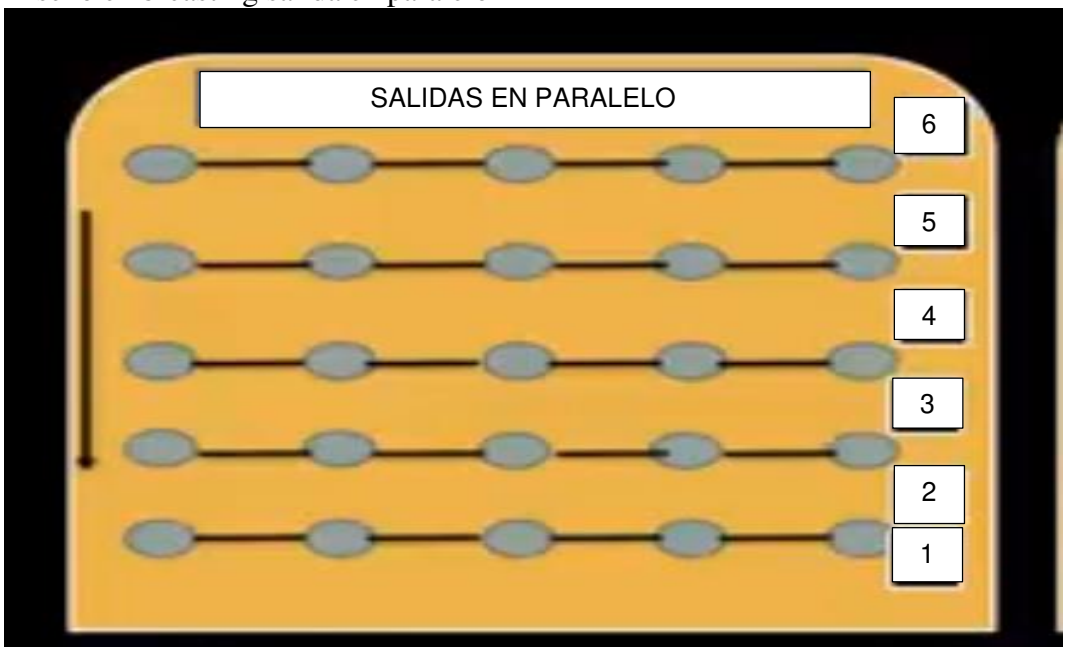
Figura 4:
Breasting con taladros horizontales



Fuente: *Manual de voladura Exsa*

Salidas en Paralelo: Tienen una secuencia de salida lineal

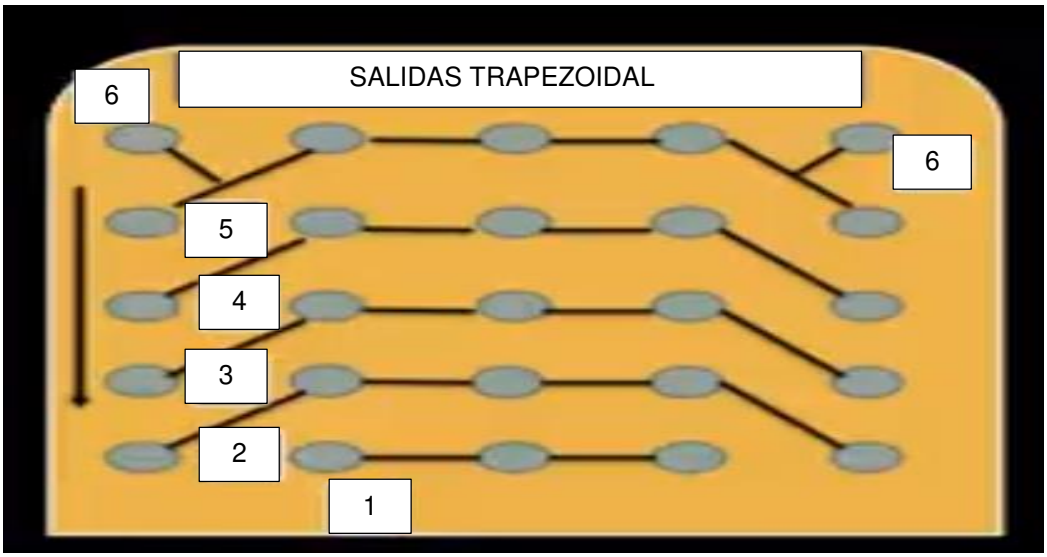
Figura 5:
Diseño en breasting salida en paralelo



Fuente: *CSRVP ingeniería intensiva*

Salida Trapezoidal: Tienen una secuencia en forma trapezoidal, se da en tipos de veta de mayor tamaño o mayor dimensión en el frente

Figura 6:
Diseño en breasting salida trapezoidal

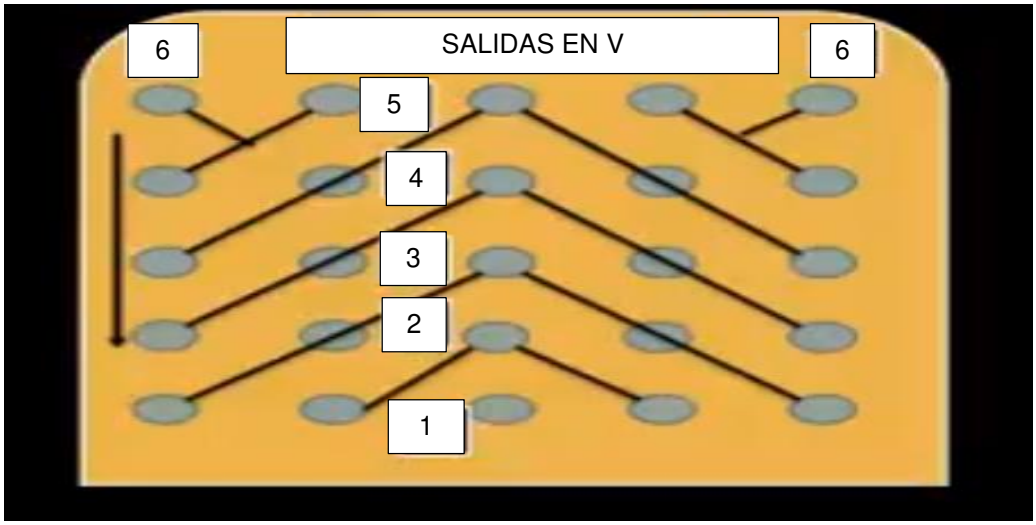


Fuente: *CSRVP ingeniería intensiva*

Salida en V: Tiene una secuencia de salida en forma triangular se da en tipos de vetas de mayor o mediano dimensión.

Figura 7:

Diseño en breasting salida en V

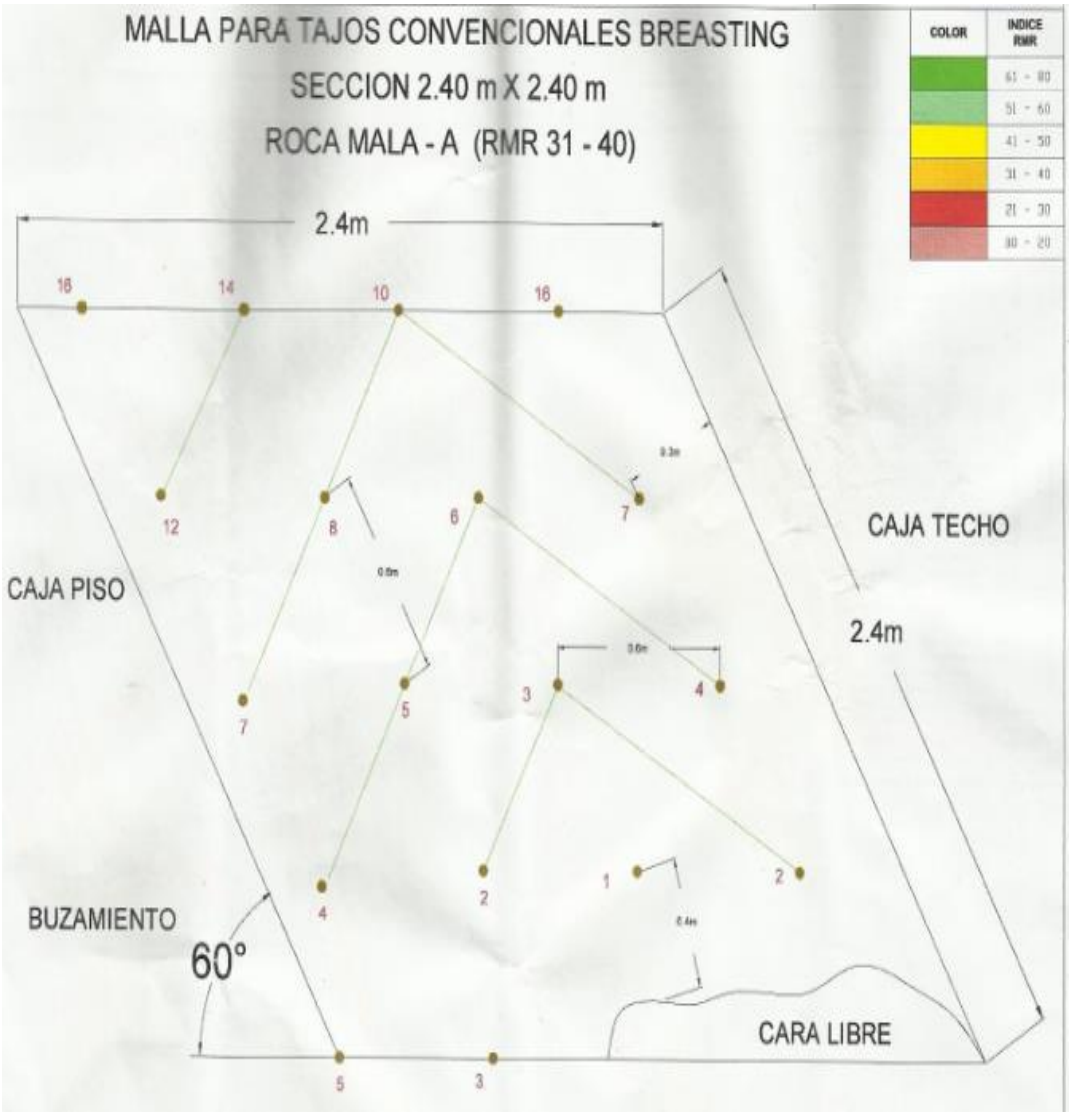


Fuente: *CSRVP ingeniería intensiva*

2.4. DISEÑO DE CARGA

El diseño de carga está compuesto por diferentes materiales de acuerdo a las características del terreno, entre sus partes tenemos el taco de detritus, y la carga de fondo compuesta por Exadit 45% conectadas por Exsanel, Cordón detonante y 2 Carmex

Figura 8:
Malla para tajos convencionales en Breasting



Fuente: *Consorcio Minero Horizonte S.A.*

Figura 9:
Diseño de taladros de Producción



N°EXSANEL	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	TOTAL
CANTIDAD	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	18

Fuente: *Consorcio Minero Horizonte S.A.*

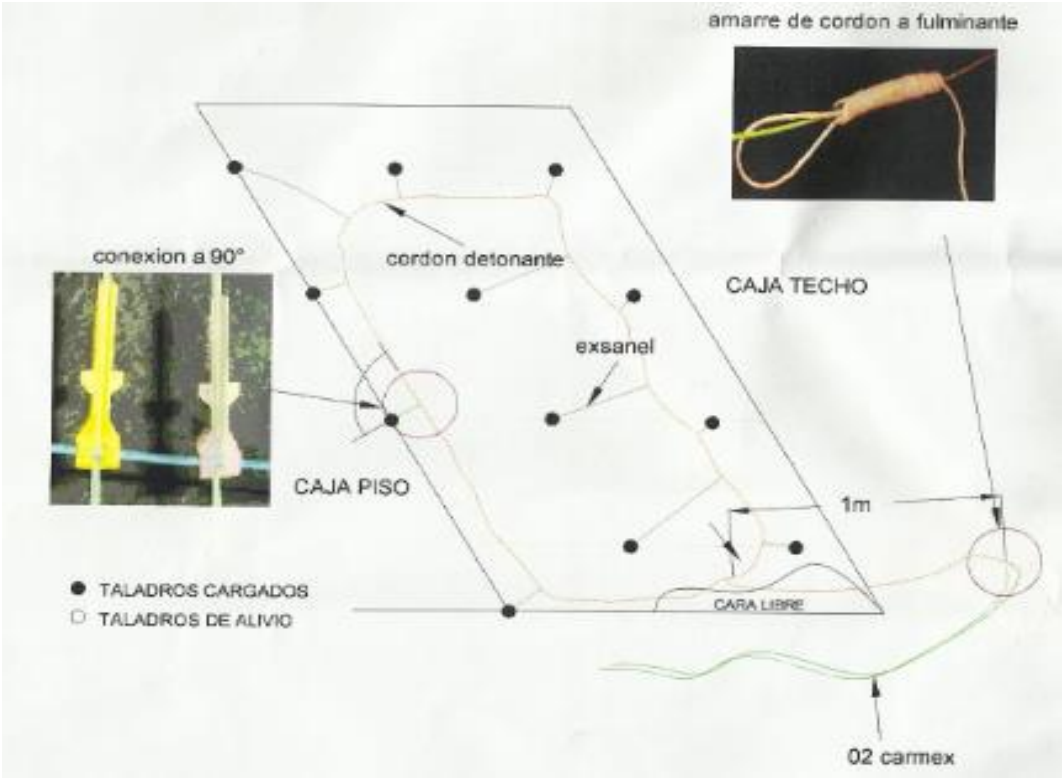
2.5. SISTEMA DE INICIACION EN VOLADURA

El sistema de iniciación de voladura controlada esta presentado por 10 pasos para una voladura sin presencia de tiros cortados por chispeo

- Conexión de gancho conector a 90° hacia el cordón detonante
- Evitar la formación de ángulos cerrados en la conexión del gancho al cordón detonante
- No tensar en exceso el cordón detonante ni pegar la línea del cordón detonante hacia la roca
- Verificar la conexión de los ganchos, que el tubo de choque tenga contacto con el cordón detonante
- No hacer demasiado nudo con el cordón detonante al fulminante

- Evitar rozar el cordón detonante a las mangueras del exsanel en la boca del taladro
- Tener una distancia promedio de 1m del amarre del fulminante al frente
- Tener en orden la secuencia de salida para realizar el enganche
- La detonación del fulminante inicial (carmex) debe estar al aire, evitando proyección de partículas al sistema de amarre
- Evitar el maltrato (pisoteo, golpes, cortes, etc.) antes y durante el carguío de frente

Figura 10:
Sistema de amarre y conexión para tajos convencionales



Fuente: *Consorcio Minero Horizonte S.A.*

2.6. DEFINICIÓN DE TERMINOS

2.6.1. Emulex:

Emulsión encartuchada formulada para ser utilizada en el carguío de taladros positivos por su excelente consistencia y, gracias a su alto poder rompedor, es apropiada para ser empleada como cebo o primera carga de columna en taladros de diámetros pequeños a intermedios en trabajos de minería subterránea, tajo abierto, obras civiles y canteras. Gracias a su excelente resistencia al agua puede ser utilizada en taladros húmedos e inundados ofreciendo buenos resultados de fragmentación. (Exsa, 2008, p.2)

2.6.2. Exadit:

Dinamita diseñada para optimizar la eficiencia en la explotación de tajeos de producción en roca suave a semidura. Por su buen poder rompedor y alto empuje es ideal para realizar voladuras controladas (Exsa, 2008, p.2)

2.6.3. Método de corte y relleno

Es un método de explotación que consiste en la extracción de mineral en diferentes pisos ya sea en sentido ascendente o descendente, para después ser remplazado por material estéril preparado, y de esta manera funciona como

techo o piso para continuar con la extracción de manera horizontal se aplica en su mayoría en vetas.

2.6.4. Breasting

Es un método de extracción de mineral aplicado en tajos puede ser de manera horizontal tanto como vertical dependiendo de las condiciones de la roca y tipo de extracción de mineral, teniendo como arranque una malla de perforación similar a la aplicada en bancos

2.6.5. Factor de Potencia:

Es la relación entre el peso del explosivo y el tonelaje extraído. El facto de potencia generalmente esta expresado en Kg/Tn

$$Fp = \frac{Cc}{Tn}$$

Donde:

Cc: Cantidad de carga total necesaria por disparo

Tn: Tonelaje extraído

2.6.6. Método de Protodiakonov

La fórmula para el cálculo de número de taladros por el método de Protodiakonov es el siguiente

$$N = K\sqrt{F\ x\ S}$$

Donde

K: Factor de corrección según ángulo de fricción

F: Factor relacionado con el tipo de roca

S: Área de sección de explotación

2.6.7. RQD:

Son las siglas en inglés para Rock Quality Designation, es un tipo de clasificación geomecánicas y se determina o calcula en la etapa de exploración al realizar las perforaciones diamantinas, se miden los trozos de testigos que tengan una medida mayor de 10cm en el testigo general, divididos entre la longitud total del testigo explorado. Se define con esta fórmula:

$$RQD = \frac{\sum Trozos > 10cm}{L} x100\%$$

(Deere, 1966, Classification and Index Properties for Intact Rocks)

2.6.8. RMR:

Son las siglas en inglés para Rock Mass Rating también conocido con el nombre geomecánicas de Bieniawski, es un tipo de clasificación geomecánicas que fue presentado en el año 1973 y fue sucesivamente modificados hasta los años 1989, en conjunto con la practica geomecánicas del Q de Barton son las clasificaciones más utilizadas, y se obtiene estimando 5 parámetros:

- La comprensión uniáxial
- El RQD
- Espaciamiento entre diaclasas
- El estado de las diaclasas
- Condiciones de aguas subterráneas

2.6.9. Q de Barton:

Es un tipo de clasificación geomecánicas que permite estimar parámetros geotécnicos del macizo y diseñar sostenimientos para túneles, y se obtienen con la estimación de 6 parámetros:

- El grado de fracturación del macizo rocoso
- Índice de rugosidad de las discontinuidades
- Índice que indica la alteración de las discontinuidades
- Coeficiente por presencia de aguas
- El estado tensional del macizo rocoso

- RQD (Rock Quality Designation)

(N. Bartonm, R. Lien, J Lunde, 1974, Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support)

2.7. GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIOS

El batolito de Pataz es una gran masa rocosa, constituido por areniscas, lutitas, por otro lado la mineralogía de las vetas se emplazó en los granitos, granodioritas, tonalitas y microtoalitas. En cuanto a su mineralogía se tiene como principales el cuarzo, oro pirita, arsenopirita, esfalerita, galena, calcopirita.

Figura 11:
Geología Local



Fuente: *Camacho Gutiérrez, Anderson*

CAPITULO III

GENERALIDADES

3.1. RESEÑA HISTORICA

Hace más de tres décadas, dos entusiastas socios y amigos, Rafael Navarro Grau y Jaime Uranga Bustos, dispuestos a no cejar en su empeño de desarrollar una minería eficiente y productiva, fundaron Consorcio Minero Horizonte, aportando lo mejor de sus habilidades para gerenciar y liderar equipos junto con su interés de impulsar el crecimiento del país.

Estamos hablando de setiembre de 1978, y el Perú, en esa década, siendo depositario de una ancestral y milenaria herencia minera, aún no se abría al mundo y a nuevos mercados. Este contexto resultó un reto para los socios, quienes iniciaron las operaciones del Consorcio con el procesamiento de los relaves del antiguo Sindicato Minero Parcoy, cerrado desde 1960. Pese al esfuerzo y trabajo constantes, los resultados no llegaron al óptimo trazado, por lo que decidieron realizar labores de exploración en la mina, a la que bautizaron como “Fernandini”. El incursionar en este rubro resultaría crucial en la historia de CMH: un; hallazgo puso al descubierto la veta Rosa Orquídea, rica en oro y tributaria

del famoso Batolito de Pataz. Con ella, la tenacidad rindió finalmente sus frutos: se logró la primera producción de 1,600 onzas (50 kilos) de oro anual.

3.2. UBICACIÓN

Consorcio Minero Horizonte S.A. se encuentra ubicada en la cordillera de os andes del Norte del Perú, en la región La Libertad, en la provincia de Pataz, y a una altitud 2785 m.s.n.m. y teniendo una profundidad de 800m en vertical.

Figura 12:
Mapa de ubicación de Consorcio Minero Horizonte



Fuente: *José Francisco Ramírez Gómez*

3.3. ACCESIBILIDAD:

El acceso a la Unidad minera se realiza por vía aérea y terrestre

Vía aérea: Lima – aeropuerto de Pías, en un tiempo aproximado de 1hora 20 minutos.

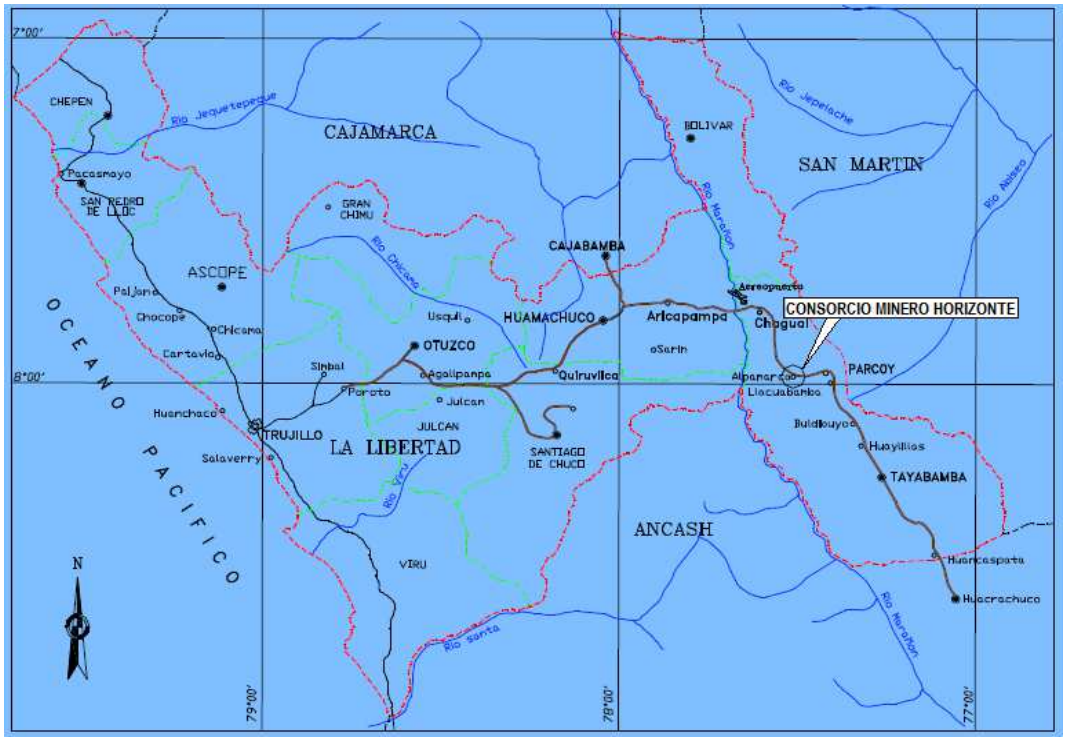
Vía terrestre: El acceso a la mina se realiza por varios tipos de transporte, por vía terrestre, partiendo desde Trujillo, se viaja en auto hasta Huamachuco 6 horas, y de allí a Retamas 12 horas.

Cuadro de distancias promedios en Kilómetros.

Lima – Trujillo = 560 Km

Trujillo – Parcoy = 400 Km

Figura 13:
Ubicación y vías de acceso a Consorcio Minero Horizonte



Fuente: *Consorcio Minero Horizonte S.A.*

3.4. CLIMA:

La zona se ubica entre las cotas 2000 y 3000 m.s.n.m. con un clima esencialmente templado, la vegetación de esta zona es abundante y variada dando la apariencia de ceja de selva, esto se debe a que llueve por espacio de 8 meses, presentando dos estaciones bien marcadas, una estación de invierno que va desde septiembre hasta fines de abril aproximadamente, y otra de verano, desde mayo hasta fines de agosto de tal forma que su vegetación se mantiene verde durante todo el año.

3.5. METODO DE EXPLOTACION:

La empresa Consorcio Minero Horizonte es una mina de oro (vetas) por lo cual se realiza una explotación de manera subterránea con el método Cut and Fill, más conocido como, Corte y Relleno mecanizado y convencional, teniendo como consecuencia la construcción de rampas, galería, cruceros, etc.

La mina está conformada por un sistema de vetas que cuentan con una extensión de 7km de longitud y 800m en vertical, las vetas más importantes son: Lourdes, Candelaria, Milagros, Rosa, Encanto. Teniendo como dimensiones en los tajos convencionales 30m de largo por 25m de alto mientras que en los tajos mecanizados cuentan con dimensiones de 100m de largo por 25m de alto, las chimeneas son de tipo Raise borer y

con chimeneas Alimak y el transporte de mineral del interior mina a la planta de beneficio es mediante volquetes de 25 toneladas.

3.6. FASES DE MINADO

3.6.1. PERFORACION

La perforación Mecanizada es realizada con jumbos electrohidráulicos con la longitud de barra de 13 pies y un diámetro de broca de 45mm siguiendo los parámetros de estipulados en la malla de perforación la cual es diseñada en función de las propiedades de la roca: RQD, RMR, Q, GSI.

La perforación Convencional es realizada con perforadoras Jack Leg marca Toyo (marca japonesa), Seko (marca china), Atlas (solo para sondeos), RNP las barras son de 4', 6' y 8' con brocas de diámetro de 38mm o 40mm.

3.6.2. VOLADURA

La voladura se efectúa con explosivo Exadit 45% y Exablock, para labores convencionales dependiendo las dimensiones de cada labor en donde se realice la voladura, por otro lado en los tajos mecanizados el explosivo utilizado es Emulex 45%, Semexsa 45% y Exablock para el precorte, el Exadit 45% a utilizar son de dimensiones 7'' de largo y 7/8'' de diámetro, con una velocidad de detonación de 3000Kj/Kg teniendo el nuevo explosivo las mismas dimensiones que el

Exadit 45 excepto en la potencia siendo esta 3450Kj/Kg y la principal diferencia la resistencia al agua, siendo iniciado en ambos casos por el exsanel con fulminante Nro 8.

3.6.3. VENTILACION

En la etapa de ventilación se realiza mediante mangas de ventilación de diferentes diámetros 30’ 15’ 10’ dependiendo si las secciones son mecanizadas o convencionales durante un periodo de 1 hora a mas dependiendo de la temperatura y contaminación de la labor, la ventilación debe realizarse todo el momento en el que los equipos diésel se encuentren dentro de la labor.

Figura 14:
Manga de ventilación de 20’



Fuente: *Autoría Propia*

3.6.4. DESATADO

En la etapa de desatado de roca se realiza de manera manual para alturas menores a 3.5m de alto con barretilla de 6', 8', 10', 12'; en caso la altura de desatado sea mayor a 3.5m se realiza con maquinaria a control remoto (Skyer), teniendo el control y la supervisión para no exponer al personal en algún accidente o incidente.

Figura 15:
Desatado y desquinche del tajo



Fuente: *Autoría Propia*

3.6.5. LIMPIEZA

La limpieza se efectúa con scoop R1300G de 2.5yd^3, 4.0yd^3 y 6.0yd^3; los scoops trasladan el material hacia cámaras de acumulación cercanas en donde son acarreados con Dumper de 12Tn hacia los Poket principales para luego ser

transportados en volquetes de 25Tn hacia superficie a la planta concentradora, aunque en algunos de los casos la limpieza se realiza directamente del scoop a los volquetes para ser llevados a la planta concentradoras.

Figura 16:
Limpieza de tajo disparo Nr.3



Fuente: *Autoría Propia*

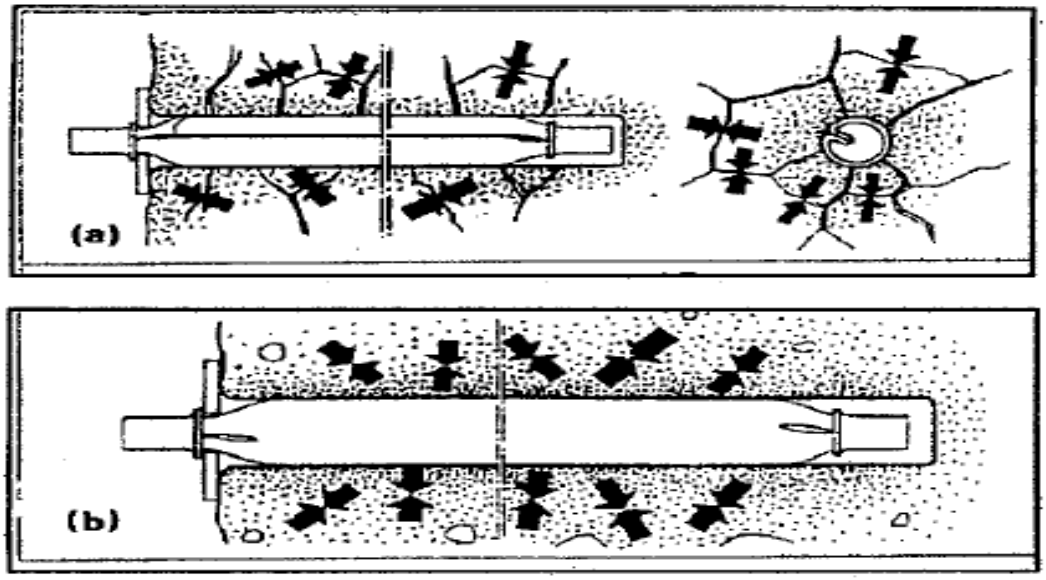
3.6.6. SOSTENIMIENTO

Mecanizado

El sostenimiento se realiza siguiendo las recomendaciones de geomecánicas, cimbras metálicas en labores principales, y pernos de hildrabolt de 7', con mallas

electro soldadas y al final una ligera capa de shotcrete de 1-2'' de espesor para labores de producción.

Figura 17:
Trabajabilidad de los anclajes de expansión



Fuente: *Víctor carrasco Rojas*

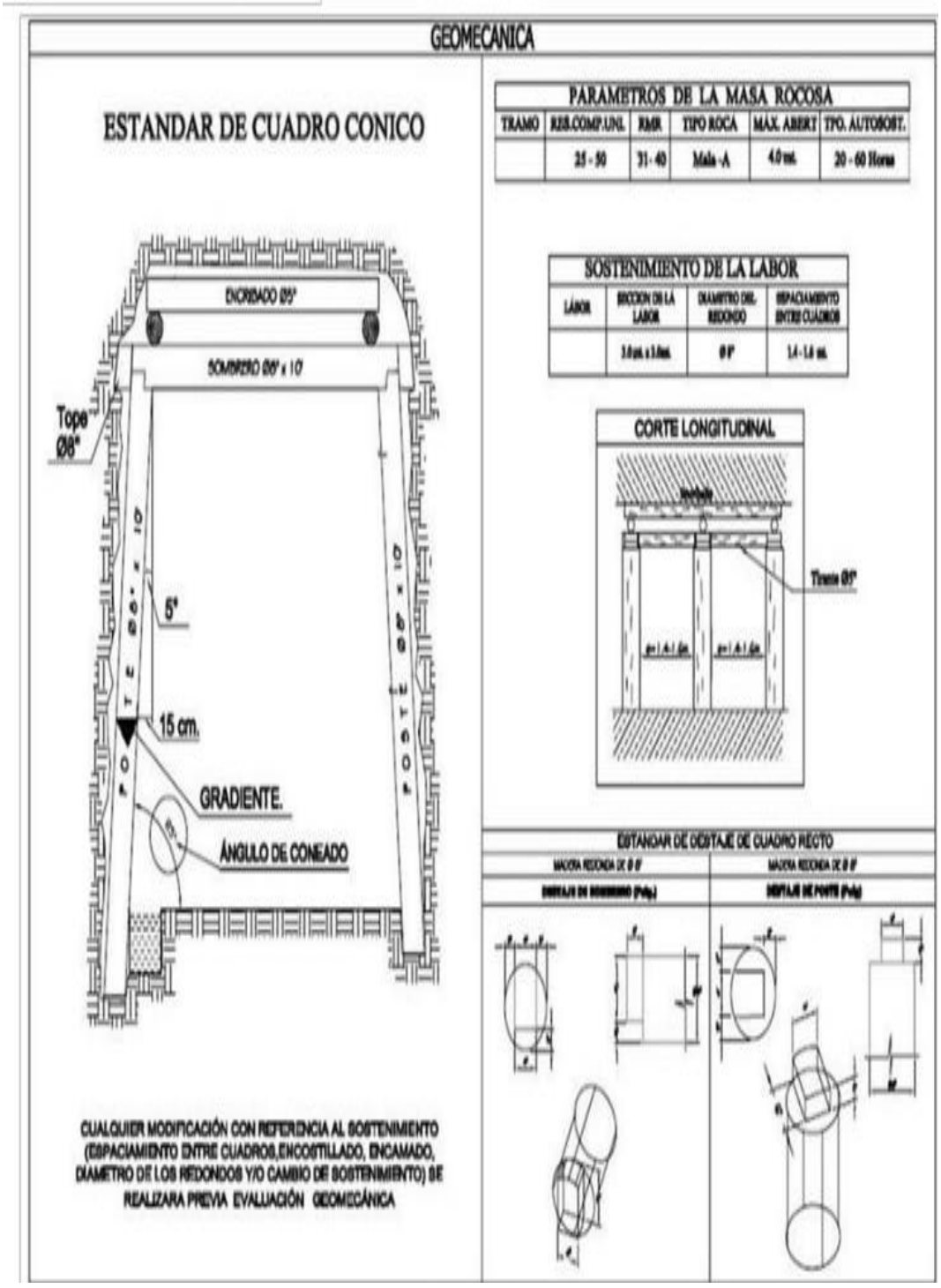
Convencional

El sostenimiento en labores convencionales se realiza en su mayoría con cuadros de maderas siguiendo su metodología de aplicación

- Lavar el techo y los hastiales con agua a presión
- Realizar el desate de roca eliminando cuñas y bloques abiertos, cumpliendo el PETS de desate de rocas
- Colocar guarda cabezas con redondos de 5'' de diámetro
- Instalar cuadros con todos sus accesorios

- La primera vuelta de en cribado deberá ser con redondos de 6'' de diámetro
- La patilla deberá tener 0.3m de profundidad para ambos postes
- Se colocara plantilla o solera en los postes dependiendo de la recomendación geomecánicas

Figura 18:
Estándar de cuadros cónicos



Fuente: *Consorcio Minero Horizonte S.A.*

3.7. SISTEMA DE SEGURIDAD

Como parte del compromiso con la comunidad y sus trabajadores la empresa Consorcio Minero Horizonte tiene como objetivo central eliminar los accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales así como la mejora del medio ambiente, contando con la certificación de OHSAS 18001, ISOS 9001 y ISOS 14001, lo cual refleja la gestión de calidad continua y sostenible con la que cuenta CMH.

Figura 19:
Charlas de capacitación



Fuente: *Autoría Propia*

CAPITULO IV

MARCO METODOLOGICO

4.1. TIPO Y DISEÑO

4.1.1. TIPO

Aplicativo

4.1.2. DISEÑO

Pre-experimental

4.2. NIVEL DE INVESTIGACION

Investigación Comparativa y experimental.

4.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

4.3.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Explosivo inicial Exadit 45%

Explosivo nuevo Emulex 45%

4.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Producción

Tn obtenido por disparo con Exadit 45%

Tn obtenido por disparo con Emulex 45%

Costo

Cantidad de insumos de explosivos

Cantidad de insumos de explosivos

Costos por tonelaje con Exadit 45%

Costos por tonelaje con Emulex 45%

4.4. POBLACION Y MUESTRA

4.4.1. POBLACION

La población para este proyecto se obtuvo en el Tajo 1993

4.4.2. MUESTRA

Como muestra se analizaron 10 disparos de cada uno de las variables independientes en el cual se consideraron el tonelaje extraído.

4.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

Para realizar el siguiente trabajo se recopilara información de las operaciones, mostrando los resultados en forma práctica, teniendo como técnicas:

- Se tomara información escrita y oral recopilada en el campo de investigación

- Se analizara información recaudada y recopilada tomando en cuenta investigaciones anteriores relacionadas al proyecto.

4.6. VALIDACION Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Para la verificación de la hipótesis se realizara una prueba estadística a un 95% de asertividad.

4.7. METODO Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS

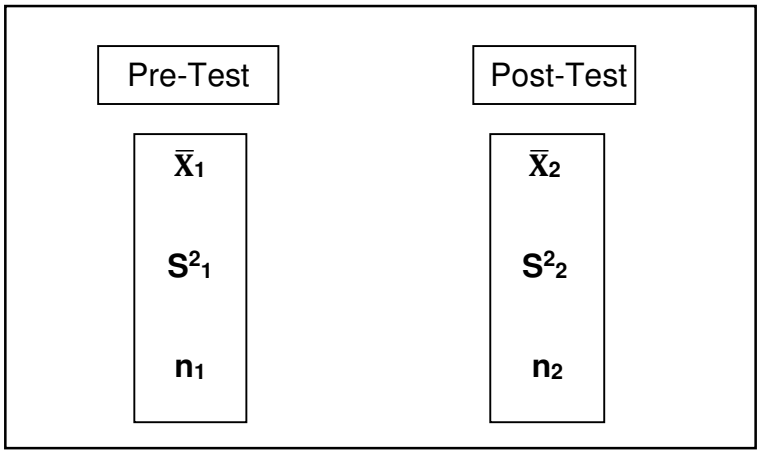
Para la siguiente hipótesis se realizó pruebas estadísticas de comparación dependientes

- Método estadístico:

  Se analiza y realiza una comparación de las muestras utilizando la prueba T-student relacionadas o pareadas a una confiabilidad del 95%

  Primero se verifico que las muestras vengan de una distribución normal basándonos en la prueba estadística W de shapiro-Wilk.

Cuadro 1:
Esquema de comparación de Pre-Test y Post-test



Fuente: *Elaboración Propia*

Donde

$\bar{X}_1$ = Media

S_1^2= Varianza

n_1 = Muestra

- Para la presentación

  Los resultados se presentaran en gráficos y cuadros para la muestra de resultados

  Para la información obtenida sobre los datos estadísticos se utilizaran los programas de MS Exsel 2010 y SPSS

:

CAPITULO V

PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Tonelaje extraído

5.1.1.1. Comparación de explosivos

Tabla 3.
Avance lineal por disparo

Nro. disparo	Exadit 45%		Emulex 45%	
	Avance (m)	Efectividad (%)	Avance (m)	Efectividad (%)
1	1.40	0.78	1.71	0.95
2	1.3	0.75	1.60	0.89
3	1.29	0.72	1.58	0.88
4	1.29	0.72	1.65	0.92
5	1.15	0.64	1.65	0.92
6	1.02	0.57	1.67	0.93
7	1.04	0.58	1.60	0.89
8	0.99	0.55	1.62	0.9
9	1.04	0.58	1.71	0.95
10	1.04	0.58	1.65	0.92

Fuente: *Autoría propia*

Tabla 4:
Tonelaje extraído por disparo

Nro disparo	Exadit 45% (Tn)	Emulex 45% (Tn)
1	22	27
2	21	25
3	20	25
4	20	26
5	18	26
6	16	26
7	16	25
8	15	25
9	16	27
10	16	26

Fuente: *Autoría propia*

Los datos obtenidos fueron extraídos durante el mes de septiembre y noviembre del 2018, en este periodo se muestra que con el primer explosivo va disminuyendo el avance línea en cada perforación los valores varían siendo el menor 0.99m y el mayor 1.4m obteniendo por consecuencia los siguientes tonelajes teniendo como menor 15Tn/disparo y el mayor 22Tn/disparo, mientras que con el segundo explosivo los valores lineales aumentan siendo el menor 1.58m el mayor 1.71m por lo cual los tonelajes obtenidos varían siendo el menor 25 Tn/disparo y el mayor 27 Tn/disparo.

5.1.1.2. Prueba t para comparación de medias

El siguiente procedimiento compara las muestras calculando independientemente las estadísticas de cada explosivo según su tonelaje extraído.

Teniendo una confiabilidad del 95,0% de confianza, determinamos la media estándar del explosivo Exadit es de 18±2.53 (20.53,15.47) y para el explosivo Emulex 25.8±0.788 (26.59,25.01) y para la condición de muestras pareadas o relacionadas los valores de diferencia entre las medias son -7.8±2.57 (-5.23,-10.37).

Comprobación de hipótesis

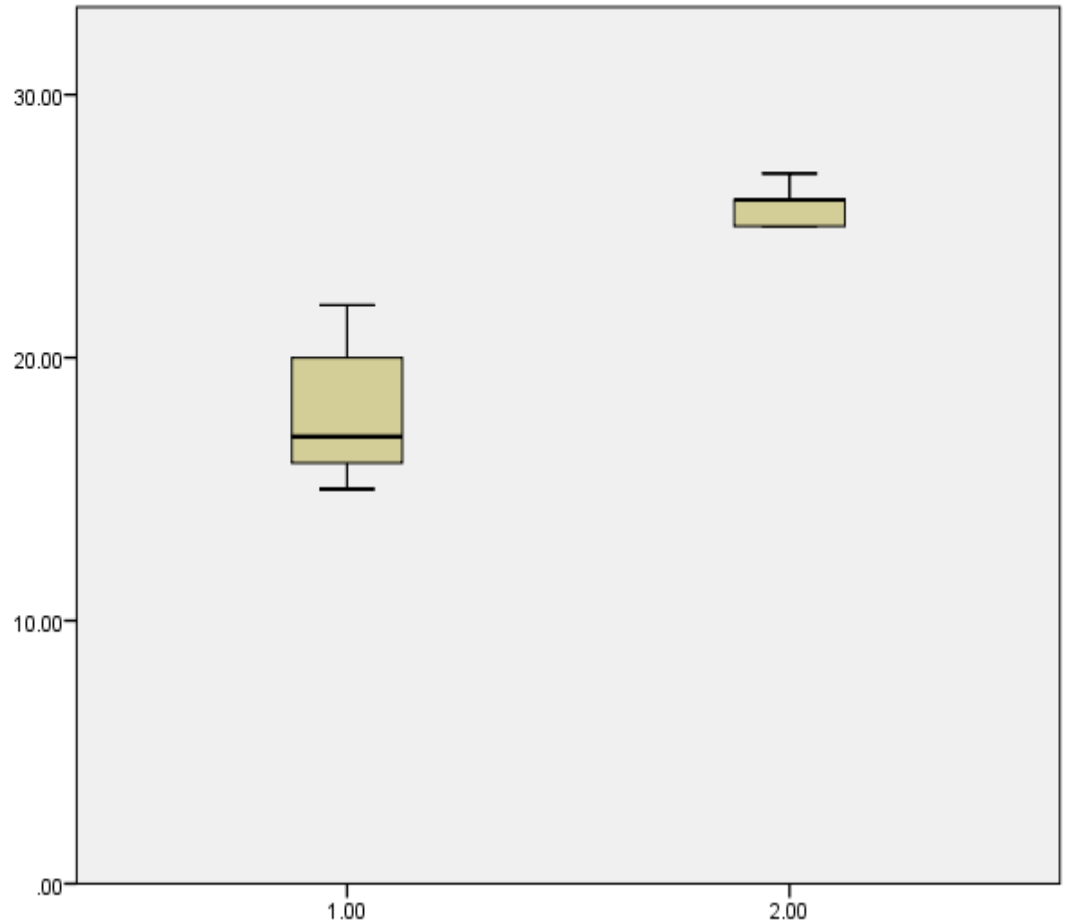
H0:media1=media2

H1:media1<>media2

En el caso de muestra relacionada el valor P es 0.00, la diferencia entre las medias de los resultados se extienden desde -5.23,-10.3

Puesto que el valor-P es menor que α=0.05 se rechaza H0 y se acepta H1

Figura 20:
Grafica de diagrama de caja para tonelajes extraído entre explosivos



Fuente: *Autoría Propia*

5.1.2. Cantidad de explosivos requeridos

5.1.2.1. Cantidad de explosivos Exadit 45%

Calculo de taladros según Protodiaconov

$$Nr = K\sqrt{FxS}$$

$$Nr = 2.7\sqrt{8(2.4x2.4)}$$

$$Nr = 18$$

Cantidad de carga necesaria según el explosivo propuesta por Calvin Konya

$$dc = \frac{(Sg\ explosivo)(Dexplosivo)^2\pi}{4000}$$

$$dc = \frac{(1.02)(22)^2\pi}{4000}$$

$$dc = 0.38Kg$$

Cantidad de Carga lineal

$$Qc = dc\ x\ (Lcarga)$$

$$Qc = 0.38Kg\ x\ (1.8m - 0.6m)$$

$$Qc = 0.47kg/taladro$$

Carga total

$$Cc = Ct\ x\ Nr\ tal$$

$$Cc = 0.47kg/taladro\ x\ 18$$

$$Cc = 8.50kg/disparo$$

Factor de Potencia

$$Fp = \frac{Cc}{Ton}$$

$$Fp = \frac{8.50\ kg/disparo}{28Tn/disparo}$$

$$Fp = 0.30kg/Tn$$

Nr Cartuchos

$$N°c = \frac{Qc}{m}$$

$$N°cartuchos = \frac{0.47kg/m^3}{68.94} x100$$

$$N°cartuchos = 7$$

5.1.2.2. Cantidad de explosivos Emulex 45%

Calculo de taladros según Protodiaconov

$$Nr = K\sqrt{FxS}$$

$$Nr = 2.7\sqrt{8(2.4x2.4)}$$

$$Nr = 18$$

Cantidad de carga necesaria según el explosivo propuesta por Calvin Konya

$$dc = \frac{(Sg\ explosivo)(Dexplosivo)^2\pi}{4000}$$

$$dc = \frac{(1.00)(25)^2\pi}{4000}$$

$$dc = 0.49Kg/m$$

Esperando no realizar daños por el cambio de explosivos partimos del Factor de potencia anterior para encontrar la cantidad adecuada de cartuchos con el nuevo explosivo

$$Fp = 0.30kg/Tn$$

$$Cc = Fp\ x\ (Ton)$$

$$Cc = 0.30kg/Tn\ x\ 28Tn/disparo$$

$$Cc = 8.4Kg/disparo$$

$$Qc = 0.46Kg/taladro$$

Nro de cartuchos

$$N°c = \frac{Qc}{m}$$

$$N°c = \frac{0.46kg/taladro}{87.23}x100$$

$$N°cartuchos = 5$$

Cantidad de carga lineal corregida

$$Qc = dc\ x\ (L\ carga)$$

$$Qc = 0.49Kg/m\ x\ (0.89m)$$

$$Qc = 0.436kg/taladro$$

Factor de Potencia corregido

$$Fp = \frac{Qc\ x\ Nr\ tal}{Ton}$$

$$Fp = \frac{0.436Kg/taladro\ x\ 18}{28Tn/tal}$$

$$Fp = 0.28kg/Tn$$

5.1.2.3. Costos de explosivos con Exadit 45%

Para el cálculo de costos de explosivos se tomaron en cuenta los taladros perforados, la cantidad de insumos y explosivos, teniendo como referencia el sistema de amarre y conexiones para tajos convencionales aprobados por el departamento de Perforación y voladura

Tabla 5:
Costos por disparo con explosivo Exadit 45%

Descripción	Cantidad	Dimensión	unidad	$/U	Total $
Exadit 45%	126	7/8"x7"	US$/cart	0.15	18.9
Exsanel	18	2.1mts	US$/piez	1.05	18.9
Cordón Detonante	9	3P	US$/Mt	0.21	1.89
Carmex	2	6'	US$/piez	0.63	1.26
					40.95

Fuente: *Autoría Propia*

5.1.2.4. Costos de explosivos con Emulex 45%

Para el cálculo de costos de explosivos se tomaron en cuenta los taladros perforados, la cantidad de insumos y explosivos, teniendo como referencia el nuevo factor de potencia corregido teniendo una disminución de cartuchos como único cambio momentáneo.

Tabla 6:
Costos por disparo con explosivo Emulex 45%

Descripción	Cantidad	Dimensión	unidad	$/U	Total $
Emulex 45%	90	7/8"x7"	US$/cart	0.2	18
Exsanel	18	2.1mts	US$/piez	1.05	18.9
Cordón Detonante	9	3P	US$/Mt	0.21	1.89
Carmex	2	6'	US$/piez	0.63	1.26
					40.05

Fuente: *Autoría Propia*

5.1.2.5. Costos de mano de obra por disparo

Los costos en mano de obra no varía significativamente al realizarse el miso trabajo diariamente tanto con el explosivo inicial como con el nuevo siendo los costos principales los cuales tomaremos en consideración.

Tabla 7:
Costos mano de obra al día por labor

		Unidad	Cantidad	Prestación %	P. U (S./)	P parcial	Total
Mano de Obra							
	Perforista	hh	1	100	8.55	68.4	
	Ayudante	hh	1	100	7.25	58	
							126.4
Dirección Técnica							
	Ing. Guardia	hh	1	10	23	18.4	
	Ing. Seguridad	hh	1	10	25	20	
	Capataz	hh	1	10	10.5	8.4	
							46.8

Fuente: *Autoría Propia*

5.1.2.6. Prueba t-student para comparación de medias

El siguiente procedimiento compara las muestras calculando independientemente las estadísticas y muestras de cada tipo de explosivo en base a sus costos.

Teniendo una confiabilidad del 95,0% de confianza, determinamos la media estándar del explosivo Exadit es de 277.70±123.98 (401.68,153.72) y para el explosivo Emulex 272.76±121.25 (394.01,151.51) y para la condición de muestras pareadas o relacionadas los valores son -4.95±2.72 (7.67,2.23).

Comprobación de hipótesis

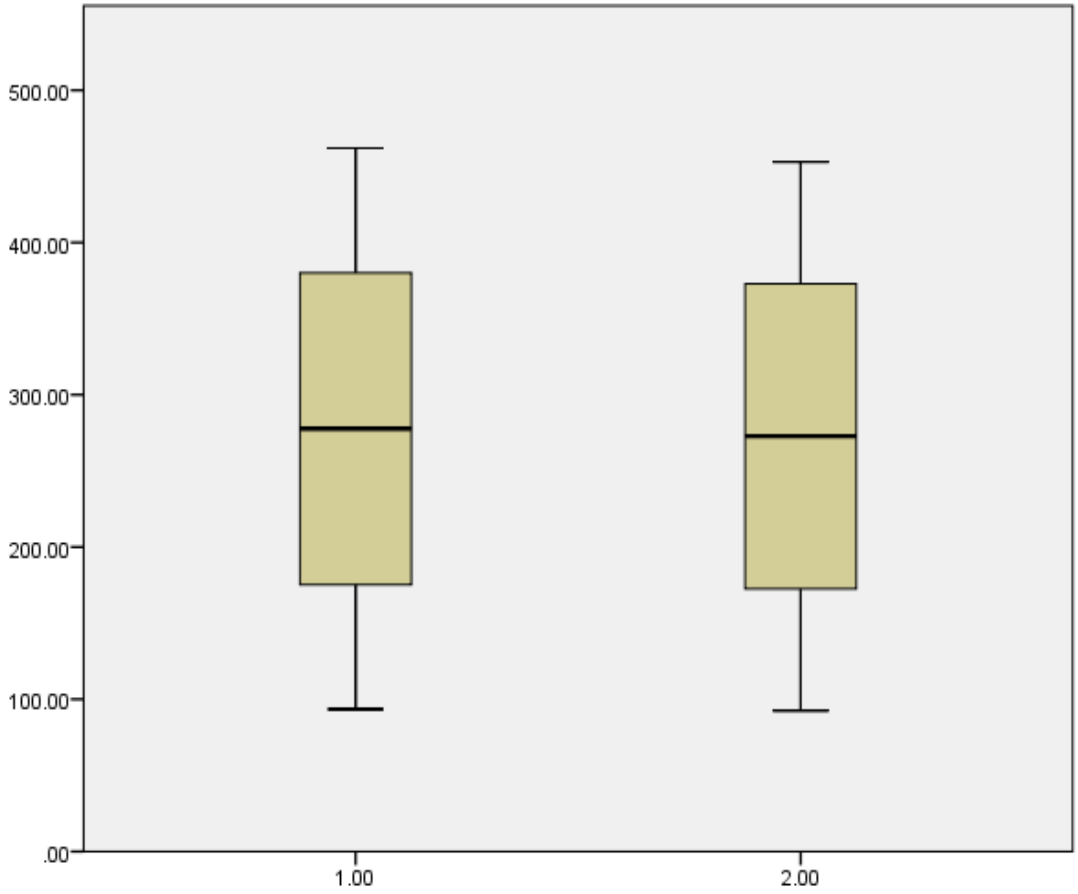
H0:media1=media2

H1:media1<>media2

En el caso de muestra relacionada el valor P es 0.00, la diferencia entre las medias de los resultados se extienden desde 7.67 hasta 2.23

Puesto que el valor-P es menor que α=0.05 se rechaza H0 y se acepta H1

Figura 21:
Grafica de diagrama de caja para costos entre explosivos



Fuente: *Autoría Propia*

5.2. DISCUSIONES Y COMPAROCIONES

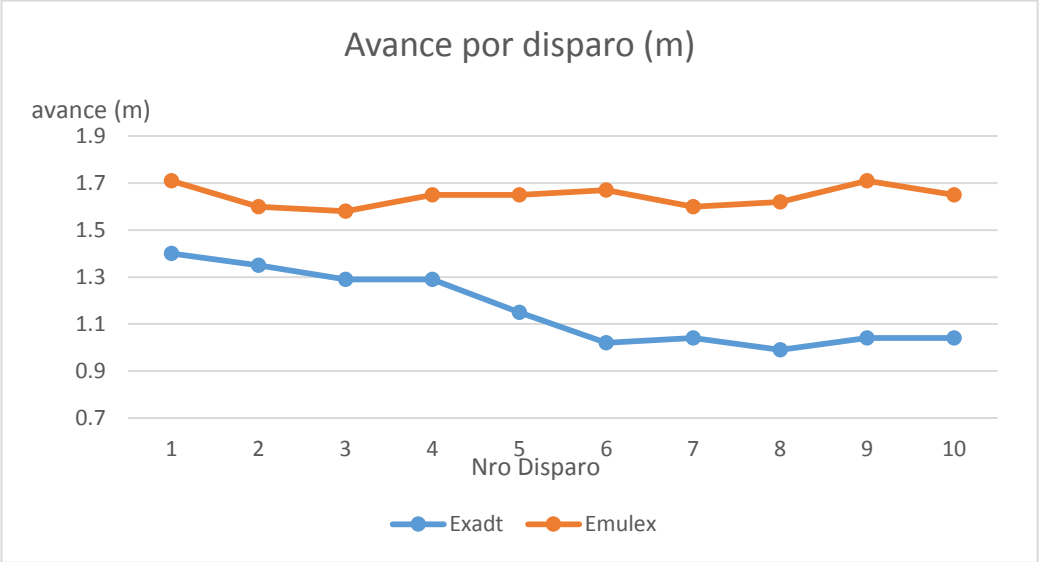
5.2.1. Análisis de tonelaje extraído

El cambio de explosivo está determinado principalmente por la presencia de agua encontrada recientemente en la labor siendo el explosivo inicial utilizado en terreno seco, al cambiar de explosivo por emulsión vemos una mejora en el momento del disparo al no encontrar tiros cortados y disminuyendo los problemas en voladura en presencia de agua, observando una tendencia negativa al continuar con el explosivo inicial.

El nuevo explosivo utilizado tiene características similares a excepción por la resistencia al agua, en la cual el Emulex es superior y recomendado para este tipo de terreno.

Podemos ver la diferencia obtenida por avance entre ambos explosivos y como va disminuyendo el explosivo Exadit 45% a medida que vamos avanzando por la presencia de agua

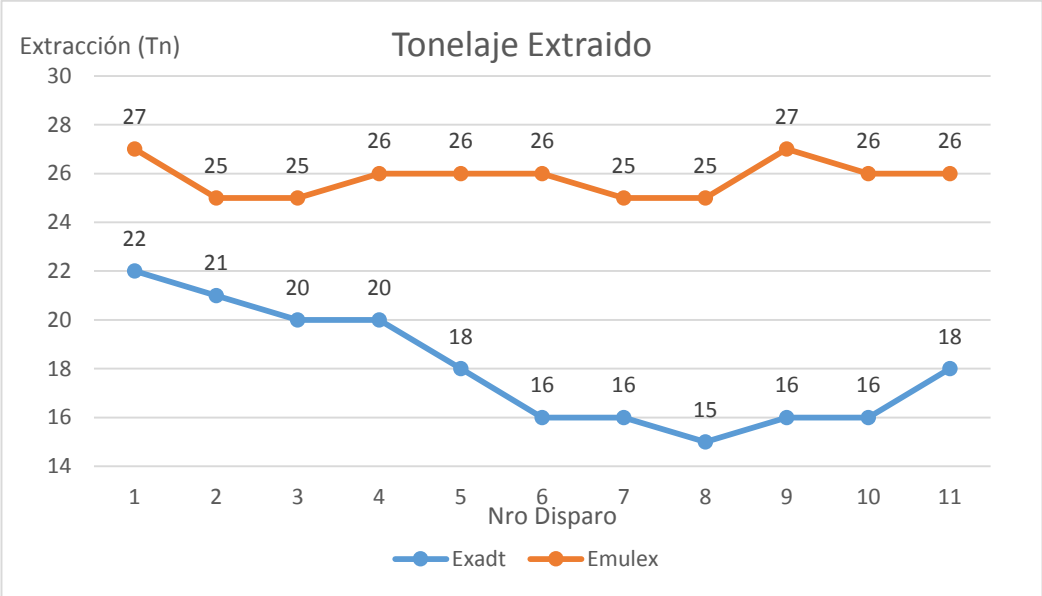
Cuadro 2:
Comparación de avance entre explosivos



Fuente: *Autoría Propia*

También observamos el avance promedio de 1.16m/disparo y 1.65m/disparo respectivamente, mientras que el tonelaje promediado es de 18Tn/disparo y 26Tn/disparo respectivamente.

Cuadro 3:
Comparación de extracción de mineral



Fuente: *Autoría Propia*

5.2.2. Análisis de cantidad de explosivos requeridos

A realizar el cambio de explosivo y reducir el factor de potencia para no dañar la caja techo ni la caja piso, la cantidad de explosivos utilizados por taladros es menos para dicho efecto, siendo el Emulex 45% un explosivo con mayor fuerza rompedora que el Exadit 45%.

Tabla 8:
Comparación de parámetros entre explosivos

Explosivos	Exadit 45%	Emulex 45%
Nro. Cartuchos	7	5
Carga lineal	$0.47kg/taladro$	$0.436kg/taladro$
Carga total	$8.50kg/disparo$	$7.85Kg/disparo$
Factor de potencia	$0.30kg/Tn$	$0.28kg/Tn$

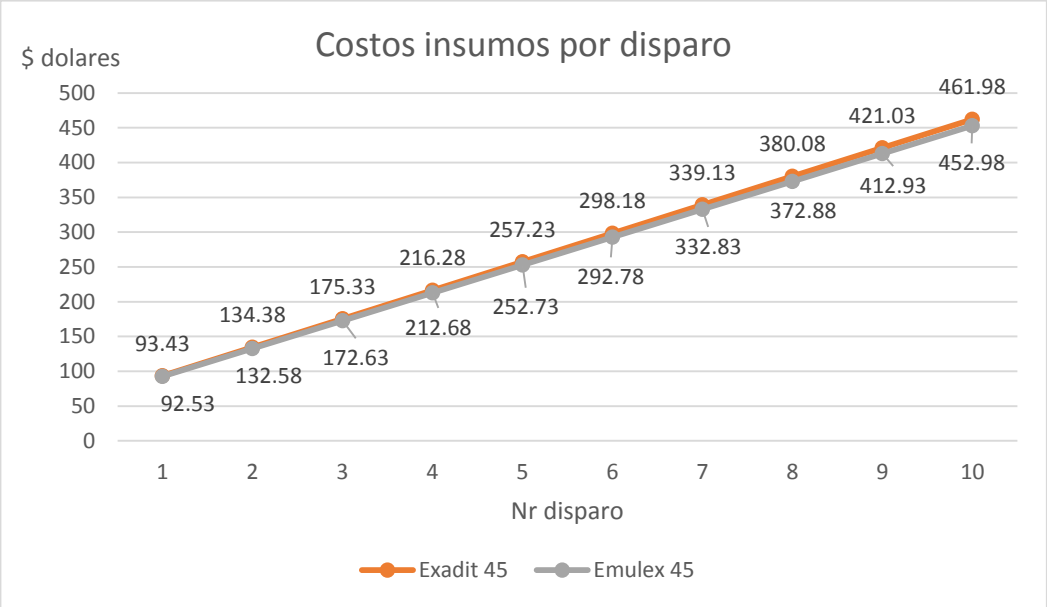
Fuente: *Autoría Propia*

Teniendo como consideración la (tabla Nro. 2) en donde se clasifica la cantidad de explosivos a utilizarse en diferentes tipos de rocas observamos que se encuentran dentro de los parámetros normales ya sea con el Exadit 45% tanto como el Emulex 45% después de su corrección.

Área túnel m^2	Kilos de explosivo estimados por m^3 de roca		
	En roca dura y tenaz	En roca intermedia	En roca suave
1-5	2.60-3.20	1.80-2.30	1.20-1.60
5-10	2.00-2.60	1.40-1.80	0.90-1.20
10-20	1.65-2.00	1.10-1.40	0.60-0.90
20-40	1.20-1.65	0.75-1.10	0.40-0.60
40-60	0.80-1.20	0.50-0.75	0.30-0.40

Por lo cual podemos observar que si bien existe un cambio en los parámetros es muy poca la diferencia siendo la única variedad considerable en el número requerido de explosivos, siendo a la vez muy poca la diferencia entre ambos en el costo de insumos

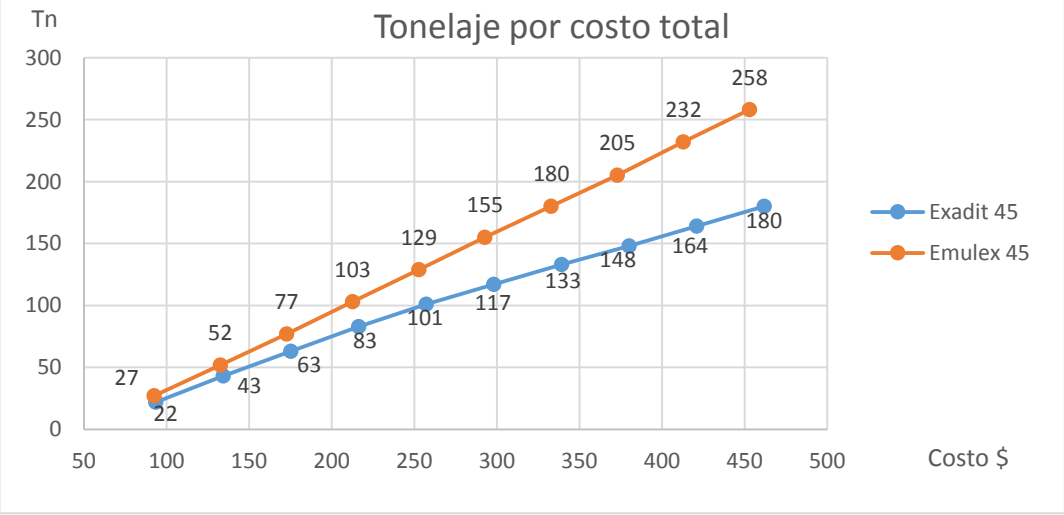
Cuadro 4.
Comparación de costos



Fuente: *Autoría propia*

Por otra parte donde podemos ver los resultados efectivos es en el costo total de explosivos requeridos y la mano de obra por el tonelaje obtenido entre estos dos explosivos viendo una mejora con el explosivo nuevo que se utiliza

Cuadro 5.
Comparación de costos por tonelaje



Fuente: *Autoría propia*

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- Con la siguiente investigación se logró demostrar que el cambio de explosivo Exadit 45% por el nuevo explosivo Emulex 45% se obtiene una significativa muestra de avance siendo la diferencia de 0.5m por disparo y en promedio un aproximado de 7Tn por cada disparos, además de observar que la eficiencia de avance entre ambas muestras es mucha teniendo como promedio 0.65% con el explosivo Exadit 45% mientras que con el nuevo explosivo Emulex 45% por su resistencia al agua se obtiene una efectividad mayor siendo la promediada de 0.92%

- Los costos se reducen al aplicar el cambio de explosivos observando una comparación entre ambos explosivos la diferencia de costos de 450$ por una extracción de 180Tn a diferencia del nuevo explosivo 450$ por una extracción de 258Tn aproximadas.

- El cambio de explosivos se tiene que dar de manera inmediata siendo el explosivo Exadit 45% una dinamita pulverulenta no tiene una buena resistencia al agua la cual se hace presente a medida que el tajo avanza, mientras que el explosivo Emulex 45% al ser un explosivo semigelatinoso presenta una resistencia buena contra el agua.

RECOMENDACIONES

- Los costos de explosivos pueden variar siendo la manipulación no siempre exacta para casos convencionales, mientras que en la parte mecanizada son más controladas, además de la manipulación del personal encargado de la labor en donde se realizan los estudios.

- El cambio de explosivo si bien es más productivo se puede realizar un análisis más exhaustivo para determinar el que otras áreas afecta o se reducen los costos, así como la implementación de accesorios para controlar mejor el tonelaje a explotarse como retardadores, espaciadores, entre otros.

- Se recomiendo realizar el cambio de explosivos en tajos de la mina que se encuentren al mismo nivel en los que se siga aplicando el explosivo Exadit, por la presencia de agua siendo el rendimiento no el más apropiado.

- Se elaboró estándares de voladura y perforación para el procedimiento de dicho proyecto el cual nos ayudara a realizar el trabajo de manera segura, evitando accidentes y/o incidentes.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar Contreras, Efraín y Vera Quispe, Fermín (2016). Mejoramiento de los indicadores de avance por incremento de la longitud de perforación de 6 a 8 pies, aplicando voladura controlada con accesorios no eléctricos de retardo en la mina de la Compañía Minera Poderosa S.A. Universidad Nacional de Trujillo.

Anchayhua Serna, Nelson (2012). Cambio de explosivo para reducir costos por tonelada en minería a tajo abierto. Universidad Peruana de Ciencias aplicadas.

Bieniawski Z.T, (1984). Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling, Róterdam.

Carrasco Rojas, Paulo (2015). Aplicación del método Holmberg para optimizar la malla de perforación y voladura en la unidad Parcoy- Cia. Consorcio minero horizonte s.a. Universidad Nacional de San Cristóbal de huamanga.

Deere D.U, (1966), Classification and Index Properties for Intact Rocks. New Mexico

Exsa S.A. (1986). Manual Práctico de Voladura. Lima.

Exsa S.A. (2008). Guía del Explosivista. Lima.

Gomez Mamani, Wilber (2016). Diseño de malla de perforación basado en la energía de mezclas explosivas, para optimizar costos de perforación y voladura en Aruntani S.A.C. Universidad Nacional de Moquegua.

Hernández Sampieri R. (2014). Metodología de Investigación.

Jáuregui A. Oscar (2009). Reducción de los Costos Operativos en Mina, mediante la optimización de los Estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura. Pontífice Universidad Católica de Perú.

Llaique Nuñoncca, Angel y Sánchez Guevara, William (2015). Determinación del costo total de perforación para optimizar esta operación unitaria en mina modelo a tajo abierto. Universidad Privada del Norte.

Mauricio Laguna, Nelson (2016). Mejoramiento de la producción en tajo mediante la optimización de las operaciones de perforación y voladura en la veta milagros PEC nivel 2360 de la mina de la compañía consorcio minero horizonte s.a. – 2016. Universidad Nacional de Trujillo.

Medina Cortez R. (2014). Evaluación técnico-económica-ecológica de los resultados de las pruebas realizadas usando emulsiones gasificadas en cuajone. Universidad Nacional de Ingeniería.

N. Bartonm, R. Lien, J Lunde, (1974). Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support.

ANEXOS

Figura 22:
Limpieza del Tajo



Fuente: *Autoría propia*

Figura 23:
Limpieza del frente



Fuente: *Autoría Propia*

Figura 24:
Preparación del regado del frente



Fuente: *Autoría Propia*

Figura 25:
Desatado de roca



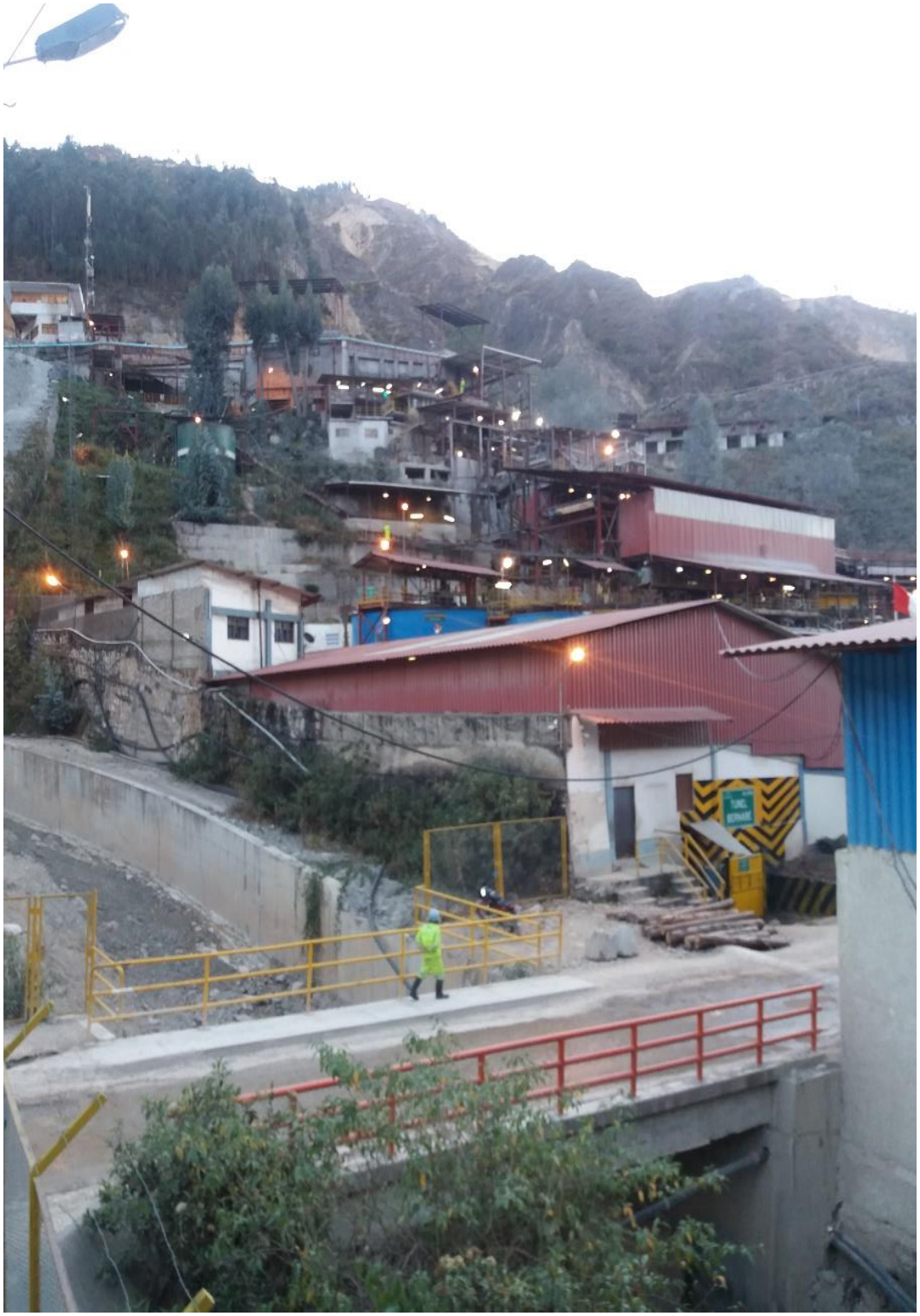
Fuente: *Autoría Propia*

Figura 26:
Desatado de roca



Fuente: *Autoría propia*

Figura 27:
Planta concentradora de Consorcio Minero Horizonte



Fuente: *Autoría Propia*

Figura 28:
Estadisticas de seguridad



Fuente: *Consorcio Minero horizonte*

Figura 29:
Reunion e informe de avances diarios en sala de Gerencia



Fuente: *Autoria propia*

Figura 30:
Características técnicas del explosivo Exadit 45%

Características técnicas

Especificaciones técnicas	Unidades	Exadit 45	Exadit 65
Densidad	g/cm3	1.02 ± 3%	1.05 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,400 ± 200	3,600 ± 200
Presión de detonación**	kbar	73	82
Energía**	KJ/kg	3,000	3,010
RWS**	%	82	83
RBS**	%	100	105
Resistencia al agua		Regular	Regular
Categoría de humos		1 era	1 era

** Sin confinar en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.*
*** Calculadas con programa de simulación TERMODET.*

Presentación y embalaje

Cartuchos de papel kraft, dispuestos en bolsas plásticas y embaladas en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto	25 kg			
Peso Bruto	26.3 kg			
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm			
Material	Caja de cartón corrugado			
Producto	Pulg.		UN/Caja	Masa g/UN
EXADIT 45	7/8	7	328	76
EXADIT 65	7/8	7	320	78

** En las cantidades mencionadas podrá haber variaciones en el número y peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.*

Fuente: *Productos Exsa*

Figura 31:
Características técnicas del Emulex 45%

Características técnicas

Especificaciones técnicas	Unidades	Emulex 45	Emulex 65	Emulex 80	Emulex 100
Densidad	g/cm3	1.00 ± 3%	1.12 ± 3%	1.14 ± 3%	1.25 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	4,100 ± 200	5,000 ± 200	5,000 ± 200	5,000 ± 200
Presión de detonación**	kbar	45	84	83	95
Energía**	KJ/kg	3,450	4,060	4,180	4,425
RWS**	%	90	110	113	120
RBS**	%	115	150	157	169
Resistencia al agua		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Categoría de humos		1 era	1 era	1 era	1 era

**Sin confinar en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.*
*** Calculadas con programa de simulación TERMODET.*

Presentación y embalaje

Masa explosiva encartuchada en lámina plástica, los cartuchos son dispuestos en bolsas plásticas y embaladas en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto	25 kg			
Peso Bruto	26.3 kg			
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm			
Material	Caja de cartón corrugado			
Producto	Pulg.		UN/Caja	Masa g/UN
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	120

En las cantidades mencionadas podrá haber variaciones en el número y peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.

**Para otros formatos de cartuchos preguntar a Exsa.*

Fuente: *Productos Exsa*

Figura 32:
Autor del Presente proyecto interior mina



Fuente: *Autoría propia*

Anexo 1:
Pets de voladura en labores mineras

	Voladura en Labores Mineras	Acumulación Parcoy N°2
		CODIGO : PETS – CMH
		VERSION : 01
		PÁGINA : 1 de 2

1. Personal
   1.1. Jefe de Guardia
   1.2. Maestro Perforista
   1.3. Ayudante de Perforista 1 y 2

2. Equipos de Protección Personal
   2.1. Mameluco
   2.2. Botas
   2.3. Casco
   2.4. Guantes
   2.5. Respirador
   2.6. Correa
   2.7. Lámpara
   2.8. Tapón de oídos
   2.9. Anteojos
   2.10. Barbiquejo
   2.11. Mascara

3. Equipos / Herramientas / Materiales
   3.1. Perforadora
   3.2. Juego de Barrenos
   3.3. Sacabarrenos
   3.4. Plataforma
   3.5. Comba de 4 Lb
   3.6. Comba de 6 Lb
   3.7. Corvina
   3.8. Azuela
   3.9. Flexómetro
   3.10. Pintura
   3.11. Punzón
   3.12. Arnés

4. Procedimiento
   4.1. Realizar orden y limpieza
   4.2. Realizar el desate de rocas siguiendo los 10 pasos para el desatado de roca

4.3. El supervisor responsable debe coordinar con las labores vecinas la secuencia de disparo respetando el horario establecido.
4.4. En la labor colocar los explosivos y accesorios separados a una distancia mínima de 3 m.
4.5. Sopletear los taladros
4.6. Desatar la roca suelta.
4.7. Preparar cebo (cartucho de dinamita con “armada”) con punzón de metal. Asegurarse que el hueco donde se alojará el fulminante coincida lo más cerca posible con el eje longitudinal del cartucho.
4.8. Cargar los taladros colocando primero los cebos haciendo que el fulminante tenga vista hacia la columna del explosivo.
4.9. Utilizar atacador de madera, y atacar cada 2 cartuchos en la carga de columna.
4.10. Colocar espaciadores de carrizo en la corona, intercalándolos con explosivos.
4.11. Colocar tacos de detritos al final de la carga de columna procurando que este quede en la boca del taladro.
4.12. Utilizar atacador de madera para confinar los detritus.
4.13. Usar guías no menores a un metro ochenta (6’) de longitud.
4.14. Amarrar los conectores con mecha rápida utilizando el gancho de plástico anaranjado y manteniendo una distancia mínimo de 0.2 m de amarre a amarre para garantizar la secuencia de salida.
4.15. Encender la mecha rápida.

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha: 20/05/2019	Superintendente o Jefe de Área Fecha:	Gerente del programa Seguridad y Salud Fecha:	Gerente de Planteamiento e Ingeniería Fecha:

Fuente: *Autoría propia*

Anexo 2:
Estándares de explotaciones mineras subterráneas

	Voladura en Labores Mineras	Acumulación Parcoy N°2
		CODIGO : PETS – CMH
		VERSION : 01
		PÁGINA : 1 de 3

1. Objetivo

   Establecer medidas preventivas de seguridad para la gestión de explosivos y evitar accidentes.

2. Alcance
   Trabajo realizados en tajo 1993.

3. Referencias legales y otras normas

   Reglamento Seguridad y Salud Ocupacional D.S. 023-2017-EM (Capítulo I, Estándares de explotaciones mineras subterráneas Art.213-238, Capítulo VI Explosivos Art.278-291)

4. Especificación del estándar
   - Los trabajos serán realizados por “Trabajadores Autorizados”.
   - Estará dotado de ventilación natural o de ventilación forzada.
   - Mantener el orden y limpieza.
   - Cuando se maneje explosivos está prohibido fumar, llevar fósforos, encendedores y objetos que puedan producir chispas.
   - Donde se utilicen explosivos y equipos diésel, se deberá ingresar portando en forma obligatoria respiradores autorescatadores para la protección contra gases de monóxido de carbono.
   - Realizar refugios cada 50 m con sección de 1,50 m de ancho x 1,80 m de alto x 1,50 m de longitud.
   - Cuneta ribeteada de 30 cm de profundidad por 30 cm de ancho para labores con sección 2.40 m x 2.70 m.

Transporte de explosivos entre polvorines y zona de voladura.

a) Del transporte de explosivos con equipo rodante

- Solo en vehículos/equipos autorizados.
- Los camiones deberán contar como mínimo con dos extintores de PQS (12 kg. cada uno).
- Se prohíbe transportar en el mismo vehículo y en forma simultánea detonadores y otros accesorios de voladura con explosivos.

- No se permitirá llevar otro tipo de cargas u otro tipo de materiales junto a los explosivos, como tampoco se debe sobrepasar las barandas del vehículo o fuera de los depósitos cerrados.
- Los vehículos, deberán llevar en la parte posterior y delantera un letrero no inferior de 0.20 x 0.80 m. indicando “Explosivos”.
- El transporte de explosivos se hará en sus envases originales y cerrados en perfecto estado.

b) Del transporte manual de explosivos

- La distancia mínima entre una persona que transporta dinamita con otra que transporta detonadores será de diez (10) m.
- Manipulación de explosivos
- En ningún caso debe sacarse el envoltorio de papel o plástico de los explosivos encartuchados, para cargar cualquier tipo de disparo.
- Mientras se realiza la operación de carguío con explosivos, se prohíbe efectuar cualquier otra clase de trabajo, excepto aquel que sea necesario para la protección del personal.

Perforación y Voladura.

- Aplicar el EET-E26 Malla para Tajos Convencionales Breasting, Sistema de amarre y conexión para tajos convencionales
- Para los taladros de producción se realizara el cambio a Emulex 45% 1’’ X 7’’
- La carga será de 4 cartuchos y 1 de cebo

Preparación de cebos.

- Se hará en lugares secos, limpios, ubicados a no menos de 10 m. del frente.
- Por ninguna razón se prepararán cebos dentro de un polvorín.
- Deben perforarse con un punzón de cobre, bronce.
- Está prohibido tirar o cortar las guías de los detonadores no eléctricos.

Chispeo

- Después del chispeo, el perforista colocará una cadena prohibiendo el ingreso
- En caso hubiera varias áreas para chispeo:
- Una hora antes, los perforistas en coordinación con el Ingeniero Supervisor determinarán la secuencia del chispeo por área (Plan de chispeo)
- La supervisión asegurará la colocación de una cadena general que prohíba el ingreso a las áreas que han sido chispeadas
- Informar al Ingeniero Supervisor en caso de encontrar tiros fallados o detonados o explosivo en mal estado.

5. Responsables
    - Jefe de Guardia
    - Maestro y ayudantes
6. Registros, controles y documentaciones
    - EET-E26 Estándar de especificaciones Técnicas Sistema de Amarre y Conexión para voladura
    - EET-E26 Estándar de especificaciones Técnicas Perforación y Voladura
    - Inspección diaria de IPERC / AIC Continuo
    - Inspección diaria de check list.

7. Revisión
   La revisión se realizara cuando sea necesario según departamento de Perforación y Voladura.

Preparado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha: 20/05/2019	Superintendente o Jefe de Área Fecha:	Gerente del programa Seguridad y Salud Fecha:	Gerente de Planteamiento e Ingeniería Fecha:

Fuente: *Autoría propia*