

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Optimización de la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las unidades mineras San Juan de Arequipa - Chaluane de la empresa Adgeminco – 2019

Presentado por:

Jhon Delgado Cruz

Jaime Wilbert Ortiz López

Para optar el Título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

“OPTIMIZACIÓN DE LA MALLA DE PERFORACIÓN Y LA VOLADURA PARA REDUCIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LAS UNIDADES MINERAS SAN JUAN DE AREQUIPA-CHALHUANE DE LA EMPRESA ADGEMINCO – 2019”

Presentado por **Jhon Delgado Cruz** y **Jaime Wilbert Ortiz López**, para optar el Título de:
INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el 26 de enero del 2022, ante el jurado evaluador:

Presidente:



Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Primer Miembro:



Ing. José Adolfo Cárdenas Catalán

Segundo Miembro:



Ing. Hilario Carrasco Kolque

Asesor:



Ing. Darío Dante Sánchez Castillo



Agradecimiento

Expreso un sincero Agradecimiento a mi alma mater la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, institución que me acogió en sus aulas, las que me impartieron los conocimientos y experiencias de los profesionales de esta institución, lo cual me sirvió para enfrentar en el campo laboral que en el cual estamos inmersos todos los que decidimos estudiar esta distinguida Carrera, así mismo a la contrata especializada Adgeminco por darnos la oportunidad de trabajar.

Jhon y Jaime Wilbert



Dedicatoria

El presente trabajo de tesis está dedicado a mis padres y toda mi familia por haberme forjado la persona que soy, que siempre estuvieron dispuestos a brindarme su apoyo incondicional para la ejecución de este trabajo y formación profesional durante estos años, así como también dedico a mi alma mater la universidad nacional Micaela bastidas de Apurímac y a mi asesor de tesis el Ing. Darío Dante Sánchez Castillo.

Jhon Delgado Cruz

A mi santa madre Celestina López Atahui, por darme la vida, amarme mucho, por siempre estar pendiente de mí en todo momento, por tus consejos, tus valores, por hacerme una persona de bien, pero más que nada por tu amor incondicional.

A mi honorable padre Víctor Ortiz Pedraza, por siempre inculcarme el valor del trabajo y la humildad hacia las personas y mostrarme la fortaleza para salir adelante pese a las adversidades, familiares y mi alma mater la universidad nacional Micaela bastidas de Apurímac y a mi asesor de tesis el Ing. Darío Dante Sánchez Castillo.

Jaime Wilbert Ortiz López



“Optimización de la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las unidades mineras San Juan de Arequipa - Chalhuané de la empresa Adgeminco – 2019”

Línea de Investigación: Minería y procesamiento de minerales.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Enunciado del problema.....	4
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problema específico	5
1.3. Justificación de la Investigación	5
CAPÍTULO II	6
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	6
2.1. Objetivos de la investigación	6
2.1.1. Objetivo general	6
2.1.2. Objetivo específico.....	6
2.2. Hipótesis de la investigación.....	6
2.2.1. Hipótesis general.....	6
2.2.2. Hipótesis específicas	6
2.3. Operacionalización de las variables	7
2.3.1. Definición de variables.....	7
CAPÍTULO III.....	8
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	8
3.1. Antecedentes	8
3.1.1. Antecedentes internacionales	8
3.1.2. Antecedentes a nivel nacional	8
3.1.3. Antecedentes de la empresa minera Chalhuane o San Juan de Arequipa	10
3.2. Generalidades de la zona de estudio	10
3.2.1. Ubicación y acceso.....	10
3.2.1.1. Ubicación	10
3.2.1.2. Acceso	11
3.2.2. Generalidades de la CIA minera	13
3.2.3. Geología	15
3.2.3.1. Geología local Chalhuane	15
3.2.3.2. Geología local San Juan de Arequipa	16
3.2.3.3. Geología Regional.....	17
3.3. Marco teórico	19



3.3.1.	Perforación	19
3.3.1.1.	Numero de Taladros Perforados.....	23
3.3.1.2.	Burden	24
3.3.1.3.	Espaciamiento (E)	26
3.3.1.4.	Vida útil de los aceros de perforación en pies perforados.....	27
3.3.1.5.	Longitud de perforación y eficiencia de perforación	29
3.3.2.	Voladura.....	30
3.3.2.1.	Numero de taladros disparados	31
3.3.2.2.	Explosivos.....	33
3.3.2.3.	Accesorios de voladura	36
3.3.2.4.	Factor de carga (FC).....	41
3.3.2.5.	Eficiencia de Voladura	42
3.3.3.	Costos	42
3.3.3.1.	Tipos de costos	42
3.3.3.2.	Tipos de costo de operación	43
3.3.3.3.	Costos de perforación y voladura.....	44
3.3.3.4.	Costo de perforación	44
3.3.4.	Mecánica de rocas	46
3.4.	Marco conceptual	46
CAPÍTULO IV		50
METODOLOGÍA.....		50
4.1.	Tipo y nivel de investigación	50
4.2.	Diseño de la investigación.....	50
4.3.	Población y muestra	51
4.3.1.	Población.....	51
4.3.2.	Muestra.....	51
4.4.	Procedimiento.....	51
4.5.	Técnicas e instrumento.....	51
4.6.	Análisis estadístico.....	51
CAPÍTULO V.....		52
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		52
5.1.	Análisis de resultados.....	52
5.1.1.	Generalidades	52
5.1.2.	Parámetros de Perforación y Voladura anterior	53
5.1.2.1.	Chalhuane.....	53
5.1.2.2.	San Juan.....	55
5.1.3.	Parámetros de Perforación y la Voladura Optimizado.....	57
5.1.3.1.	Numero de Taladros Optimizado Ga 575 W.....	58

5.1.3.2.	Cálculo del diseño de malla de perforación Optimizado Ga 575 W	59
5.1.3.3.	Optimización de Perforación y Voladura de la Ga 575 W	63
5.1.3.4.	Costos de perforación y voladura Ga 575 W	67
5.1.3.5.	Cálculo de numero de taladros disparados BP 7907 W	70
5.1.3.6.	Cálculo del diseño de malla de perforación BP 7907 W.....	71
5.1.3.7.	Burden y Espaciamiento para el diseño de la malla de BP 7907 W - Konya.	73
5.1.3.8.	Optimización de Perforación y Voladura BP 7907 W	75
5.1.3.9.	Costos de perforación y voladura BP 7907 W	79
5.2.	Contrastación de hipótesis.....	82
5.2.1.	Resultados comparativos de perforación (Hipótesis 1).....	82
5.2.1.1.	Galería 575 W	82
5.2.1.2.	By Pass 7907 W	85
5.2.2.	Resultados comparativos de voladura (Hipótesis 2)	88
5.2.2.1.	Galería 575 W	88
5.2.2.2.	By Pass 7907 W	89
5.2.3.	Resultados comparativos de costos (Hipótesis 3)	90
5.2.3.1.	Galería 575 W	90
5.2.3.2.	By Pass 7907 W	92
5.2.4.	Resultados comparativos de desempeño (Hipótesis 4)	94
5.2.4.1.	Galería 575 W	94
5.2.4.2.	By Pass 7907 W	95
5.3.	Discusión.....	96
CAPÍTULO VI.....		98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		98
6.1.	Conclusiones	98
6.1.1.	Minera Chaluane, Galería 575 W Sección 2.1 m x 2.4 m.....	98
6.1.2.	Minera San Juan de Arequipa, By Pass 7907 W Sección 2.1 m x 2.1 m.....	98
6.2.	Recomendaciones.....	99
6.2.1.	Minera Chaluane, Galería 575 W.....	99
6.2.2.	Minera San Juan de Arequipa, By Pass 7907 W.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		101
ANEXOS.....		106



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables	7
Tabla 2 — Acceso a las unidades mineras vía terrestre.....	11
Tabla 3 — Coeficiente o factor de roca (dt)	24
Tabla 4 — Dimensión de la sección del túnel en m ² (cara libre) (C).....	24
Tabla 5 — Fórmulas de burden y espaciamiento según holmberg	25
Tabla 6 — Kilos de explosivos por m ³ de roca	42
Tabla 7 — Resumen de costo de perforación y voladura anterior Ga 575 W	55
Tabla 8 — Resumen de costo de perforación y voladura anterior BP 7907 W	57
Tabla 9 — Factor de reajuste de roca corte quemado para taladros cargados sección 2.1 m x 2.4 m	59
Tabla 10 — Calculo de burden para arranque corte quemado - MARSA	61
Tabla 11 — Características de explosivo utilizado Ga 575 W	66
Tabla 12 — Distribución de carga explosiva optimizada Ga 575 W.....	67
Tabla 13 — Resumen de costos de perforación y voladura optimizado Ga 575 W	70
Tabla 14 — Factor de reajuste de roca corte cilíndrico taladros cargados 2.1 m x 2.1 m	71
Tabla 15 — Características de explosivo utilizado para BP 7907 W	73
Tabla 16 — Características de emulnor kilogramos por cartucho BP 7907 W	78
Tabla 17 — Distribución de carga explosiva y accesorios BP 7907 W	79
Tabla 18 — Resumen de costos de perforación y voladura optimizada BP 7907 W	82
Tabla 19 — Resumen de consumo de aceros de perforación anterior Ga 575 W	84
Tabla 20 — Resumen de consumo de aceros de perforación optimizado Ga 575 W	84
Tabla 21 — Resumen de consumo de aceros de perforación anterior BP 7907 W	87
Tabla 22 — Resumen de consumo de aceros de perforación optimizada BP 7907 W	87
Tabla 23 — Resumen comparativo de voladura antes y después Ga 575 W	89
Tabla 24 — Resumen comparativo de voladura antes y después BP 7907 W	90
Tabla 25 — Resumen comparativo de costos de perforación y voladura Ga 575 W	91
Tabla 26 — Resumen comparativo de costos perforación y voladura BP 7907 W	93
Tabla 27 — Resumen comparativo de desempeño Ga 575 W	94
Tabla 28 — Resumen comparativo de desempeño BP 7907 W	95
Tabla 29 — Mano de obra personal Ga 575 W (Anexo 06).....	115
Tabla 30 — Costo de mano de obra por metro lineal Ga 575 W (anexo 07)	115
Tabla 31 — Costo de máquina perforadora por metro lineal Ga 575 W (anexo 08).....	115
Tabla 32 — Costo de aire comprimido por metro lineal Ga 575 W (anexo 09).....	116



Tabla 33 — Consumo de aceros de perforación Ga 575 W (anexo 10)	116
Tabla 34 — Costo de aceros de perforación por metro lineal Ga 575 W (anexo 11).....	116
Tabla 35 — Costo por disparos explosivos y accesorios Ga 575 W (anexo 12)	116
Tabla 36 — Cantidad de manguera y accesorios de perforación Ga 575 W (anexo 13)	117
Tabla 37 — Costo de herramientas y materiales por disparo Ga 575 W (anexo 14).....	117
Tabla 38 — Costo de implementos de seguridad por disparo Ga 575 W (anexo 15).....	118
Tabla 39 — Mano de obra de personal BP 7907 W (anexo 16)	118
Tabla 40 — Costo de mano de obra por metro lineal BP 7907 W (anexo 17)	119
Tabla 41 — Costo de máquina perforadora por metro lineal BP 7907 W (anexo 18).....	119
Tabla 42 — Costo de aire comprimido por metro lineal BP 7907 W (anexo 19)	119
Tabla 43 — Consumo de aceros de perforación por seguimiento BP 7907 W (anexo 20)	120
Tabla 44 — Costo de aceros de perforación por metro lineal BP 7907 W (anexo 21).....	120
Tabla 45 — Costo por disparo de explosivos y accesorios BP 7907 W (anexo 22).....	120
Tabla 46 — Cantidad de mangueras y accesorios de perforación BP 7907 W (anexo 23)	121
Tabla 47 — Costo de herramientas y materiales por disparo BP 7907 W (anexo 24)	121
Tabla 48 — Costo de implementos de seguridad por disparo BP 7907 W (anexo 25)	122
Tabla 49 — Toma de datos sin optimizar de los disparos del 01 octubre del 2019 de la Ga 575 W (anexo 26)	123
Tabla 50 — Toma de datos sin optimizar de los disparos desde el 01 agosto al 31 de agosto del 2019 del BP 7907 W (anexo 27).....	125
Tabla 51 — Toma de datos optimizado de los disparos desde el 01 noviembre al 29 de diciembre del 2019 de la Ga 575 W (anexo 28)	128
Tabla 52 — Toma de datos optimizado de los disparos desde el 01 setiembre al 31 de octubre del 2019 del BP 7907 W (anexo 29).....	132



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Geología local de minera chahuane	15
Figura 2 — Geología regional de Arequipa.....	17
Figura 3 — Perforación con martillo de fondo y en cabeza	20
Figura 4 — Acciones básica en la perforación roto percusión	21
Figura 5 — Fallas en arranques	21
Figura 6 — Fallas en paralelismo	22
Figura 7 — Fallas en los espaciamientos.....	22
Figura 8 — Fallas en longitudes	22
Figura 9 — Fallas en intercepción	23
Figura 10 — Fallas en sobre carga	23
Figura 11 — Distribución de burden y espaciamiento según cuadrantes.....	25
Figura 12 — Broca de botones de 38 mm atlas copco	28
Figura 13 — Barra de perforación	28
Figura 14 — Broca escariadora cónica de 64 mm.....	29
Figura 15 — Broca escariadora de botones 64 mm para barra piloto y adaptador R25	29
Figura 16 — Denominación de los taladros	31
Figura 17 — Vista frontal y de perfil de corte en paralelo	32
Figura 18 — Malla de perforación en minería subterránea arranque corte quemado	33
Figura 19 — Malla de perforación en minería subterránea arranque corte cilíndrico.....	33
Figura 20 — Distribución de energía potencial de un explosivo en la voladura.....	34
Figura 21 — Componentes principal de los explosivos	36
Figura 22 — Esquema de sistema de transmisión para la voladura	37
Figura 23 — Caracterización de Exadit 45% de la empresa EXSA	39
Figura 24 — Características de Semexa 65 % y 80% de la empresa EXSA	39
Figura 25 — Características de Emulnor 1000 y Emulnor 3000.....	40
Figura 26 — Características principales de Carmex de la empresa FAMESA	40
Figura 27 — Características principales de mecha rápida (Z-18)	41
Figura 28 — Diseño de arranque Ga 575 W	62
Figura 29 — Factor de corrección área Ga 575 W	65
Figura 30 — Distancia óptima hacia la cara libre de los taladros de producción o auxiliar	75
Figura 31 — Factor de corrección de área BP 7907 W	77
Figura 32 — Resultado comparativo de número de taladros de la Ga 575 W	83
Figura 33 — Resultado comparativo de distribución de taladros de la Ga 575 W.....	83
	VI



Figura 34 — Resultado comparativo de consumo de aceros de la Ga 575 W	85
Figura 35 — Resultado comparativo de numero de taladros BP 7907 W	85
Figura 36 — Resultado comparativo de distribución de taladros del BP 7907 W	86
Figura 37 — Resultado comparativo de consumo de aceros de perforación del BP 7907 W	88
Figura 38 — Resultado comparativo de voladura de la Ga 575 W	89
Figura 39 — Resultado comparativo de voladura del BP 7907 W.....	90
Figura 40 — Resultado comparativo de costos de perforación y voladura por ítem Ga 575 W ...	92
Figura 41 — Resultado comparativo d costos de perforación y voladura por ítem BP 7907 W...	93
Figura 42 — Resultado comparativo de desempeño (Productividad) Ga 575 W.....	94
Figura 43 — Resultado comparativo de desempeño (Productividad) BP 7907 W	95
Figura 44 — Tabla Geomecanica utilizado en UM san juan Arequipa y UM Chalhuane	114
Figura 45 — Marcado de malla de perforación UM chalhuane	133
Figura 46 — Bocamina principal UM chalhuane	133
Figura 47 — Bocamina principal UM Chalhuane zona sangre toro.....	133



ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 — Plano de ubicación de zona de estudio UM San Juan Arequipa y UM Chalhuané	12
Plano 2 — Malla de perforación y voladura anterior de la Ga 575 W (anexo 02)	108
Plano 3 — Malla de perforación y voladura anterior del BP 7907 W (anexo 03)	109
Plano 4 — Malla de perforación y voladura optimizada de la Ga 575 W (anexo 04)	110
Plano 5 — Malla perforación y voladura optimizada del BP 7907 W (anexo 05)	111
Plano 6 — Plano de Ga 575 W nv 1545 zona sangre toro UM Chalhuané	112
Plano 7 — Plano BP 7907 W nv 1 zona Mercedes UM San Juan Arequipa.....	113

INTRODUCCIÓN

Las actividades de perforación y voladura son operaciones unitarias fundamentales que constituyen una de las fases más importantes para su ejecución y es primordial tener mucha atención en : el diseño de la malla de perforación y voladura para alcanzar los resultados óptimos de dichas labores, teniendo en cuenta estos parámetros el cual está desarrollado en esta tesis titulado: "Optimización de la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las unidades mineras san juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco - 2019".

En la ejecución de las labores, se presentan problemas de avance lineal y elevados costos en perforación y voladura, mayor tiempo de perforación, excesivo consumo aceros de perforación, mayor consumo de explosivo, todo esto implica a un incremento del costo final. Por tanto, se ha evaluado optimizar, mediante las operaciones unitarias de perforación, voladura, diseñando una nueva malla de perforación y elección del explosivo según el macizo rocoso y sistema de ventilación que tiene la unidad minera, en la práctica se ha estimado el tipo de corte, número de taladros, burden, espaciamiento, tiempo de excavación y la carga explosiva a utilizar en el nuevo diseño de la malla de excavación.

Este trabajo de investigación tiene como meta determinar el consumo de aceros de perforación, explosivos y accesorios y costos de operación, para poder incrementar los kpis (indicadores de desempeño) de la contrata y la reducción de costos operativos. Empleando la malla de perforación según tipo de roca y sección de la labor con un factor de carga adecuada así generando un incremento en avance y en los indicadores de la contrata. A partir del estudio presentado, con la evaluación de cada perforación y voladura, se determinará el costo de cada una de ellas para mejorar la eficiencia y el mejor aprovechamiento de la logística.

En el Capítulo I, se explica el planteamiento del problema, dando a detalle el problema y la justificación del presente trabajo. En el Capítulo II, se desarrolla objetivos, hipótesis y operacionalización de variables. En el Capítulo III, se describe antecedentes de investigación, marco teórico y marco conceptual. En el Capítulo IV, se presenta el diseño metodológico, hipótesis, materiales, procedimientos y metodología de investigación. En el capítulo V, se describe los resultados y discusiones y en el Capítulo VI, las conclusiones, recomendaciones y finalmente con referencias bibliográficas y anexos.



RESUMEN

Siendo la industria minera una de las actividades económicas extractivas más importantes del país. Continuamente se vienen implementando métodos y estilos de cómo mejorar cada una de las actividades unitarias. La perforación y voladura es una base importante en el trabajo de la minería, ya que para lograr buenos índices de producción a menores costos se necesita tener un apropiado control en el consumo de aceros, explosivos y accesorios, para no generar costos desmesurados.

El objetivo de la presente investigación fue determinar la optimización de la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chaluane de la Empresa Adgeminco – 2019. Se propuso la hipótesis de que al mejorar estos parámetros no solo se reducirán costos operacionales, también se obtendrá una mayor productividad, un mejor control y uso de las cargas explosivas. La investigación es de tipo aplicativo, con nivel descriptivo, comprende un diseño experimental, con una población a las compañías Century Mining Perú SAC y Compañía Minera Chaluane y se toma como muestra de forma intencionada las labores By Pass 7907 W y Ga 575 W respectivamente. También se ha empleado datos de campo insitu, comparaciones estadísticas de resúmenes en Excel entre diseños de mallas anterior y optimizado; la investigación realizada conlleva a los siguientes resultados: en la galería 575 W: mejoró en avance de 1.25 a 1.65 metros/disparo y de un consumo de aceros de una pérdida de 0.05 aceros/disparo a una ganancia de 0.27 aceros/disparo, eficiencia de voladura de 89% a 96%, factor de carga se reduce de 3.11 a 2.35 kg/ m³, el costo de perforación y voladura anterior ha sido de 487.30 soles/metro de avance y con la optimización el costo es de 359.98 soles/metro de avance y la productividad aumento de 0.34 metros/hombre-guardia a 0.45 metros/hombre-guardia. En el By Pass 7907 W: mejoró en avance de 1.45 a 2.18 metros/disparo y de un consumo de aceros de una pérdida de 0.03 aceros/disparo a una ganancia de 0.34 aceros/disparo, la eficiencia de voladura de 85% a 95%, factor de carga se reduce de 4.95 a 4.48 kg/ m³, el costo de perforación y voladura anterior ha sido de 378.62 soles/metro de avance y con la optimización el costo es de 318.75 soles/metro de avance y la productividad aumento de 0.40 metros/hombre-guardia a 0.45 metros/hombre-guardia.

Palabras clave: *Burden, costos, espaciamento, perforación, productividad, taladro y voladura.*



ABSTRACT

Being the mining industry one of the most important extractive economic activities in the country. Methods and styles are continually being implemented on how to improve each of the unit activities. Drilling and blasting is an important base in the work of mining, since to achieve good production rates at lower costs, it is necessary to have an appropriate control in the consumption of steel, explosives and accessories, so as not to generate excessive costs.

The objective of the present investigation was to determine the optimization of the drilling and blasting mesh to reduce the operating costs of the San Juan de Arequipa - Chalhuané Mining Units of the Adgeminco Company - 2019. The hypothesis was proposed that by improving these parameters, not only will operational costs be reduced, but also greater productivity, better control and use of explosive charges will be obtained. The research is of an application type, with a descriptive level, it includes an experimental design, with a population of the companies Century Mining Perú SAC and Compañía Minera Chalhuané and the By Pass 7907 W and Ga 575 W works are intentionally taken as a sample, respectively. In situ field data, statistical comparisons of Excel summaries between previous and optimized mesh designs have also been used; the research carried out leads to the following results: in the 575 W gallery: it improved in advance from 1.25 to 1.65 meters/shot and in steel consumption from a loss of 0.05 steels/shot to a gain of 0.27 steels/shot, efficiency of blasting from 89% to 96%, load factor is reduced from 3.11 to 2.35 kg/m³, the cost of previous drilling and blasting has been 487.30 soles/meter of progress and with the optimization the cost is 359.98 soles/meter of progress. Progress and productivity increased from 0.34 meters/man-guard to 0.45 meters/man-guard. In the By Pass 7907 W: improved advance from 1.45 to 2.18 meters/shot and steel consumption from a loss of 0.03 steels/shot to a gain of 0.34 steels/shot, blasting efficiency from 85% to 95% , load factor is reduced from 4.95 to 4.48 kg/m³, the previous drilling and blasting cost has been 378.62 soles/meter of progress and with the optimization the cost is 318.75 soles/meter of progress and productivity increased by 0.40 meters/man-guard to 0.45 meters/man-guard.

Keywords: *Burden, costs, spacing, drilling, productivity, boring and blasting.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La perforación y voladura es un problema muy general en todas las minas subterráneas convencionales ya que dependen directamente de las mallas de perforación y el tipo de arranque a emplear según el tipo de roca y sección de la labor. Los cuales influyen en los costos de operación al incrementar el consumo de aceros, explosivos, accesorios y mano de obra. es por tal razón en este proyecto de tesis queremos optimizar los costos de operación empleando red de perforación según tipo de roca y sección de la labor con un factor de carga adecuado así determinando el uso excesivo de explosivos ,accesorios y aceros de perforación generando un incremento de avance en la perforación y voladura el cual será reflejado en la valorización de la contrata y en los kpis.

La mejora de la perforación y tronadura de rocas para incrementar ganancias, intentar solucionar el problema de la minería subterránea, tiende a ahorrar y mejorar el proceso de perforación y tronadura, es una práctica incesante maximizar las ganancias; costos mensuales de la perforación y tronadura se multiplican casi siempre por el inadecuado operación del carguío de taladros, además al perforar los operadores son imprecisos; a la desviación de taladros por la prisa al perforar, lubricación ineficiente, etc. (CHAMBI Chambi, 2019).

El factor principal en la minería es tener el modelo correcto y los explosivos adecuados para perforar diferentes minas subterráneas. El diseño de la red de perforación y tronadura es una de las fases de gran importancia para acondicionar al tipo de roca sea en mineral o estéril que se va disparar, para la disminución de costos en perforación y tronadura en las operaciones del frente, está destinado a demostrar la selección correcta del diseño de perforación y la asignación de explosivos (CHIPANA Tito, 2015).

1.2. Enunciado del problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo se optimizará la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuan de la empresa Adgeminco – 2019?



1.2.2. Problema específico

- ¿De qué manera se optimizará el consumo de los aceros de perforación en las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuané de la empresa Adgeminco – 2019?
- ¿En qué medida se optimizará el consumo de explosivos y accesorios en las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuané de la empresa Adgeminco – 2019?
- ¿Cómo se reducirán los costos de operación con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuané de la empresa Adgeminco – 2019?
- ¿Cómo se determinará el desempeño de operaciones con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuané de la empresa Adgeminco – 2019?

1.3. Justificación de la Investigación

La investigación es justificada porque trata de la importancia de las operaciones mineras, donde se optimizará los procesos de perforación y voladura tales como la medición de avance, reducción de costos que están involucrados a los avances para que la empresa implemente esta propuesta el cual reducirá los costos operativos.

Queda también que la optimización de mallas de perforación conlleva a realizar trabajos según estándar de la unidad minera, y sobre todo cumpliendo con el tonelaje y metas programadas, todo esto sin descuidar la seguridad de los colaboradores que son el recurso más importante de la unidad minera.

Este estudio tiene como objetivo mejorar el proceso de perforación y tronadura para obtener una mayor producción de avances lineales. El diseño adecuado de perforación y tronadura reduce el consumo de acero y los costos de tronadura, (CIEZA Montaña, y otros, 2019).



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la investigación

2.1.1. Objetivo general

Determinar la optimización de la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuanes de la empresa Adgeminco – 2019.

2.1.2. Objetivo específico

- Determinar la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de los aceros de perforación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuanes de la empresa Adgeminco – 2019.
- Determinar la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de explosivos y accesorios de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuanes de la empresa Adgeminco – 2019.
- Determinar la reducción de costos de operación optimizando la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuanes de la empresa Adgeminco – 2019.
- Determinar el desempeño de operaciones unitarias con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuanes de la empresa Adgeminco – 2019.

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis general

Existiría una relación significativa de la optimización de la malla de excavación y la tronadura para reducir los costos de operación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuanes de la empresa Adgeminco – 2019.

2.2.2. Hipótesis específicas

- Existiría una relación significativa de la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de los aceros de perforación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuanes de la empresa Adgeminco – 2019.

- Existiría una relación significativa de la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de explosivos y accesorios de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chahuane de la empresa Adgeminco – 2019.
- Se reducirá los costos de operación con la optimización de la malla de perforación y la voladura en las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chahuane de la empresa Adgeminco – 2019.
- Existiría una relación significativa del desempeño de operaciones unitarias con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chahuane de la empresa Adgeminco – 2019.

2.3. Operacionalización de las variables

2.3.1. Definición de variables

- **Variable independiente X:** Malla de perforación y voladura.
- **Variable dependiente Y:** Costos de operación.

Tabla 1 — Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente	Malla de perforación y voladura	Perforación	Cantidad de taladros perforados, burden , espaciamento, vida útil de aceros y metros/disparo.
		Voladura	Numero taladros disparados, explosivos, accesorios, kg/m ³ y metros/disparo.
Variable dependiente	Costos de operación.	Costos	Costo / pie perforado y costo / disparo.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1. Antecedentes

3.1.1. Antecedentes internacionales

Según: (MUSIC Garrido, 2007), en su tesis de grado de la Universidad De Chile.

Menciona lo siguiente en sus conclusiones:

El diseño de la red de perforación admitió minorar la cantidad de taladros de: 51 más dos taladros de alivio a 48 más un taladro de alivio, se redujo en un 8%.

Por tal motivo, el consolidado de metros perforados por disparo disminuye desde 201.4 metros a 186.2 metros. El índice de perforación específica se redujo de 3.77 a 3.48 metros perforados por metro cúbico volado (m/m^3).

Más aun, se disminuyó en una variación mayor el factor de carga desde 3.02 kg/m^3 a 2.38 kg/m^3 , en consecuencia, el uso de explosivo se reduce a un 30%.

La sobre excavación, resultado de la implementación del diseño final, se redujo de un 24.09% a un 6.61%, encontrándose dentro de los parámetros habituales.

3.1.2. Antecedentes a nivel nacional

(CAYLLAHUA, 2018) En su tesis menciona que en la Unidad Minera Las Águilas, localizado en el distrito de Ocuvi, Lampa, región Puno. Cuyas propiedades físico químicas del yacimiento son de clasificación epitermal de tipo: baja a intermedia sulfuración. Espacialmente, la mina está localizada en el sur de la Cordillera de los Andes. En donde existen rocas ígneas junto con abundantes depósitos polimetálicos de Plomo, Zinc, Plata y Oro. Esta tesis tiene como objetivo resolver los problemas operativos de perforación y tronadura que generan elevados costos operativos en las galerías de exploración, Galería 910 SW y Galería 885 SW del nivel 4280. El propósito primordial era aminorar los costos operativos de perforación y tronadura, proponiendo un nuevo diseño de la red de excavación. El siguiente enfoque para optimizar los costos operativos es recopilar datos de minería y evaluar los resultados para estandarizar la nueva red de perforación. En consecuencia, la nueva red de perforación se reduce en cuatro taladros (de 32 a 28 taladros), mejorando el valor de perforación de 125.7 a 111.6 $\$/m$ en perforación y tronadura. Con ello se reduce los costos operativos en 14.10 $US\$/m$ y “se obtiene disminuir el factor de carga de acuerdo GSI y



RQD, alcanzando aminorar los costos en explosivos y accesorios de un 34.9 Dólares/m a 31.1 Dólares/m”.

Según (UMAÑA, 2014), el objetivo de su trabajo es demostrar la factibilidad de reducir los costos operativos, aplicando estándares laborales óptimos ya que las operaciones unitarias principales son la perforación y tronadura, garantizando así el éxito de todo el ciclo minero. En primer lugar, la realidad de una muestra de mina donde no existe un sistema adecuado de producción y control, mermar los costos de operación de la mina y mejorar las operaciones mineras en base a criterios. Por último, se revelan los beneficios que se derivan de la aplicación y monitoreo continuo de estándares de trabajo adecuados, y los beneficios se reflejan en la disminución de los costos directos de operación y en general de todos los costos de diversos departamentos en mina, limitadas como una de las recomendaciones lo esencial de la capacitación continua del personal en técnicas de perforación y tronadura y, lo más principal, que esto es el núcleo de todo el sistema, así como la importancia de la motivación y la retroalimentación de los empleados.

Según (MORALES, 2019), en su tesis de grado menciona que: la Empresa Minera Vicus SAC. Está desarrollando labores de exploraciones el inclinado - 180 de Valeria Norte, se encuentra en ejecución. Las pruebas se realizaron en el inclinado con el propósito de llegar al nivel - 180 en menor tiempo y costos, se estuvo llevando con una sección de 2.20 m x 2.20 m, en una roca de tipo muy dura como la Diorita, siendo su primordial obstáculo el avance lineal que es menos de 1.65 metros/disparo programado, lo que repercute en altos costos, para reducirlos, se estudiaron las mallas de perforación y tronadura, método utilizado para calcular la nueva red de perforación y tronadura es el algoritmo de Holmberg con un arranque de tipo corte quemado. Para la adquisición de datos y para la comparación, se realizó 60 disparos, lo que arrojó un promedio de 1.81 metros y un avance promedio de 1.46 metros/disparo siendo el 80% de eficiencia, se realizaron 10 disparos, que arrojaron un avance promedio de 1.70 metros/disparo. Después de las pruebas de campo, las ventajas de la malla calculada por el modelo matemático de Holmberg demostró un logro en aumentar en 23.97% de avance lineal por disparo, disminución del factor de carga se redujo en 1.32 kg/m³, que corresponde al 30.41%, y se disminuyó en costos de perforación y tronadura por metro lineal en un 30.03%.



3.1.3. Antecedentes de la empresa minera Chaluane o San Juan de Arequipa

Según: (QUISPE CENTENO, 2019), en su tesis de grado en la Unidad Minera Chaluane menciona, cuyo objetivo era de diseñar y mejorar los costos unitarios de labores de desarrollo. De acuerdo a su trabajo llegó a la conclusión de:

Se diseña una red de perforación y tronadura que abordo en los costos unitarios de operación; resultado obtenido es 11.00 US\$/TM, menor al costo que era de 14.87 US\$/TM, en donde el costo por avance se aminoró en 59.03 US\$/metros lineales.

Se optimiza en 0.75 US\$/Disp., lo que nos indica que podemos generar utilidades favorables para la empresa debido a que con la misma mano de obra se pudo incrementar la longitud del taladro y la eficiencia. Se reduce en 5 taladros para una perforación de 5 pies - Galería 325.

3.2. Generalidades de la zona de estudio

3.2.1. Ubicación y acceso

3.2.1.1. Ubicación

El proyecto de tesis se realiza en la provincia de Condesuyos, Distrito rio Grande (San Juan de Arequipa) y Andaray (Chaluane), Región Arequipa, en las unidades mineras San Juan de Arequipa y Chaluane. La mina Chaluane se localiza en el sector central de la quebrada chaluane a 12 km al este de la mina San Juan de Arequipa.

Está demarcado por las siguientes coordenadas UTM WGS-84 (zona 18 L):

Unidad minera San Juan de Arequipa

Norte: 8 241 180

Este: 709 114

Altitud Promedio: 750 m.s.n.m

Unidad minera Chaluane

Norte: 8 238 535

Este: 721 951

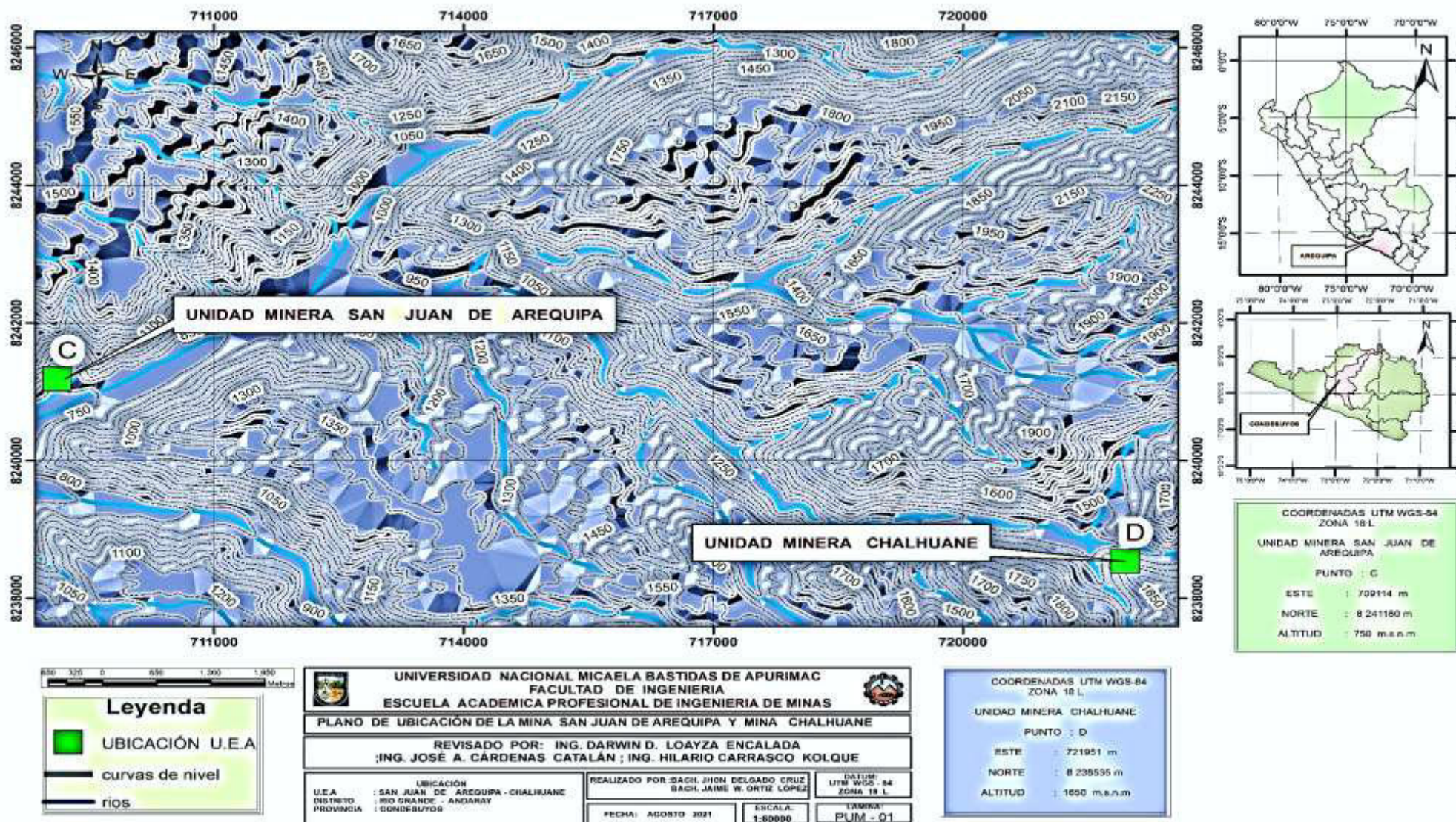
Altitud promedio: 1650 m.s.n.m.

3.2.1.2. Acceso

Para llegar a las unidades mineras por vía terrestre se tiene lo siguiente:

Tabla 2 — Acceso a las unidades mineras vía terrestre

Acceso por vía terrestre desde la ciudad de Abancay			
Ruta	Calzada	km	Tiempo
Abancay – Cusco	Asfaltado	194	4 hr.25 min
Cusco - Arequipa	Asfaltado	491	9 hr.30 min
Arequipa - Camaná	Asfaltado	175	2 hr. 45 min
Camaná - Ocoña	Asfaltado	57.2	1 hr. 00 min
Ocoña - San Juan de Chorunga	Trocha	76.2	3 hr. 45 min
San Juan de Chorunga – Mina Chalhuane	Trocha	60	1 hr. 45 min
		1053.4	23 hr. 10 min



Plano 1 — Plano de ubicación de zona de estudio UM San Juan Arequipa y UM Chalhuané

3.2.2. Generalidades de la CIA minera

- **Mina San Juan de Arequipa**

La unidad minera es una mina subterránea convencional se encuentra ubicado en el distrito de rio grande anexo san juan de chorunga provincia de condesuyos región Arequipa el mineral que explota es el oro mediante el método de corte relleno ascendente en bresting y realce convencional tiene una producción mensual estimado de 3955.86 toneladas aproximadamente con una ley promedio de 12.02 gramos/tonelada siendo su producción diaria de 131.86 toneladas/día la unidad minera cuenta con una planta procesadora tiene una capacidad de tratamiento de 450 toneladas mediante flotación de sulfuros.

CIA Minera San Juan de Arequipa, Ubicado dentro de las concesiones de la Compañía Minera CENTURY MINING PERU S.A.C con depósito geológico está ubicado en el flanco occidental de los andes del sur del Perú, Metalogénicamente en la franja aurífera Nazca - Ocoña, dentro del Gran Batolito Costanero del sur del Perú.

Presenta un clima con Variaciones de temperatura son muy marcadas el verano dura de diciembre a marzo, con una temperatura de 24 °C y un máximo de 30 °C, el invierno parece ser más largo a causa del frio que dura resto del año, con una neblina que se presenta a una altura de 800 a 1500 metros.

Presenta un relieve accidentado debido a que ha sido afectado por huaycos del rio Ocoña lo cual género como un valle dicho lugar también encontramos quebradas profundas. Las elevaciones son considerables y en conjunto presenta un aspecto abrupto de grandes desniveles denominado meseta costanera.

El yacimiento de San Juan de Chorunga, demuestra dos ensambles mineralógicos característicos; el primer ensamble de mayor importancia consiste en "Cuarzo-Pirita-Oro", seguido de otro ensamble polimetálico, "Cuarzo-Esfalerita-Calcopirita-Galena y trazas de Pirrotina", característico de los minerales básicos en profundidad.

El oro se halla como inclusiones, preferencialmente, dentro de la pirita masiva, de tonos oscuros, mientras que la pirita clara denota pobreza.

Los minerales reconocidos, según el análisis microscópico, son: Oro Nativo y Electrón, Pirita, Calcopirita, Galena, Esfalerita (marmatita), Pirrotita, Tetraedrita, Covellita, Marcasita, Hematita, Limonita, Cuarzo, Clorita y



Calcita; por otra parte también existen: Jarosita, goethita, psilomelano, calcantita, mellanterita y yeso

- **Mina Chalhuane**

La unidad minera chalhuane es una mina subterránea convencional se encuentra ubicado en el distrito de andaray provincia de condesuyos región Arequipa el mineral que explota es el oro (calcopirita, pirita) mediante el método corte y relleno ascendente en realce convencional tiene una producción mensual de 1247.82 toneladas aproximadamente con una ley promedio de 17.66 gramos/tonelada siendo su producción diaria de 41.6 toneladas por día la minera no cuenta con una planta procesadora y envía su mineral a la planta de la mina Yanaquihua y a la planta de la mina san juan de chorunga.

CIA Minera Chalhuane es una compañía minera de dueño peruano a una altitud de 1300 hasta 2500 m.s.n.m. Por los aspectos geológicos, la Compañía Minera Chalhuane es una mina subterránea de vetas angostas (0.05 m. – 0.8 m.) con contenido aurífero; con un régimen sub paralelo con afloramientos en superficie de las vetas: Sangre de Toro, Santa Rosa, El Viento, Ubaldina, y Sangre de Toro I.

Presenta una topografía abrupta con desniveles de 500 – 700 m, altitud es de 1300 hasta 2000 m.s.n.m. Donde la quebrada Chalhuane es el más importante y de fuerte dinamismo en la temporada de lluvias. El clima es seco y caluroso; las lluvias son esporádicas entre los meses de enero a marzo. La Quebrada, se origina en las estribaciones SW del nevado Coropuna, en el lugar llamado Escalerías, Sector Andaray y es afluente del río Churunga. Asimismo, las lluvias temporales en las partes altas provocan frecuentes huaycos.

La composición topográfica de la mina es principalmente accidentada, pendiente superior al 60%, intercalada con algunas zonas de suave pendiente, (SAAVEDRA Bustamante, 2018).



3.2.3. Geología

3.2.3.1. Geología local Chaluane

Según (ARIAS RAFAEL, 2016), en el sector de Chaluane afloran rocas intrusivas: las dioritas hornblendicas, monzonita porfirítica y diques de diversa composición. Pórfido diorítico emerge en la zona central de Chaluane, forma circular domica y argilizado, con topografía más suave. En la quebrada purimarka, cortes en la trocha con fracturamientos y relleno tipo stock Word, parecido a yacimientos porfiríticos.

En la zona superior de Chaluane, la diorita hornblendica gris verdosa.

En la zona de Chaluane el fracturamiento N60° W, buzamiento 72° N, pertenece a este sistema la Veta Buenos Aires, con una longitud de 1.2 Km, este fracturamiento es de tipo cizalla, ocurren diques dioríticos paralelos a estas estructuras, (SAAVEDRA Bustamante, 2018).

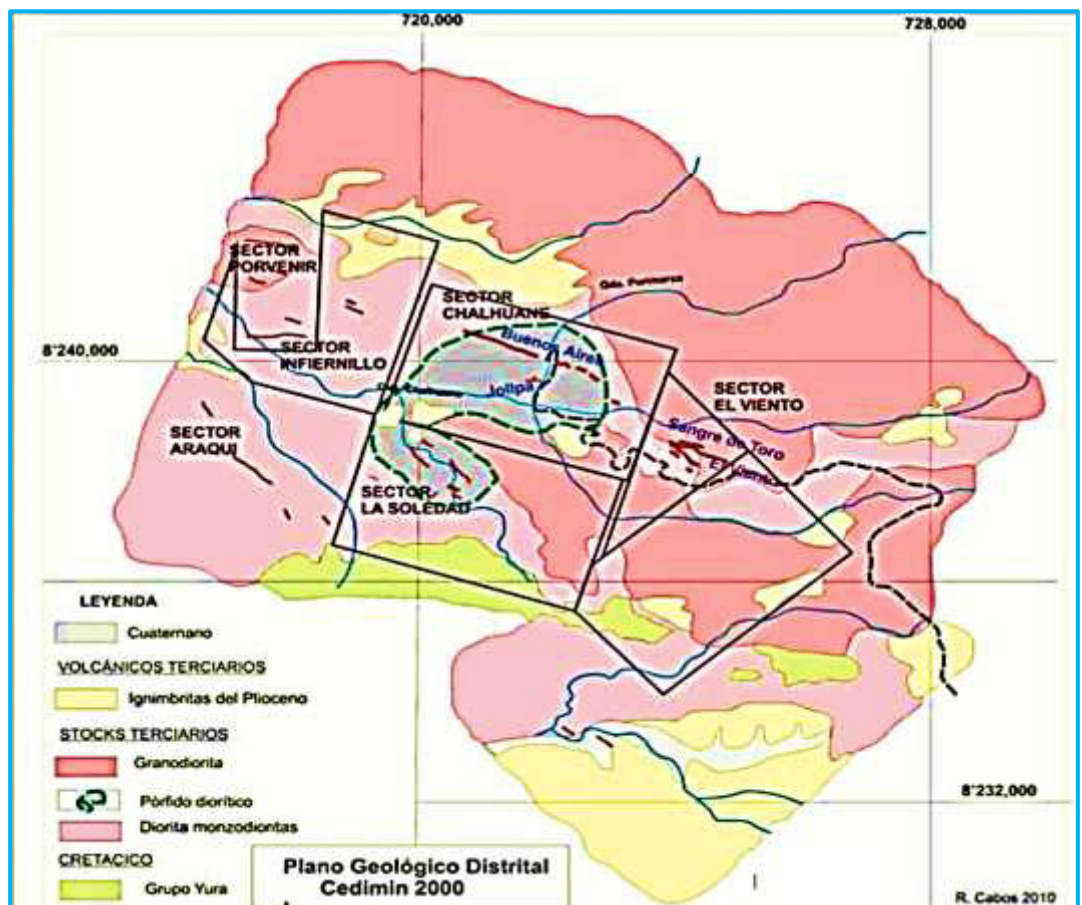


Figura 1 — Geología local de minería chaluane

Extraído — (SAAVEDRA Bustamante, 2018)

3.2.3.2. Geología local San Juan de Arequipa

GNEIS

Mineralógicamente, los gneis son de composición granítica, en su mayoría de color gris verdoso oscuro con bandas claras y oscuras de 0.50 a 0.2 cm de espesor. En la margen izquierda del río Ocoña al sur de Rio Grande, se ubican estas rocas como techos colgantes encima de intrusivos. Esta secuencia litológica tiene una potencia de 150 m, (UMCMPSAC, 2018)

Rocas Intrusivas

Granodiorita

Constituye la roca más abundante del Batolito de la costa, de color gris claro a blanquecino en la superficie y de un color grisáceo en superficie intemperada, en algunas zonas las granodioritas englobando xenolitos dioríticos. (UMCMPSAC, 2018)

Intrusiones Menores

Dique de Andesita

Se ubican intruyendo a las rocas granodioritas con direcciones predominantes E-W, con buzamientos variables, a veces verticales; de diferentes longitudes y anchos con estructuras minerales, asumiendo que estos diques contienen a las soluciones mineralizadas con contenido aurífero. Hay dos tipos de dique: uno denominado andesita de textura porfirítica y otra andesita de textura afanítica. Estos diques se presentan con diferentes grados de alteración hidrotermal (propilitización, piritización, silicificación). La edad de emplazamiento se asume al Terciario Inferior a medio. (UMCMPSAC, 2018)



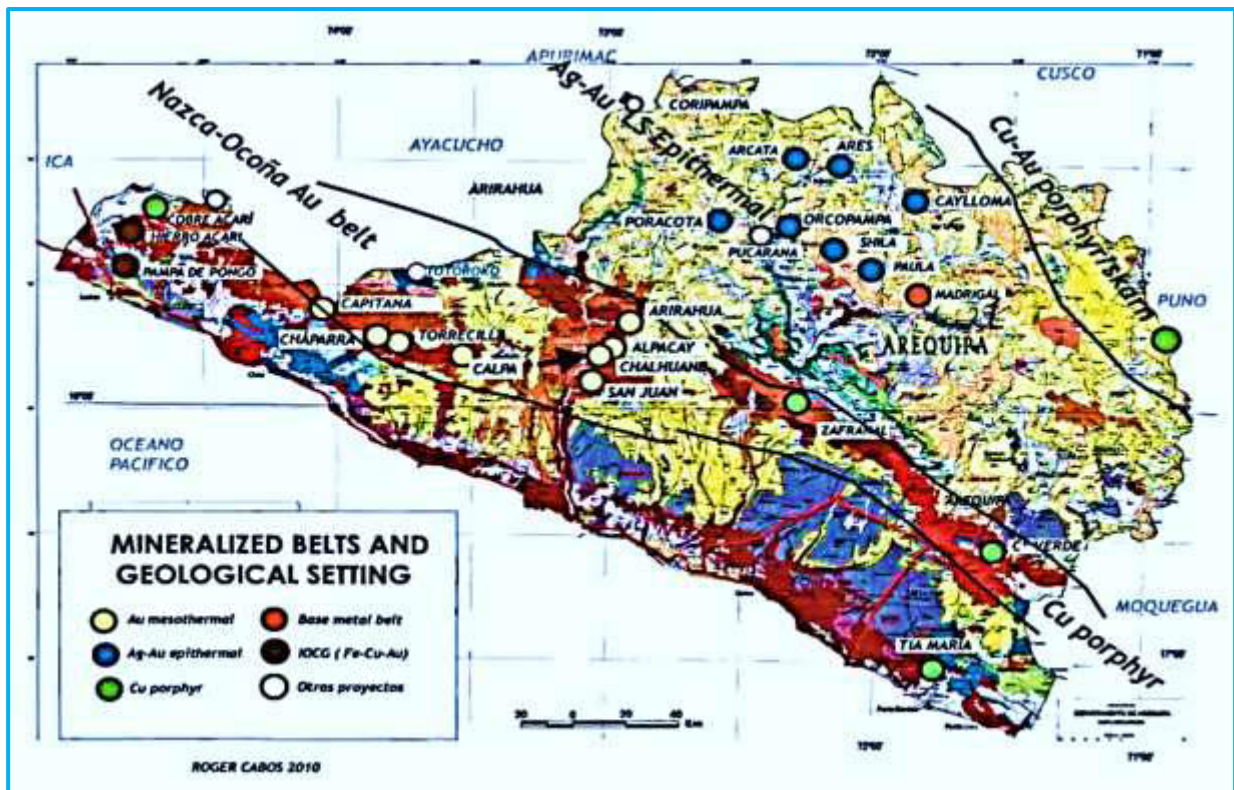


Figura 2 — Geología regional de Arequipa

Extraído — (SAAVEDRA Bustamante, 2018)

3.2.3.3. Geología Regional

Se encuentra una fuerte alteración hidrotermal hacia las rocas porfíricas del Complejo Bella Unión con una coloración blanca - amarillo en la intersección de las quebradas Purimarca y Chalhuané, producto de la alteración argílica avanzada. Envolviendo a esta zona con una coloración de marrón con una alteración argílica y propilítica (SAAVEDRA Bustamante, 2018).

En la zona hay tres grandes grupos geológicas formadas por:

- Rocas Sedimentarias de la era Cretáceo
- Rocas Intrusivas de la era Cretáceo - Terciario
- Rocas Volcánicas de la era terciario

- **Rocas Sedimentarias**

Pertenece a las rocas más longevas, localizados en la zona sur, como remanentes pequeños en algunas quebradas. Están compuesto por lutitas, areniscas y cuarcitas, corresponde a la parte superior del Grupo Yura de la era Cretáceo Inferior, (SAAVEDRA Bustamante, 2018).

- **Rocas Intrusivas.**

 - **Granodioritas - Tonalitas**

Localizadas en la zona NE, desde la Mina San Juan hacia las quebradas. Compuesta principalmente por granodiorita de grano medio - faneríticas que gradan a tonalitas. Al norte de la quebrada Verde Yura presenta una cantidad de ferromagnesianos. Además, hay pequeños stocks de microgranito. Se les considera a una edad terciario inferior, (SAAVEDRA Bustamante, 2018).

 - **Dioritas Monzodioritas**

Ubicadas en la zona oeste de la Mina San Juan, sobre todo en los sectores de Araqui y Tinajas. Compuestas por plagioclasas oscuros como biotitas, hornblenda, piroxenos, y cuarzo, gradan a monzodiorita. Las dioritas presentan una textura de grano fino a medio con una coloración verdosa, (SAAVEDRA Bustamante, 2018).

 - **Pórfido Diorítico alterado**

Son de forma circular en los bordes del cerro Chaluane y en sus quebradas, son dioritas de grano medio a grueso y están fuertemente argilizado con presencia de hematitas y limonitas, (SAAVEDRA Bustamante, 2018).

- **Rocas Volcánicas.**

Están en reducidos afloramientos aislados, como techos recubriendo entre las rocas plutónicas, ubicados en la parte NW y en la parte SE, quebrada Esbilla y en los bordes. Formado por tufos riolíticos - dacíticos, con presencia de fenocristales de biotita y vidrio volcánico, de color marrón claro - rojizo. Son de un grado de compactación variable y textura homogénea, (SAAVEDRA Bustamante, 2018).



3.3. Marco teórico

3.3.1. Perforación

Es el primer paso para prepararse para una tronadura. El objetivo es abrir agujeros cilíndricos en la roca y se utilizan para acoger los explosivos y sus accesorios iniciadores. Su principio se contempla en el proceso mecánico de percusión y rotación, acción de golpe y fricción que crea astillado y trituración de rocas (ARCOS, 2007).

Principio de perforación

Según: (CHIPANA Tito, 2015) en su tesis de grado de la Minera Ananea S.A menciona que se ejecutan dos procesos para romper rocas: penetración (perforación) y fragmentación de la roca (tronadura). El primero se realiza mediante un orificio o corte, por medios mecánicos, hidráulicos o térmicos, para poderlos introducir los explosivos y generar un túnel, galería o pozo. El segundo busca debilitar y fragmentar una cantidad de materiales, mediante energía química, hidráulica, entre otras. Existen varios métodos de perforación podemos clasificar de diferentes formas según: estándares de los equipos, dimensión del barreno, montaje del equipo y fuente de energía. Los mecanismos de excavación en la minería subterránea.

Tipos de perforación

- **Perforación por percusión**

El elemento principal de la perforadora es el pistón, que impulsa hacia delante golpea la culata de la barra, así la energía cinética se transfiere desde el martillo hacia el corte de la barra. El desplazamiento de las ondas se produce a velocidad superior. La onda de choque se propaga hacia la broca, cuando parte de la energía se convierte en trabajo útil, los demás se refleja y retrocede a través del varillaje, así generando calor y abrasividad. La evaluación de la eficiencia en la transmisión de la energía depende de varios factores, como son: tipo de roca, forma y dimensión del pistón, cualidades del varillaje, diseño de la broca, etc. (CHIPANA Tito, 2015).

- **Perforación por rotación**

Esta realiza dos acciones esenciales por medio de la broca a la roca: empuje axial y torque; la energía se transfiere a la broca mediante una barra que gira y empuja la broca hacia la roca. Su trabajo es hacer que la broca trabaje en diferentes puntos de la roca en el fondo del barreno provocando el rompimiento de la roca, (CHIPANA Tito, 2015).



- **Perforación por rotopercusión**

Se basa en la colisión de una pieza de acero (pistón) que golpea a un útil (barra), transmitiendo energía al fondo del pozo mediante un elemento final (broca). Según la posición del martillo los equipos rotopercutivos se clasifican en dos grandes grupos:

a. Martillo en cabeza: dos de las acciones básicas, en estas perforadoras, son la rotación y percusión, sucede fuera del barreno, transfiriéndose mediante de una espiga y del varillaje hacia la broca. Puede ser de accionamiento neumático o hidráulico.

b. Martillo en fondo: ocurre la percusión directamente en la broca, tanto que la rotación ocurre fuera del barreno.

Esta presenta las siguientes ventajas que son:

- Se aplica a todas las rocas, desde las más blandas hasta las más duras.
- Amplia gama de diámetros de perforación.
- Los equipos son muy adaptables a distintos trabajos.
- Solo necesitan un hombre para manejarlo y ejecutarlo.
- Mantenimiento sencillo y rápido.
- El precio de compra no es elevado. Gracias a estas ventajas y características.



Figura 3 — Perforación con martillo de fondo y en cabeza

Percusión: Son los impactos del pistón con una onda de choque que se transfiere a la broca mediante el barreno (martillo en cabeza) o directamente sobre él (martillo en fondo).

Rotación: Es cuando gira la broca y crea impactos sobre la roca en distintos ángulos o posiciones.

Empuje: Para sostener la broca en contacto con la roca, se aplica un empuje a la columna del taladro.

Barrido: Ésta permite al fluido de barrido del detritus desde el fondo hacia afuera del agujero.

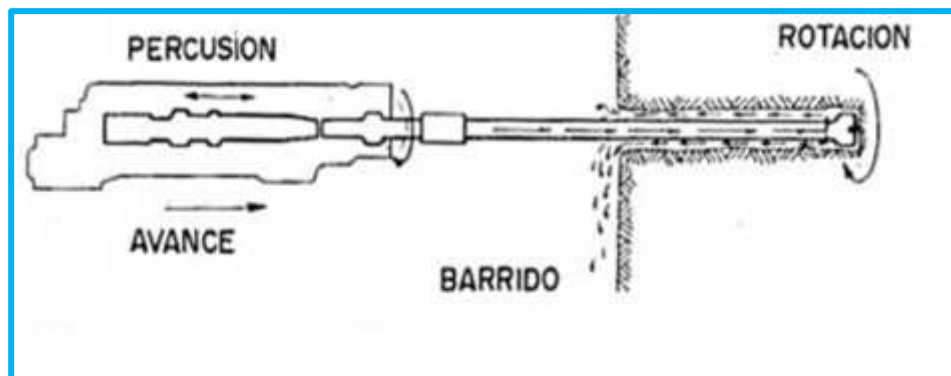


Figura 4 — Acciones básica en la perforación roto percusión

Extraído — (LÓPEZ Jimeno, 2004)

- **Fallas de perforación**

Son fallos significativos, las cuales modifican al arranque del disparo, entre ellos tenemos (EXSA, 2019):

- a. **En arranques**

- Falto de diámetro o escaso número de taladros de alivio.

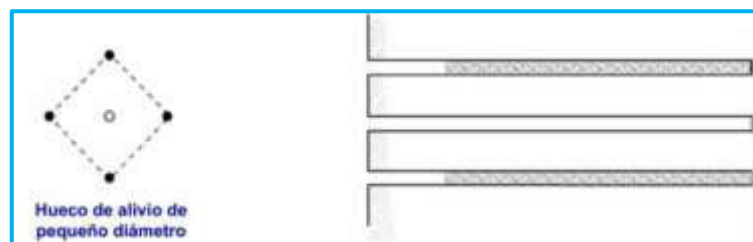


Figura 5 — Fallas en arranques

Extraído — (EXSA, 2019)

b. Desviaciones en el paralelismo

Burden no se mantiene uniformemente, por lo tanto, es mayor al fondo lo que causa al fracturamiento y al avance, se da más en los arranques y en la periferia (techo) de túneles y galerías.

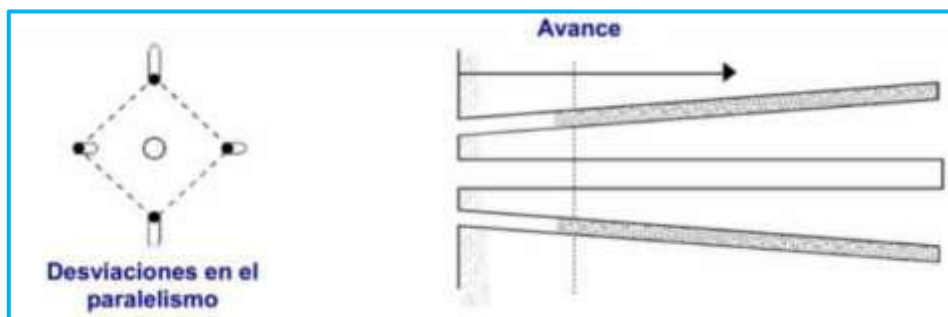


Figura 6 — Fallas en paralelismo

Extraído — (EXSA, 2019)

c. Espaciamientos irregulares entre taladros

Causan fragmentación gruesa o un tiro soplado, se puede resolver con una secuencia adecuada salida de los taladros.

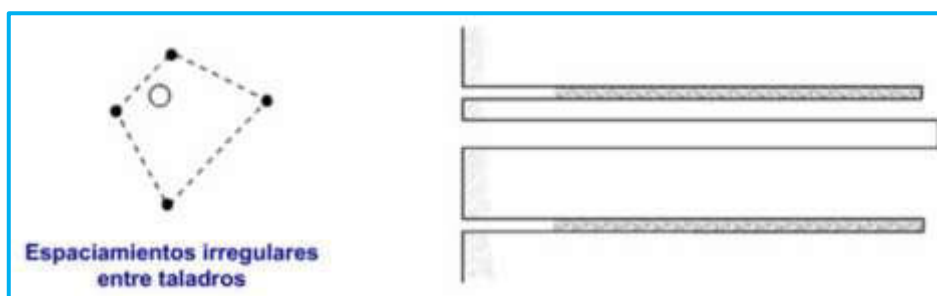


Figura 7 — Fallas en los espaciamientos

Extraído — (EXSA, 2019)

d. Irregular longitud de taladros

Perjudica en el avance (el alivio es muy corto o largo), además define una nueva cara muy irregular.

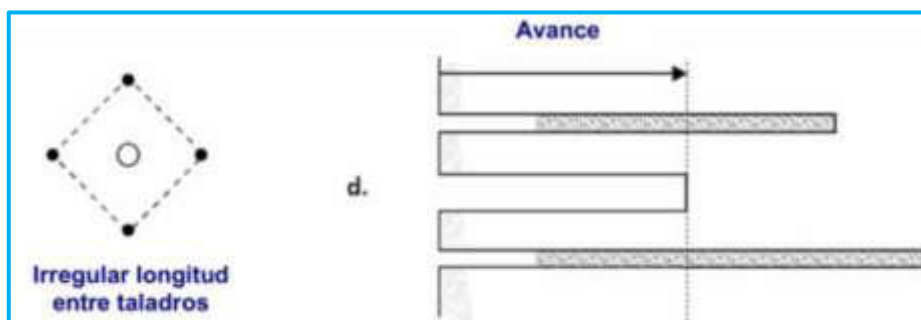


Figura 8 — Fallas en longitudes

Extraído — (EXSA, 2019)

e. Intercepción de taladros

La distribución de la carga explosiva es perjudicial en el cuerpo de la roca a romper.

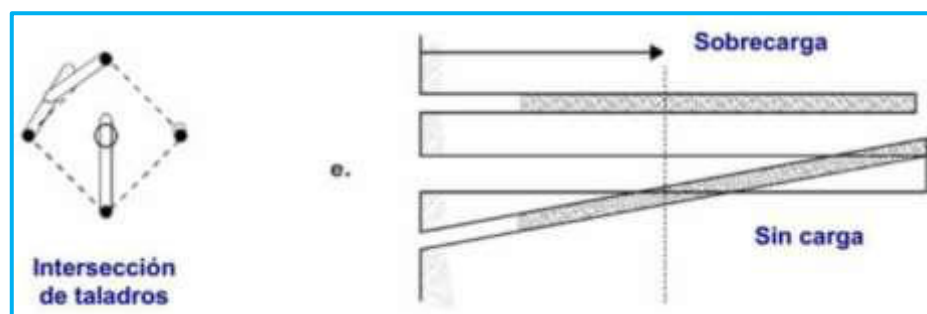


Figura 9 — Fallas en intercepción

Extraído — (EXSA, 2019)

f. Número mayor de taladros o diámetros muy grandes

Pueden definir sobrecargas, que golpearán las rocas adyacentes, generando mayor debilitamiento a su alrededor o circundante siendo la causa la sobrecarga.

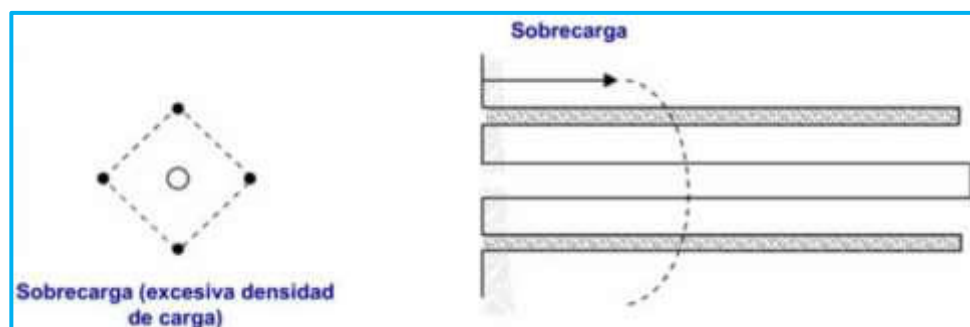


Figura 10 — Fallas en sobrecarga

Extraído — (EXSA, 2019)

3.3.1.1. Numero de Taladros Perforados

La cantidad de taladros requeridos depende del tipo de roca, grado de confinamiento del frente, grado de fragmentación que se obtendrá y el diámetro de la broca; los componentes individuales pueden reducir o expandir la malla de perforación, por ello hay que aumentar o disminuir el número de agujeros calculados teóricamente, éstas afectan a la clase de explosivo y el método de iniciación, (EXSA, 2019) cuya fórmula es:

$$N^{\circ} \text{ tal} = \frac{P}{dt} + (C * S)$$

En la cual:

P: circunferencia o perímetro de la sección de la labor, en metros, que resulta de la fórmula

$$P = \sqrt{A} * 4$$

dt: distancia entre los agujeros de la circunferencia o periféricos que normalmente es de:

S: Sección de la labor.

C: Coeficiente o factor de roca.

Tabla 3 — Coeficiente o factor de roca (dt)

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)
Tenaz	0.50 a 0.55
Intermedia	0.60 a 0.65
Friable	0.70 a 0.75

Extraído — (EXSA, 2019)

Tabla 4 — Dimensión de la sección del túnel en m2 (cara libre) (C)

Dureza de roca	Coeficiente de roca (m)
Tenaz	2.0
Intermedia	1.5
Friable	1.0

Extraído — (EXSA, 2019)

3.3.1.2. Burden

Es la distancia entre el pie o eje del agujero con la cara libre perpendicular más cercana. También es la distancia entre las filas de agujeros en una tronadura. Depende usualmente del diámetro de la perforación, características de la roca, altura del banco y las especificaciones de los explosivos a utilizar. Si el burden es demasiado, la explosión del taladro encontrará mucha resistencia para romper adecuadamente el cuerpo rocoso, el gas generado tenderá a soplar y ha craterizar la boca del agujero. No obstante, si se reduce, habrá un exceso de energía, lo que causaría a la formación de fragmentos de roca y fuertes vibraciones (EXSA, 2019).

Cálculo del burden según (KONYA J, y otros, 1976) de acuerdo al tipo de roca y tipo de explosivo:

$$B = 0.012 * D_{exp} \left(\frac{2 * SGe}{SGr} + 1.5 \right)$$

Siendo:

B: Burden (m)

D_{exp}: Diámetro del explosivo (mm)

SGe: Densidad de explosivo (gr/cm³)

SGr: Densidad de la roca (gr/cm³)

Modelo matemático de Holmberg - diseño de la malla de excavación

Para los cálculos de burden y espaciamento se realiza en 4 secciones a continuación se muestra el modelo matemático de R. Holmberg:

Tabla 5 — Fórmulas de burden y espaciamento según holmberg

SECCIÓN DEL CORTE	VALOR DE BURDEN	LADO DE LA SECCIÓN
PRIMERA	$B_1 = 1.5 D_1$	$B_1 \sqrt{2}$
SEGUNDA	$B_2 = B_1 \sqrt{2}$	$1.5 B_2 \sqrt{2}$
TERCERA	$B_3 = 1.5 B_2 \sqrt{2}$	$1.5 B_3 \sqrt{2}$
CUARTA	$B_4 = 1.5 B_3 \sqrt{2}$	$1.5 B_4 \sqrt{2}$

Extraído — (EXSA, 2019)

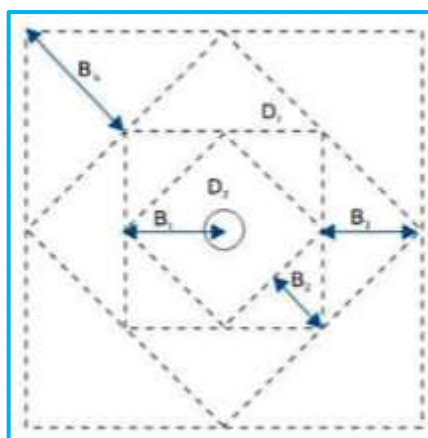


Figura 11 — Distribución de burden y espaciamento según cuadrantes

Extraído — (EXSA, 2019)

Longitud de perforación

Se precisa la longitud de taladro en función al diámetro, según Roger Holmberg menciona:



$$L = 0.15 + 34.1 \times \phi_v - 39.4 \times \phi_v^2$$

En el que:

L = Profundidad del taladro en m.

ϕ_v = Diámetro del taladro vacío en m.

Diámetro equivalente:

Para el diseño de la red de perforación sin rimadora más de un taladro de alivio según R. Holmberg, Langefors y Gustaffson para su cálculo tenemos:

$$\phi_e = \phi_v \times \sqrt{2}$$

El cual:

ϕ_e = Diámetro equivalente en m.

ϕ_v = Diámetro del taladro vacío en m.

3.3.1.3. Espaciamiento (E)

Es la distancia entre taladros de una misma fila en una tronadura con un mismo retardo o con retardos distintos y mayores en la misma fila. Se calcula teniendo la dimensión del burden. Igual que con el burden, espaciamientos muy reducidos crean exceso de trituración y craterización en la boca del agujero, bolones y bloques de gran tamaño. Si son espaciamientos excesivos, éstas conducen a una fracturación insuficiente, lomos al pie de banco y una nueva cara frontal muy irregular, (EXSA, 2019).

Según (FAMESA, 2019), el espaciamiento, su valor se calcula en función del burden, del tiempo de retardo entre agujeros y la secuencia de encendido. Espaciamientos muy pequeños generan, entre las cargas un exceso de trituración y roturas superficiales en cráter, bloques de gran tamaño por delante de la fila de taladros. Dimensiones excesivas de la separación entre taladros favorecen una fracturación incorrecta, problemas de toe o callos y frente muy irregular con resaltes de roca en la flamante cara del banco o frente de perforación.

$$E = 1.18 * B$$



3.3.1.4. Vida útil de los aceros de perforación en pies perforados

Según (UMASI Carlos, 2013), vida útil de los aceros, el periodo de los aceros de perforación depende de varios factores para determinar la vida útil real en un sitio en particular, se debe considerar la confiabilidad operativa y la seguridad, además las herramientas de perforación deben reemplazarse antes de que fallen e interrumpan la producción.

La vida útil del acero de perforación es el tiempo que la herramienta puede funcionar de manera efectiva, la proporciona el fabricante y depende del material del que esté hecha.

La corrosión es un proceso que reduce su vida útil debido al tipo de herramienta (formación), a la roca y presión que se le aplica. El desgaste se debe usualmente a los siguientes factores:

Minerales en la roca; incluyendo su dureza, tamaño y matriz.

Resistencia, dureza y abrasividad de la roca.

Profundidad y velocidad de corte o perforación.

Fuerzas de impacto en las herramientas (roca fisurada) “al vacío” o condiciones inestables.

Tipo de corte o excavación (percusión o rotación).

Enfriados entre la roca y la herramienta.

Sistema eficiente de remoción y evacuación de detritus.

Calidad de metal de la herramienta (resistencia y dureza).

Brocas

Según, (FAMESA, 2019) se usan en la perforación rotopercutiva, son de dos tipos: brocas de pastillas o plaquitas y de botones.

Brocas de botones

Según (FAMESA, 2019) son botones o insertos cilíndricos de carburo de tungsteno dispersados en la cabeza de la broca. Sus fabricaciones van desde los 30 mm hasta los 251 mm de diámetro.

Son más adecuadas en la perforación rotatoria a velocidades de avance más altas que con las de pastillas. Son más resistente al desgaste, no solo por la forma de los botones sino también por la sujeción de acero más eficiente, ya sea por contracción o presión en frío.





Figura 12 — Broca de botones de 38 mm atlas

Extraído — (ATLAS Copco Secoroc AB, 2015)

- **Barras cónicas**

Según: (FERNANDEZ Tirado, 2016) son varillas de acero que transfieren el golpe al terreno por medio de la broca. La perforación de los agujeros se realiza con juegos de barras, iniciando con el patero de 4 pies, seguidor de 6 pies y pasador de 8 pies.



Figura 13 — Barra de perforación

Extraído — (ATLAS Copco Secoroc AB, 2015)

- **Broca escariadora cónica**

Según (ATLAS Copco Secoroc AB, 2015) son una opción al equipo de escariado tradicional para la perforación manual y pequeñas aplicaciones para túneles. Usar junto con las barras cónicas H22 estándar con conicidad de 7°, 11° o 12°.

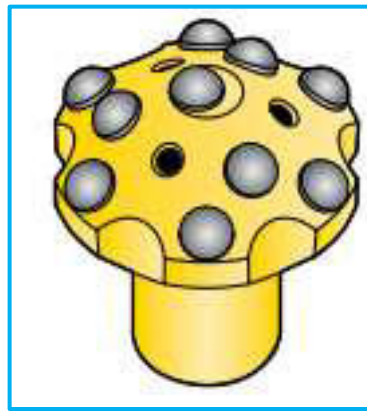


Figura 14 — Broca escariadora cónica de 64 mm

Extraído — (ATLAS Copco Secoroc AB, 2015)



Figura 15 — Broca escariadora de botones 64 mm para barra piloto y adaptador R25

Extraído — (ATLAS Copco Secoroc AB, 2015)

3.3.1.5. Longitud de perforación y eficiencia de perforación

En minería subterránea la longitud varía según cuanto se quiere perforar y del área de la sección del frente. (CONCHA Cuadros, y otros, 2020).

$$L_{tal} = L_b * E_p$$

En que:

L_{tal} : Longitud del taladro (m).

L_b : Longitud del barreno (m).

E_p : Eficiencia de perforación (%).

$$E_p = \frac{L_{tal}}{L_b} * 100$$

3.3.2. Voladura

Conforme a: (ENAMI, 2013), es la operación que tiene por objetivo el arranque del mineral desde el macizo rocoso, usando la energía liberada por el explosivo colocado en los taladros. Mejor uso se tiene al aplicar la energía ideal para ocasionar una fragmentación buena, evitando daño en las cajas y techo de la labor. Formada en la roca. Y al final los fragmentos o detritos caen y se acopian para formar una pila de escombros o material volado.

De acuerdo con (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2015), detonación es la quema de una gran cantidad de explosivo. Cuyo proceso consiste en cargar el explosivo hacia los taladros vacíos, el explosivo al entrar en acción provoca una onda de vibración y, por reacción, el gas se libera a alta presión y temperatura constante, para arrancar, romper o quitar una cantidad de material.

En consonancia con (GHASEMI E., y otros, 2012), el objetivo principal de las tronaduras es fragmentar la roca y esto exige grandes cantidades de explosivos. Los explosivos liberan grandes cantidades de energía, pero el 20-30% se usa para la ruptura y mover las rocas, en tanto el resto de la energía se pierde como efecto secundario del medio ambiente.

Conforme a (EXSA, 2019), la fragmentación de rocas por detonación incluye la acción de un explosivo y la consiguiente reacción del macizo rocoso circundante, incluyendo factores de tiempo, energía termodinámica, ondas de presión, mecánica de rocas y otros elementos, siguiendo un mecanismo iterativo complejo y rápido. Así mismo tiempo, el volumen de gas liberado y en expansión entra en las grietas iniciales, expandiéndolos mediante el movimiento de cuña y creando grietas, las que producen una fragmentación. Si la distancia entre el taladro y la cara libre se calcula correctamente, la roca entre los dos puntos cederá. Además, los gases restantes desplazan rápidamente la masa del material triturado, hasta que pierde su fuerza a medida que se enfría y aumenta el volumen de la cavidad formada en la roca. Y al final los fragmentos o detritos caen y se acopian para formar una pila de escombros o material volado.



3.3.2.1. Numero de taladros disparados

De acuerdo con (EXSA, 2019) define, los agujeros se distribuyen de forma concéntrica, con el arranque en el área central de la tronadura, siendo su nombre como:

- 1.- **Arranque o cueles.** - Son los agujeros ubicados en el medio, se disparan primero para formar la oquedad inicial. Suelen cargarse de 1.3 a 1.5 veces más que el resto.
- 2.- **Ayudas.** - Son los agujeros que bordean a los agujeros del arranque y forman las salidas hacia la cavidad inicial. Conforme a la dimensión del frente varía su número y distribución.
- 3.- **Cuadradores.** - Son los agujeros laterales (hastiales) que conforman los lados del túnel.
- 4.- **Alzas o techo.** - Son los agujeros situados en el techo o bóveda del túnel. Se les conoce como taladros de la corona. En tronadura de recorte o smooth blasting se disparan juntos a las alzas y laterales, al final de todo, por nombre en general, “taladros periféricos”.
- 5.- **Arrastre o pisos.** - Son los agujeros localizados al piso del túnel o galería, se disparan al final de toda la ronda.

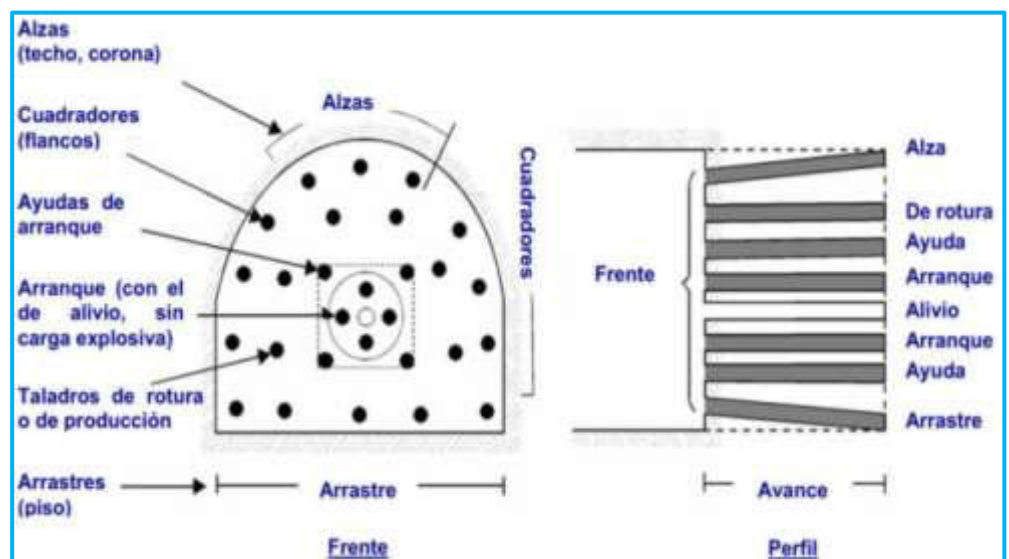


Figura 16 — Denominación de los taladros

Extraído — (EXSA, 2019)

- **Cortes en paralelo**

De acuerdo con (EXSA, 2019) define:

Son taladros paralelos entre si. Se orienta a la apertura de un hoyo central cilíndrico, como una cara libre interior con la misma longitud. La secuencia de detonación consta de tres etapas; los primeros agujeros son disparados casi iguales de arranque para crear la cavidad cilíndrica; lo segunda, los agujeros de ayuda rompen por colapso hacia el eje del hueco central en toda su longitud; por terimnar salen los taladros de la periferia perfilando el túnel. El perfil o acabado final de la pared continua va de acuerdo al orden de las salidas, son cruciales para el resultado.

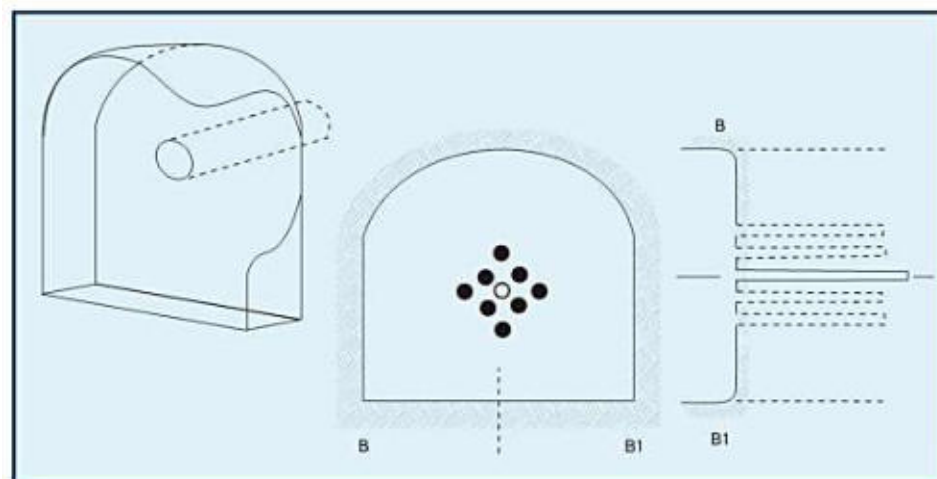


Figura 17 — Vista frontal y de perfil de corte en paralelo

Extraído — (EXSA, 2019)

- **Tipos de cortes de paralelo**

Según (EXSA, 2019) define:

Los esquemas básicos con taladros paralelos son:

- Corte quemado, corte cilíndrico con taladros de alivio y corte escalonado por tajadas horizontales

- a. Cortes quemados**

Conforme a (FAMESA, 2019) define:

Todos los agujeros se perforan paralelos y con el diámetro igual. Son cargados con grandes cantidades de explosivos, mientras que a otros se les deja vacío. Al tener elevada carga, la roca fragmentada genera en la parte profunda, lo que no permite las condiciones óptimas para la salida

de la tronadura como ocurre con los cortes cilíndricos. Los avances son limitados y no más de 2.5 metros por tronadura.

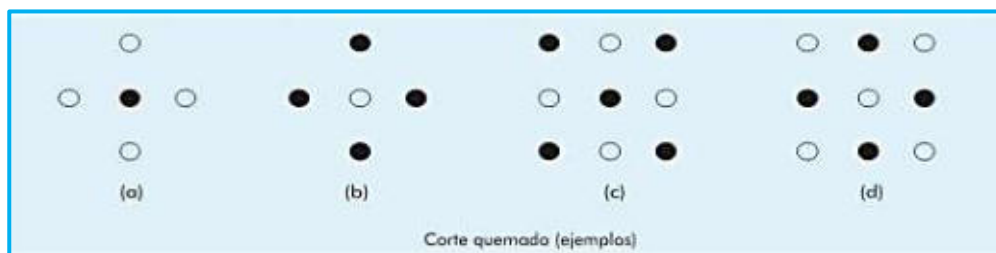


Figura 18 — Malla de perforación en minería subterránea arranque corte quemado

Extraído — (EXSA, 2019)

b. Corte cilíndrico

Según (EXSA, 2019), tiene las mismas distribuciones que el corte quemado, a diferencia que influye uno o más taladros centrales vacíos de mayor diámetro que los demás, facilitando la formación de un orificio cilíndrico. Ésta proporciona una mayor resistencia que el corte quemado. Por lo que el burden o distancia entre el taladro grande vacío y el más próximo cargado, donde: $B = 0.7 \times \text{diámetro del taladro central}$.

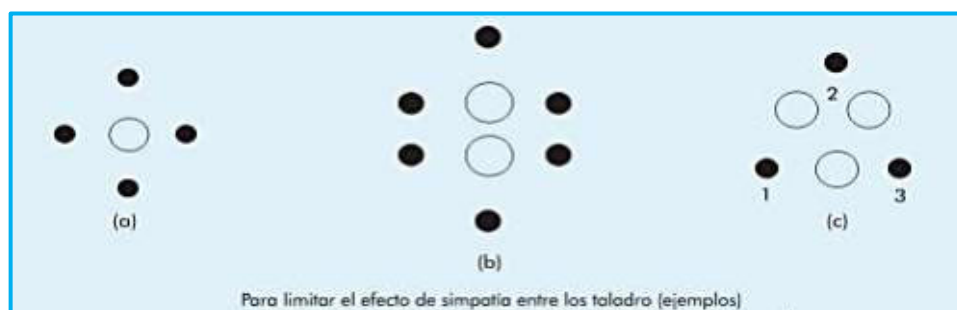


Figura 19 — Malla de perforación en minería subterránea arranque corte cilíndrico

Extraído — (EXSA, 2019)

3.3.2.2. Explosivos

Según: (BERNAOLA Alonso, y otros, 2013) define como sustancias químicas con un grado de inestabilidad en los enlaces atómicos de sus moléculas, bajo ciertas circunstancias o un pulso externo, causa una rápida reacción de disociación. Esta reacción, de tipo oxidación - reducción, es inducida por los llamados “puntos calientes”, conocido como detonación y origina gases a altas presiones y a altas temperaturas, los cuales generan una onda de compresión. La explosión es, según

Berthlot, "la expansión repentina de los gases a un volumen mucho mayor que el volumen original, acompañada de ruidos fuertes y efectos mecánicos violentos".



Figura 20 — Distribución de energía potencial de un explosivo en la voladura

Extraído — (EXSA, 2019)

- **Clasificación de explosivos**

Los explosivos según: (EXSA, 2019) se clasifican en dos grandes grupos:

1. **Explosivos químicos**

Se dividen en dos grupos según su velocidad de onda de choque o velocidad de reacción:

- Rápidos o altos explosivos: entre 2 500 a 7 000 m/s.
- Lentos o deflagrantes: menor o igual de 2 000 m/s.

Los explosivos de alta velocidad, también llamados “detonadores”, la onda de choques supersónica o de alto régimen y autosostenida, asegura la tronadura completa, con fuerte efecto de impacto triturador o brisante.

Los deflagrantes contienen pólvora, compuestos pirotécnicos y propulsores para artillería y cohetería, no son de aplicación en la minería o ingeniería civil. La pólvora de mina se utiliza como núcleo de la mecha de seguridad y artesanalmente como columna de carga explosiva, su onda de choque es subsónica (menos de 2

000 m/s) su expansión semejante a una combustión violenta con muy limitado efecto triturador. Además, el ANFO mal iniciado solo llega a deflagrar produciendo un efecto netamente expansivo.

2. Explosivos industriales rompedores

Para uso en obras civiles y en minería, se dividen en dos categorías:

A. Altos explosivos, sensibles al fulminante N° 8.

Los altos explosivos sensibles comprenden a:

- a) Dinamitas.
- b) Explosivos permisibles o de seguridad para minería de carbón.
- c) Explosivos hidrogel y emulsión sensibilizados.
- d) Explosivos especiales.

B. Agentes de voladura, no sensibles al fulminante N° 8.

Los agentes de voladura no sensibles comprenden dos grupos:

a) Agentes de voladura acuosos (wáter gels) son:

1. Hidrogeles o slurries.
2. Emulsiones.
3. Agentes mixtos.
 - a) Emulsión/ANFO o ANFOs pesados.
 - b) Quantex – MEQ 73.
 - b) Agentes de voladura NCN granulares, secos.
ANFO y similares.

Propiedades de los explosivos

De acuerdo con (FAMESA, 2019), los explosivos poseen propiedades diferentes, según al tipo de tronadura que se desea realizar y a las condiciones del terreno. Los distintos grupos de explosivos permiten predecir cuáles serán los resultados de fragmentación, desplazamiento y vibraciones.

Las características más importantes de los explosivos son:

- Potencia y energía desarrollada
- Velocidad de detonación
- Densidad
- Presión de detonación
- Resistencia al agua

- Sensibilidad

Sin embargo, también es preciso tener en cuenta:

- Los humos
- La resistencia a bajas y altas temperaturas
- La desensibilización por acciones externas

a. Componentes principales de los explosivos industriales

Estos son empleados en tronadura de rocas, actúan en base a una reacción física - química de combustión muy rápida que comprende a tres elementos: oxidante, combustible y sensibilizador. El oxidante proporciona oxígeno al combustible para su combustión y ocasionar gases, vapor de agua, cenizas y calor, es el sensibilizador el que en cierta forma actúa como un incentivador para mantener la reacción al nivel de explosión, aumenta la temperatura drásticamente, los gases extremadamente calientes se expanden instantáneamente para producir efectos de trituración y desplazamiento de la roca.

EXPLOSIVOS COMERCIALES - COMPONENTES PRINCIPALES			
TIPO	OXIDANTES	COMBUSTIBLES	SENSIBILIZADOR
DINAMITAS	Sólidos Nitrato de amonio y otras sales	Sólidos Materias absorbentes, pulpa de madera, celulosa	Líquido Nitroglicerina y nitroglicol
ANFO Y OTROS NITROCARBONITRATOS GRANULARES	Sólidos Nitrato de amonio granulado	Sólido/líquido Petróleo diesel, carbón, y otros aceites	Aire Poros con aire en los prills de nitrato de amonio Poros vacíos con aire
HIDROGELES SLURRY (dispersión de aceite en agua)	Sólido/líquido Nitrato de amonio, nitrato de sodio y otras sales (soluciones salinas)	Sólido/líquido Petróleo, aluminio, espesadores, gomas	Sólido/líquido Nitrato de mono-metil amina, mononitrato de etileno glicol, Aluminio en polvo y otros gasificantes
EMULSIONES (dispersión de agua en aceite)	Líquido Soluciones de Nitrato de amonio, Sodio y/o Calcio Aluminio.	Líquido/sólido Petróleo, aceites, emulsificantes, parafinas	Gasificantes. Aire contenido en microesferas de vidrio y gasificado químico.

Figura 21 — Componentes principal de los explosivos

Extraído — (EXSA, 2019)

3.3.2.3. Accesorios de voladura

Según: (LÓPEZ Jimeno, 2004) la evolución de los explosivos hacia los accesorios de iniciación desde los años cuarenta han tenido fuerte

desarrollo tecnológico con el que se ha intentado alcanzar los siguientes objetivos:

- Iniciación energética de los explosivos de las últimas generaciones, aún más insensibles que las dinamitas clásicas y seguras.
- Control de los tiempos de iniciación para el mejorar la fragmentación.
- Reducción del nivel de vibraciones, onda aérea y proyecciones producidas en las tronaduras.
- Primado puntual, en fondo o en cabeza del barreno, o el cebado lineal de toda la columna.
- Mayor rapidez y flexibilidad de las operaciones de arranque manteniendo un elevado grado de seguridad para el personal e instalaciones.

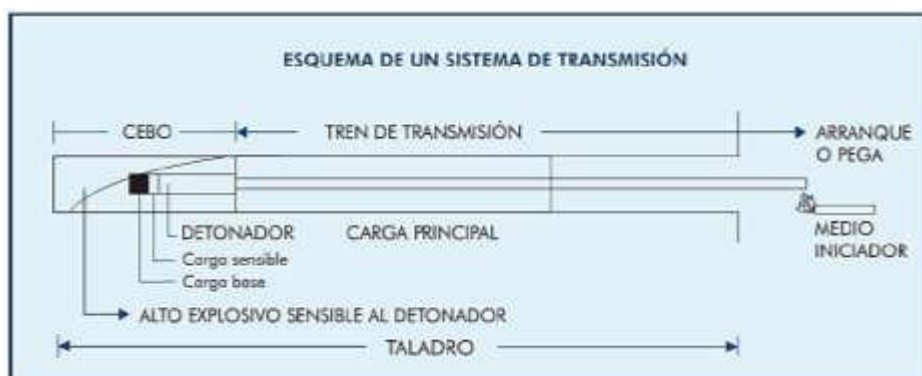


Figura 22 — Esquema de sistema de transmisión para la voladura

Extraído — (EXSA, 2019)

Aplicación de los métodos de iniciación

Según: (EXSA, 2019), una tronadura puede realizarse con casi cualquiera de los métodos conocidos, éstos en la práctica se agrupan como:

A) Métodos para voladura subterránea.

Frontones de túneles, tajeos, piques, etc. se prestan a la preparación de cebos de dinamita, de explosivo hidrogel o emulsión de pequeño diámetro (22 hasta 75 mm) con:

- a) Fulminante simple y mecha de seguridad; fulminante simple, mecha de seguridad, mecha rápida y conectores, todos ellos se encienden con llama.
- b) Detonador instantáneo eléctrico o de retardo, cable de empalme y explosor. Son encendido por descarga eléctrica.

- c) Detonadores no eléctricos tipo Exsanel, con uniones de mangueras transmisoras o cordón detonante. Se encendido con un fulminante simple, detonador eléctrico o una pistola de fogeo.
- d) Cordón detonante simple, como detonador, con retardos exteriores de microsegundo para dar secuencia de salida. Se encendido con fulminante simple o detonador eléctrico para piques, voladura de cráter invertido VCR, banqueo y entre otros.
- e) Detonador electrónico, con cables de conexión, conectores hembra y macho, unidad de control voladura, software de voladura que visualiza la información de la voladura, maniobrados con explosores programados.

Características técnicas de los explosivos y accesorios de voladura empleados en el presente trabajo.

- En compañía Minera Chaluane los explosivos usados son: Dinamita Semigelatina 65 % y 80% y dinamita pulverulenta exadit al 45 % de tipo EXSA.
En accesorios de voladura: carmex y mecha rápida.
- En compañía Minera San Juan los explosivos usados son: emulnor 1000, 3000 y 5000 de la empresa FAMESA.
En accesorios de voladura: carmex y mecha rápida.

Explosivos:

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.

Recomendaciones de uso:


- Aplicable para voladura de roca intermedia a dura.
- Recomendable en obras donde es necesario mover un gran volumen de material poco consolidado o pre facturado.
- Para iniciar, utilizar detonador N°8 como mínimo.
- No abrir o amasar los cartuchos.
- Para consideraciones de seguridad en su manipulación y almacenamiento, consultar hoja de seguridad de Exsa.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Especificaciones Técnicas	Unidades	Exadit 45	Exadit 65
Densidad	g/cm ³	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

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 18 meses, después de su fecha de fabricación.

TRANSPORTE
 CLASE: 1
 DIVISIÓN: 1.1 D
 N°ONU: 0081



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

Figura 23 — Caracterización de Exadit 45% de la empresa EXSA

Extraído — (EXSA, 2019)

Dinamita desarrollada para minimizar los costos de chancado así como los asociados a la realización de voladuras secundarias en terrenos de roca semidura a dura al proporcionar una buena fragmentación del macizo rocoso. Es ideal para el carguio de taladros en terrenos fracturados que presenten dificultad gracias a su excelente simpatía y sensibilidad que contribuyen a reducir los tiempos de manipulación y carguio del explosivo.

Recomendaciones de uso:

- Aplicable para voladura de roca semidura.
- Recomendable en taladros de arranque, producción y arrastre.
- Para iniciar, utilizar detonador N°8 como mínimo.
- No abrir o amasar los cartuchos.
- Para consideraciones de seguridad en su manipulación y almacenamiento, consultar hoja de seguridad de Exsa.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Especificaciones Técnicas	Unidades	Semexsa 45	Semexsa 65	Semexsa 80
Densidad	g/cm ³	1,08 ± 3%	1,12 ± 3%	1,18 ± 3%
Velocidad de detonación *	m/s	3,800 ± 200	4,200 ± 200	4,500 ± 200
Presión de detonación**	kbar	87	94	125
Energía**	KJ/kg	3,060	3,130	3,230
RWS **	%	83	85	87
RBS **	%	109	116	126
Resistencia al agua		Buena	Buena	Excelente
Categoría de humos		1 era	1 era	1 era

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

Figura 24 — Características de Semexa 65 % y 80% de la empresa EXSA

Extraído — (EXSA, 2019)



Es una emulsión explosiva encartuchada en una envoltura plástica que posee propiedades de seguridad, potencia, resistencia al agua y buena calidad de los gases de voladura.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
		EMULNOR® 500	EMULNOR® 1000	EMULNOR® 3000	EMULNOR® 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm ³)		0,90	1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO *	4 400	5 800	5 700	5 500
	S/CONFINAR **	3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		44	95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)		628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)		952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)		63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN *** (%)		75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE		Nº 8	Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS		Primera	Primera	Primera	Primera

Figura 25 — Características de Emulnor 1000 y Emulnor 3000

Extraído — (FAMESA, 2019)

Accesorios:

El **CARMEX** ® ha sido concebido y desarrollado como un seguro y eficiente sistema de iniciación para efectuar voladuras convencionales.

El **CARMEX** ® es ensamblado por personal especializado, mediante el uso de máquinas fijadoras neumáticas, garantizando con ello la hermeticidad del Fulminante - Mecha de Seguridad - Conector.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MECHA DE SEGURIDAD	
	CARMEX®
COLOR DE RECUBRIMIENTO PLÁSTICO	Verde
NÚCLEO DE PÓLVORA (g/m)	6
TIEMPO DE COMBUSTIÓN a.n.m. (s/m)	150 a 165
LONGITUD DE LA CHISPA a.n.m. (mm)	50
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	5,2
RESISTENCIA A LA TENSIÓN DURANTE 3 MINUTOS (kg)	30

Figura 26 — Características principales de Carmex de la empresa FAMESA

Extraído — (FAMESA, 2019)

Es un componente del sistema tradicional de iniciación de voladuras, compuesto por una masa pirotécnica, dos alambres y una cobertura exterior de material plástico. La **MECHA RÁPIDA** produce una llama incandescente durante su combustión con la suficiente temperatura para activar la masa pirotécnica del CONECTOR PARA **MECHA RÁPIDA**, el que a su vez asegura el eficiente encendido de la MECHA DE SEGURIDAD.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	MECHA RÁPIDA Z - 18	MECHA RÁPIDA Z - 19
COLOR DE LA MECHA RÁPIDA	Rojo	Verde
MATERIAL DE LA COBERTURA EXTERIOR	Plástico	Plástico
PESO DEL MATERIAL PIROTÉCNICO (g/m)	3,4	3,4
TIEMPO DE COMBUSTIÓN a.n.m (s/m)	35	26
DIÁMETRO EXTERNO (mm)	1,8	1,8
PESO TOTAL (g/m)	6,5	6,5

Figura 27 — Características principales de mecha rápida (Z-18)

Extraído — (FAMESA, 2019)

3.3.2.4. Factor de carga (FC)

Según: (EXSA, 2019), es el poder factor llamado también consumo específico o carga específica, es el nexo entre el peso de explosivo usado y el volumen de material roto. Una suma de explosivos para fragmentar 1 m³ o yd³ de roca volada. Se expresa en kg/m³ o lb/yd³.

$$FC = \frac{\text{Total de explosivo utilizado en kg}}{\text{Total de m}^3 \text{ rotos cubicados}}$$

El factor de carga es una estupenda unidad de cálculo, además los suministros de este explosivo tienen grandes resultados en la fragmentación y desplazamiento, sobre el impacto en la tronadura.

Una tronadura con taladros de reducido diámetro próximos resultara con mejor fragmentación que otros de diámetro mayores, más espaciados.

En voladura poca carga significa, una tronadura deficiente, un exceso de carga significa mayor gasto y riesgos de accidentes, por cada 0.1 kilogramo/m³ de exceso de carga, hay el riesgo de proyección de trozos pequeños a distancias imprevisibles más conocidos como fly rock.

Tabla 6 — Kilos de explosivos por m³ de roca

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

Extraído — (EXSA, 2019)

3.3.2.5. Eficiencia de Voladura

Acorde con (FAMESA, 2019) el avance de las voladuras, es decir, la relación entre la longitud avanzada por la tronadura y la profundidad de la tronadura perforada, está restringido por el diámetro del agujero de expansión y la desviación de los agujeros cargados. Ésta última se mantenga bajo el 2%, los avances medios X pueden llegar al 95 % del fondo de los taladros L :

$$X = 0.95 * L$$

3.3.3. Costos

La minería y la metalurgia, tiene por objetivo satisfacer una necesidad del mercado vendiendo un producto o servicio a un precio superior al costo de producción para obtener una ganancia. Conocer los costos de la empresa da buena gestión empresarial, para que el esfuerzo y la energía invertidos en el negocio conduzcan a los resultados deseados, (QUISPE Galvan, 2014).

3.3.3.1. Tipos de costos

Según (PONCE Ramirez, 2014) en la minería podemos distinguir 4 tipos de costos, en la ecuación se muestra como se calcula el costo total:

$$C = CI + CO + CF + CC$$

En la que:

C = Costo total.

CI = Costos de inversión.

CO = Costos de operación.

CF = Costos financieros.

CC = Costos de cierre.

Costo de Inversión

Según (PONCE Ramirez, 2014), son los costos requeridos para la puesta en marcha de una operación minera.

Costo de operación

Según (PONCE Ramirez, 2014), se definen como generados en forma continua durante la actividad de una operación y están asociados a la producción. Es el valor de la masa de bienes y esfuerzos que incurren para lograr un producto o servicio lo cual será entregado a determinado cliente.

3.3.3.2. Tipos de costo de operación

Según (PONCE Ramirez, 2014) éstas se clasifican según:

La función que Cumplen:

Costo de producción

Costo de comercialización

Costo de administración

Por centro de costos o centro de responsabilidad:

Costo de geología

Costo de minado

Costo de tratamiento

Costo de administración de mina

Costos de administración central

Su grado de variabilidad (o nivel de actividad):

Costos fijos

Costos variables

Su asignación:

Costos directos

Costos indirectos

Por el elemento de costos:

Materia prima directa o materiales directos

Mano de obra directa

Costos indirectos de fabricación o de servicio

Su comportamiento:

Costo unitario

Costos totales

3.3.3.3. Costos de perforación y voladura

A tenor de (MAMANI Neyra, 2016), los costos son los valores recursos reales utilizados para la producción en un determinado tiempo, éstas son la excelente información para la toma de decisiones. La perforación es la más costosa, se asocian factores que involucran costos variables tomando en cuenta la variable aleatoria como es el macizo rocoso, la perforación es la actividad inicial más primordial en el proceso de perforación y tronadura. De esta actividad podemos dar origen al planeamiento a corto y largo plazo pues de esta dependerá el éxito o fracaso del proceso de producción.

3.3.3.4. Costo de perforación

Acorde a (Tecnología y Seguridad Minera, 1994) expresa que por metro excavado se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$C_T = \frac{C_A + C_I + C_M + C_O + C_E + C_L}{VM} + C_B$$

En el cual:

- **Costos indirectos**

C_A : Amortiguación (S/h).

C_I : Interés y seguros (S/h).

- **Costos directos**

C_M : Mantenimiento y reparaciones (S/h).

C_O : Mano de obra (S/h).

C_E : Combustible o energía (S/h).

C_L : Aceites, grasas y filtros (S/h).

C_B : Brocas, varillas, manguitos y adaptadores (S/m).

VM : Velocidad media de excavación (m/h).

Amortización (CA)

De acuerdo con (Tecnología y Seguridad Minera, 1994), la amortización tiene dos factores: pérdida de valor y desgaste por el paso del tiempo. El costo horario de amortización, es lineal. Se calcula de la siguiente manera:

$$C_A = \frac{\text{Precio de adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Horas de vida}}$$



Intereses, seguros e impuestos (C_I)

A tenor de (Tecnología y Seguridad Minera, 1994), en el cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$C_I = \frac{\frac{N + 1}{2N} * \text{precio de adquisición} * \%(intereses + seguros + impuestos)}{\text{Horas de trabajo al año}}$$

Siendo:

N: Número de años de vida

Mantenimiento y reparaciones (C_M)

Conforme a (Tecnología y Seguridad Minera, 1994), los costos de mantenimiento preventivo y averías, se estima con la siguiente expresión:

$$C_M = \frac{\text{Precio del equipo}}{1000} * FR (\%)$$

En la cual:

FR: Factor de Reparación.

Mano de obra (C_O)

Conforme a (Tecnología y Seguridad Minera, 1994), corresponde al costo horario del perforista y ayudante, con los gastos sociales, vacaciones, etc.

Combustible o energía (C_E)

De acuerdo con (Tecnología y Seguridad Minera, 1994), se calcula de los detalles de los motores que monte la máquina y el compresor.

$$C_E = 0.3 * \text{Potencia}(kw) * FC * \text{Precio Combustible}$$

ó

$$C_E = 0.22 * \text{Potencia}(kw) * FC * \text{Precio Combustible}$$

FC: Factor de combustible que varía entre 0,65 y 0,85

Aceite, grasas y filtros (C_L)

Conforme a (Tecnología y Seguridad Minera, 1994), es un porcentaje del consumo de energía que oscila entre el 10 y el 20 %, según las máquinas.

Brocas, varillas, manguitos y adaptadores (C_B)

A tenor de (Tecnología y Seguridad Minera, 1994), se calculan a partir de los indicadores de los accesorios de perforación.

3.3.4. Mecánica de rocas

(PAEZ, 2018) La mecánica de rocas es la ciencia teórica y práctica del comportamiento mecánico del macizo rocoso; es la rama de la mecánica referente a la respuesta de la roca a los campos de fuerza de su ambiente físico. Como se define la temática, es de fundamental importancia para la ingeniería de minas por el acto de crear labores para minar cambia los campos de fuerza del ambiente físico de la roca. El estudio a estos cambios requiere de la aplicación de técnicas analíticas específicamente desarrolladas para dicho propósito. La finalidad de mecánica de rocas, es conocer y predecir el comportamiento del macizo rocoso ante la actuación de fuerzas internas y externas que ejercen sobre ellos. Cuando se excava el macizo rocoso o se construyen estructuras sobre las rocas se modifican las condiciones, el cual responde a estos cambios deformándose o generándose rupturas por fallas o fracturas activas, estallido de rocas precisiones actuantes y otros factores como movimientos sísmicos.

Clasificación geomecánica del macizo rocoso

(SUAREZ, 2013) La clasificación de los macizos rocosos está basada en algunos o varios factores que determina su comportamiento mecánico.

Propiedad de matriz rocosa.

Tipo y frecuencia de discontinuidades, que determine el grado de fracturamiento, el tamaño y forma de los bloques del macizo rocoso.

Grado de meteorización o alteración.

Estado de tensiones in situ.

Presencia de agua.

3.4. Marco conceptual

El presente proyecto de tesis se centra en el estudio que está dentro de la ingeniería de minas abarcando los siguientes temas:

a. Malla de perforación

Es la distribución de los taladros de una tronadura, asume con relación del burden, distanciamiento y la dirección con la longitud de los agujeros, (CHIPANA Tito, 2015).



b. Perforación

Es la primera operación en una actividad minera, tiene como objetivo abrir unos huecos donde serán alojados cargas explosivas y sus accesorios iniciadores, (LOZANO, 2012).

c. Número de Taladros Perforados

Cantidad de taladros perforados. Éstas dependen del tipo de roca a volar, grado de confinamiento, grado de fragmentación y diámetro de las brocas, (EXSA, 2019).

d. Burden

Es la separación entre un taladro cargado con explosivo a la cara libre, se relaciona con el diámetro de perforación, cualidades de la roca y el explosivo, "burden es la distancia perpendicularmente del centro del agujero con carga explosiva hacia la cara libre". Su función principal es proveer caras libres adicionales al cual la roca pueda ser desplazada, (LARA, 2013).

e. Espaciamiento

Es la distancia entre agujeros cargados con mezcla explosivos de una misma fila o de una misma zona de influencia, (CHIPANA Tito, 2015).

f. Vida útil de los aceros

Es el periodo que la herramienta puede funcionar con eficiencia, y la da el fabricante y depende del material del que esté hecha, (UMASI Carlos, 2013).

g. Eficiencia de Perforación

Es lograr la máxima perforación a un costo mínimo o reducido, (EXSA, 2019).

h. Cara libre o maricón (taladro de alivio)

Permite que las ondas de compresión de la tronadura reboten, generando fuerzas de tensión que permiten producir la fragmentación de la roca, (LARA, 2013).

i. Paralelismo

Distancias entre las direcciones de las rectas de los taladros perforados a una misma estructura mineralizada, (CHIPANA Tito, 2015).

j. Arranque

Son taladros que se perforan y cargan antes de los demás, para chispear y crear una cara libre en el frente. (CHIPANA Tito, 2015).

k. Voladura

Proceso de fragmentar o fracturar rocas, cimientos sólidos u hormigón, o separar un componente metálico mediante el uso de explosivos (LÓPEZ Jimeno, 2004).



l. Explosivos

Son sustancias que presentan una inestabilidad en sus enlaces atómicos de moléculas, bajo ciertas condiciones o impulsos externos, estimula reacciones de disociación rápidas. Esta reacción, de tipo oxidación - reducción, es generado por los llamados "puntos calientes", con nombre de explosión y produce gas a presiones y temperaturas altas, como resultado una onda compresiva que se propaga a los alrededores, (BERNAOLA Alonso, y otros, 2013).

m. Accesorios

Son productos que, usados en las fases de iniciación, amarre y secuencia de salida de una tronadura, para tener resultados en términos de seguridad, fragmentación y estabilidad de las paredes finales, (TARIFA Huillca, Edwin; CONCHA Cuadros, Randal, 2020).

n. Factor de Carga

Es la relación entre el peso de explosivo y volumen de material roto. Cantidad de explosivo para despedazar 1m^3 o yd^3 de roca. Se expresa en kg/m^3 , (EXSA, 2019).

o. Metros por Disparo

El avance está en relación con el diámetro del taladro vacío y la desviación (bajo 2%), avance debe llegar al 95 % de la longitud del agujero, (LÓPEZ Jimeno, 2004).

p. Optimización

La palabra "optimizar" se refiere a una forma de mejorar un procedimiento o trabajo que se está realizando, hace entender que la optimización de recursos es mejorar los recursos de la empresa para que tenga un mejor valor de resultado, mayor eficiencia o mejor eficacia, (GUERRA, 2015).

q. Costos

La minería y la metalurgia, tiene como objetivo satisfacer una necesidad del mercado vendiendo un producto o servicio a un precio superior al costo de producción, de manera que genere una ganancia. Los costos comerciales son esencial para una buena gestión empresarial, el esfuerzo y la energía invertidos en el negocio conduzcan a los resultados deseados, (QUISPE Galvan, 2014).

r. Costo por pie perforado

El costo de perforación convencional es muy diferente a los de mecanizada, las máquinas en lo convencional no tienen un costo elevado, por otro lado la mecanizada se tendría que usar otras formas para calcular el costo por metro



perforado, teniendo como referencia los materiales e insumos a usarse y la vida útil de los aceros, pues estos son de costos muy esenciales en los costos de perforación, (MAMANI Neyra, 2016).

s. Costo por Disparo

Son medido respecto a los m³ de material disparado y se relacionado con la cantidad de explosivo utilizado y el avance realizado, (JAUREGUI Aquino, 2009)

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación:

El tipo de investigación es **aplicada**: según (OSEDA Gago, 2008), "El tipo de estudio en esta investigación está orientada a los propósitos de aplicación directa e inmediata. Se busca aplicar a una situación del mundo real antes de desarrollar teorías. Este estudio busca averiguar cómo hacer esto y actuar en consecuencia".

Esta investigación tratara básicamente sobre la reducción de los costos de la empresa especializada, mediante la optimización de las mallas de perforación, en este caso se aplicó las ciencias económicas.

Según (HERNÁNDEZ Sampieri, 2014), el tipo de investigación es **aplicativo**, el estudio tiene en cuenta la economía de la empresa mediante el uso de los indicadores clave de desempeño (KPIs).

El nivel de la investigación:

El nivel de investigación es **descriptivo**, porque se dedica a ordenar, analizar y presentar un conjunto de datos, con la finalidad de describir y determinar sobre la optimización de aceros, explosivos, accesorios y finalmente el costo de operación de la contrata para mejorar los indicadores de la empresa.

Se hace estudios de la unidad minera San Juan de Arequipa y Chaluane de la Empresa Especializada Adgeminco SAC en el análisis técnico – económico para evaluar y determinar la optimización de la malla de excavación y tronadura, según (ALARCON Zenteno, 2019) se realiza “haciendo el uso de métodos **descriptivos** de la investigación, tales como la recolección de datos de campo y procesamiento de los mismos”.

4.2. Diseño de la investigación

Es una investigación **experimental**, pues se determina el análisis de la optimización las mallas de perforación. Se determinó el análisis de las mallas de perforación para reajustarlos, el cual implicará una descripción del cómo se logrará reducir los costos operativos en esos dos sub procesos de la explotación. **Experimental** debido a la cantidad de pruebas realizadas para lograr la reducción del factor de carga por metro lineal de avance y la respectiva optimización de costos.



Por referirse a la optimización de costos en perforación y voladura según (ALARCON Zenteno, 2019), menciona que la investigación es experimental “debido a la cantidad de pruebas realizadas para lograr la reducción del factor de carga y la respectiva optimización de costos”.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Se toma como universo poblacional a las compañías Century Mining Perú SAC y Compañía Minera Chalhuane.

4.3.2. Muestra

Se toma como muestra de forma intencionada la labor Bp - 7907.W de la compañía Century Mining Perú SAC y GA 575 W de la Compañía Minera Chalhuane.

4.4. Procedimiento

Los procedimientos de investigación de datos estuvieron en función de los proponentes de la tesis, se hizo a través de dos personas (los ejecutores del proyecto de tesis), el tiempo duró 3 meses aproximadamente, 1 meses de seguimiento de perforación y voladura anterior y 2 meses de reajuste y optimización de perforación y voladura.

4.5. Técnicas e instrumento

Se utilizará los procesadores de texto y software de minería para realizar el trabajo de tesis, se codificará los datos y se clasificaran en el programa utilizado fue Excel.

Para el diseño de las mallas de perforación y voladura se utilizó el software de AutoCAD Civil 3D y para el plano de ubicación el Arcgis.

Los instrumentos que serán usados para la investigación serán las pruebas para la optimización de las mallas de perforación, apoyándose en los informes y reportes de operación, los datos bibliográficos y cuadros de resumen estadísticos.

4.6. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se procederá a realizar las estimaciones estadísticas representativos para la optimización de las mallas de perforación, el cual será reflejado en la valorización mensual y en el consumo mensual de aceros, explosivos y accesorios por ende influirá en el costo de operación de la contrata. Una vez se vio la factibilidad del proyecto de tesis se comenzó con la elaboración del presente proyecto de tesis para que pueda ser evaluado por los jurados de la universidad.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis de resultados

La optimización de perforación y voladura se ha realizado en el By Pass 7907 W de la Unidad Minera San Juan y Galería 575 W de la Unidad Minera Chaluane. La excavación y tronadura en una mina subterránea deben seguir las prácticas operativas y diseñadas para minimizar los costos operativos y garantizar un ambiente de trabajo seguro para el personal. Las cualidades para la optimización de las mallas de perforación por su relevancia se han considerado los siguientes factores:

- Número de taladros vacíos.
- Diámetro de taladros vacíos.
- Número de taladros perforados.
- Diámetro de los taladros cargados.
- Longitud de taladros perforados.
- Avance lineal.
- Tipo de roca.
- Tipo de explosivo a utilizarse.
- Volumen de roca rota.
- Área de la sección del by pass y galería.
- Indicadores de perforación, voladura y de costos.

Todo lo listado nos conlleva a hacer controles de perforación, diseño de mallas de perforación, distribución de la carga explosiva, mantener a maestros perforista duchos en el frente de trabajo, en los cuadros siguientes se observará una diferencia entre los costos antes y después de la investigación.

5.1.1. Generalidades

Usaremos un nuevo diseño de malla para cada muestra, con el uso de una distribución de taladros, con una carga distribuida; se garantizó la perforación y los resultados de la tronadura. Para el cálculo de número de taladros, se aplicó las fórmulas utilizando modelo empírico, modelo matemático de burden y espaciamiento, en cuanto al costo se tomaron los datos de meses anteriores para compararlos con los resultados obtenidos con las nuevas mallas optimizadas. Antes de realizar la investigación se pudo observar que no se utilizaba ninguna fórmula solo se distribuía según el pedido del maestro perforista lo cual



incrementaba los costos ya que se perforaba demasiados taladros y se tenía poco tiempo para perforar porque no se distribuía bien los procesos es donde que el perforista para cumplir su ciclo realizaba la perforación rápido sin considerar los parámetros de perforación tales como el paralelismo, los espaciamentos y pintado de malla de perforación dando como resultado una perforación deficiente.

5.1.2. Parámetros de Perforación y Voladura anterior

5.1.2.1. Chalhuane

En la unidad minera el avance anterior fue de 77.52 metros en un mes completo con una eficiencia promedio de 1.25 metros por disparo los cuales son reflejados en el campo debido a que la supervisión solo lo dejan a la experiencia de los perforistas, como resultado de esto se tienen cambios frecuentes de los parámetros en el diseño de mallas y carguío de frente para ambas guardias. En frente su arranque es de 5 taladros de alivio, utilizando así un mal burden y espaciamiento. En el caso del número total de taladros cargados se denota en la distribución de los taladros de 36 a 39 taladros cargados.

La perforación se realiza con equipo tipo Jack – Leg modelo SECO 250 S de 52 Kg, con una longitud de 5 pies (1.52m.) y broca de 36mm. El proyecto se muestra en el **Anexo 02** más detallado.

a) Parámetros de perforación y voladura anterior:

- La sección de la labor es: 2.10 m. x 2.40 m.
- Densidad de la roca: 2.7 TM/m³.
- Tipo de Roca: III-A.
- Diámetro del taladro de producción: 36 mm.
- Diámetro del taladro alivio: 0.038 m = 38 mm.
- Longitud del taladro de perforación 5 pies: 1.52 m.
- Tipo de corte: Corte quemado de 9 taladros.
- (Patero 3 pies, seguidor 5 pies).

Durante un mes se tuvo seguimiento de la perforación y voladura obteniendo los siguientes datos de campo:

- Con la sección dada se tuvo el área de sección: 4,57 m².

- Cantidad de taladros perforados es 43: 38 taladros cargados de 36 mm de diámetro y 5 taladros de alivio con diámetro de 38 mm.
- Longitud de barreno: 5 pies (1.52 m).
- Tiempo de perforación: 2h 50 min.
- Longitud de taladro in situ (campo): 1.41 m.
- Metros perforados: 60.63 m.
- Pies perforados: 198.92 pies.
- Después de voladura se obtuvo el avance de: 1.25 m/ disparo.
- Volumen roto: 5.71 m³.
- Tonelaje: 15.41 TM.
- Los explosivos utilizados son: Semexa al 65% de 7/8" x 7" la cantidad total por disparo de 125 cartuchos, Semexa al 80% de 7/8" x 7" un total de 93 cartuchos por disparo.
- Peso de los explosivos: Semexa al 65% de 7/8" x 7" con 0,078 Kg/ cartucho y Semexa al 80% de 7/8" x 7" con 0,086 Kg/ cartucho.
- Accesorio de voladura: 38 carmex / disparo y 10 m de mecha rápida.

b) Indicadores de perforación y voladura anterior:

Los Indicadores Clave de Desempeño **KPI** por sus siglas en inglés (Key Performance Indicators) miden todo el proceso en función del desempeño, localizando falencias y corrigiéndolas, detectando buenos resultados y fomentándolos, teniendo como incidencia: un maestro perforista con incidencia de 1.22 y dos ayudantes perforistas con incidencia de 1.22 cada uno. Se obtuvieron los siguientes ratios o indicadores (KPIs):

- Se obtuvo una eficiencia de perforación de: 93 %.
- Eficiencia de voladura: 89 %.
- Velocidad media de perforación: 1.17 pies / minuto.
- Factor de carga: 3.11 Kg/ m³.
- Factor de potencia: 1.15 Kg/ TM.
- Factor de carga lineal: 14.18 Kg/m.
- Metros/Hombre - Guardia: 0.34 m/h-g.

Con los datos obtenidos podemos deducir que la eficiencia de excavación estuvo óptima más no la eficiencia de voladura por deficiencias en la perforación y en el carguío, por desconocimiento en la distribución de explosivo según el tipo de taladro, paralelismo inadecuado, muy poca simetría, arranque inadecuado según tipo de roca, deficiencias en el abastecimiento de agua y aire, maquinas imperfectas, personal con poca experiencia e inadecuado, jefes de guardia y capataces no controlan sus indicadores. Los factores de carga también son elevados debido al excesivo uso de explosivos.

c) **Resumen de Costos de perforación y tronadura anterior Ga 575 W:**

Tabla 7 — Resumen de costo de perforación y voladura anterior Ga 575 W

Resumen de costo de perforación y voladura anterior Ga 575 W		
Costo de mano de obra por metro	59.97	S./m
Costo de máquina perforadora por metro	17.89	S./m
Costo de aire comprimido por metro	1.50	S./m
Costo de aceros por metro	78.33	S./m
Costo de explosivos y accesorios por metro	271.94	S./m
Costo de mangueras y accesorios por metro	38.56	S./m
Costo herramientas y materiales por metro	7.67	S./m
Costo implementos de seguridad por metro	11.44	S./m
Total costo perforación y voladura anterior	487.30	S./m

5.1.2.2.San Juan

La perforación se realiza con equipo tipo Jack – Leg modelo seco 250S, con una longitud de 6 pies (1.83 m.) y broca de 38 mm y 36 mm. En el seguimiento que se realizó se tiene un avance de 75.40 metros en un mes completo con una eficiencia promedio de 1.45 metros por disparo el cual es el resultado de que no se cumplen con los parámetros de perforación ya que los perforistas realizan la perforación según su experiencia laboral, El proyecto se muestra en el **Anexo 03** con mayor detalle.

a) Parámetros de perforación y voladura anterior:

- La sección de la labor es: 2.10 m. x 2.10 m.
- Densidad de la roca: 2.7 TM/m³.
- Tipo de Roca: III – IV Media.
- Diámetro del taladro de producción: 36 mm.
- Diámetro del taladro alivio: 0.038 m = 38 mm.
- Longitud del taladro de perforación 6 pies: 1.83 m.
- Tipo de corte: Corte quemado de 9 taladros.
- (Patero 2 pies, seguidor 4 pies y pasador 6 pies).

Durante un mes se tuvo seguimiento de la perforación y voladura obteniendo los siguientes datos de campo:

- Área de sección: 3.94 m².
- Cantidad de taladros perforados es 42: 37 taladros cargados de 36 mm de diámetro y 5 taladros de alivio con diámetro de 38 mm.
- Longitud de barreno: 6 pies (1.83 m).
- Tiempo de perforación: 2h 40 min.
- Longitud de taladro in situ (campo): 1,70 m.
- Metros perforados: 71,4 m.
- Pies perforados: 234, 25 pies.
- Después de voladura se obtuvo el avance de: 1, 45 m/ disparo.
- Volumen roto: 5,71 m³.
- Tonelaje: 15,41 TM.
- Los explosivos utilizados son: Emulnor 1000 la cantidad total por disparo de 28 cartuchos, Emulnor 3000 un total de 136 cartuchos por disparo.
- Peso de los explosivos: Emulnor 1000 con 0,167 Kg/ cartucho y Emulnor 3000 con 0,174 Kg/ cartucho.
- Accesorio de voladura: 37 carmex / disparo y 10 m de mecha rápida.

b) Indicadores de perforación y voladura anterior:

Teniendo como incidencia: un maestro perforista con incidencia de 1,22 y dos ayudantes perforistas con incidencia de 1,22 cada uno. Se obtuvieron los siguientes ratios o indicadores (KPIs):

- Se obtuvo una eficiencia de perforación de: 0,93 %.
- Eficiencia de voladura: 0,85 %.
- Velocidad media de perforación: 1,46 pies / minuto.
- Factor de carga: 4,95 Kg/ m³.
- Factor de potencia: 1,83 Kg/ TM.
- Factor de carga lineal: 19,50 Kg/m.
- Metros/Hombre - Guardia: 0,40 m/h-g.

c) Resumen de Costos de perforación y tronadura anterior BP 7907 W:

Tabla 8 — Resumen de costo de perforación y voladura anterior BP 7907 W

Resumen de costo de perforación y voladura anterior BP 7907 W		
Costo de mano de obra por metro	53.55	S/./m
Costo de máquina perforadora por metro	18.27	S/./m
Costo de aire comprimido por metro	1.62	S/./m
Costo de aceros por metro	74.90	S/./m
Costo de explosivos y accesorios por metro	174.09	S/./m
Costo de mangueras y accesorios por metro	34.78	S/./m
Costo herramientas y materiales por metro	6.62	S/./m
Costo implementos de seguridad por metro	14.80	S/./m
Total costo perforación y voladura anterior	378.62	S/./m

5.1.3. Parámetros de Perforación y la Voladura Optimizado

Una perforación es óptima cuando cumple con los parámetros de perforación, esta forma conseguir un avance eficiente en cuanto a metros lineales perforados. Los parámetros de perforación tendrían que ser en este caso: paralelismo de taladros (uso correcto de guidores), mantener el burden uniforme en toda su longitud.

La equidad en longitud de los taladros nos permite lograr el avance esperado. Simetría en la distribución de los agujeros, esto nos conlleva a una voladura uniforme. Eludir la intercepción de taladros para hacer una correcta distribución de carga explosiva, así mismo, no se genere un disparo fallido. Distribución adecuada en el diámetro o número de taladros de alivio, da como resultado una adecuada cara libre que puedan reflejar la onda de tensión, son las que provocan la fragmentación de la roca; dando como resultado una excavación y tronadura optima y eficiente. Distribución adecuada de carga explosiva en los taladros según el tipo de taladro, para evitar el exceso factor de carga.

Según los análisis de la malla de perforación anterior, el mismo que ha tenido una serie de deficiencias en su aplicación, se ha realizado el diseño de la nueva malla de perforación según las cualidades geológicas (tipo de roca), diámetro de taladro (alivio), longitud de perforación, sección, tipo de explosivo y maquinaria de perforación. A continuación, se menciona los cálculos realizados para el diseño de la nueva malla:

5.1.3.1. Numero de Taladros Optimizado Ga 575 W

El éxito o fracaso de la tronadura de rocas en tunelería está en función directa de la creación de las caras libres; esto significa: que el arranque o corte debe ser bien diseñado. La secuencia de retardos hace una abertura con un aumento gradual en su tamaño hasta que los taladros de ayuda puedan tener caras libres apropiadas. El tipo de arranque será de acuerdo al equipo de perforación, el ancho del túnel y el avance deseado.

- **Cálculo de numero de taladros Ga 575 W**

Calculamos la cantidad de taladros cargados con el modelo matemático de (EXSA, 2019):

$$N^{\circ} \text{ tal} = \frac{P}{dt} + (c * S)$$

En el que:

P: circunferencia o perímetro de la sección de la labor, en metros, que se consigue con la fórmula

$$P = \sqrt{A} * 4$$

dt: distancia entre los taladros de la circunferencia.

S: Sección de la labor.

c: Coeficiente o factor de roca.



De la tabla N° 3 extraemos el factor de roca, para este caso es de dureza de roca intermedia siendo la distancia entre taladros de 0.60 m y de la tabla N° 4 el coeficiente de roca 1.5 m:

Calculando el número de taladros tenemos:

$$N^{\circ} \text{ tal} = \frac{4\sqrt{2.1 \times 2.4}}{0,60} + (1,5 \times 2,10 \times 2,40)$$

$$N^{\circ} \text{ tal/frente} = 22,53 \text{ taladros cargados}$$

Tabla 9 — Factor de reajuste de roca corte quemado para taladros cargados sección 2.1 m x 2.4 m

FACTOR DE REAJUSTE PARA SECCION 2,10x2,40	
Tipo de Roca	K'
Buena	1.75
Regular	1.50
Mala	1.25

Según análisis de campo para el número de taladros se tiene que realizar un reajuste para pequeñas secciones según el tipo de roca multiplicando por K', en este caso para la Ga 575 – W es de III-A:

$$N^{\circ} \text{ tal} = 22.53 \times 1.50 = 33.79 \cong 34 \text{ taladros cargados.}$$

5.1.3.2. Cálculo del diseño de malla de perforación Optimizado Ga 575 W

Longitud de perforación

Primero se determina la longitud de perforación en función al diámetro según Roger Holmberg:

$$L = 0.15 + 34.1 \times \phi_v - 39.4 \times \phi_v^2$$

En que:

L = Profundidad del taladro en m.

ϕ_v = Diámetro del taladro vacío en m.

Avance efectivo de la voladura

$$H = 0.95 \times L$$

En el que:

H = Avance de la voladura en m.

L = Profundidad de los taladros a perforarse en m.

Profundidad del taladro a perforarse:

Utilizando la ecuación de R. Holmberg, usamos el diámetro de taladro vacío siendo 38 mm tenemos:

$$L = 0.15 + 34.1 \times 0.038 - 39.4 \times 0.038^2$$
$$L = 1.39 \text{ m}$$

Avance de la voladura:

$$H = 0.95 \times 1.39 \text{ m}$$
$$H = 1.32 \text{ m}$$

Nos da a conocer que con un solo maricón de 38 mm podría alcanzar a 1.39 m de avance, el avance requerido es 6 pies (1,83 m) para optimizar nuestra tronadura, por lo tanto, se tiene dos opciones: la primera es perforar agujeros pegados según la ecuación para conseguir el taladro vacío equivalente y la segunda es usar la broca rimadora. Se opta por excavar maricones del mismo diámetro. Cuando se utilizan arranques de tipo corte quemado (sin rimadora) de taladros vacíos en lugar de uno solo de mayor diámetro, se obtiene un diámetro equivalente:

Para el diseño de mallas sin rimadora más de un maricón según R. Holmberg, Langefors y Gustaffson se calcula el diámetro equivalente:

$$\phi_e = \phi_v \times \sqrt{2}$$

En el cual:

ϕ_e = Diámetro equivalente en m.

ϕ_v = Diámetro del taladro vacío en m.

Diámetro equivalente:

Como vamos a diseñar con arranque tipo corte quemado con 6 taladros de alivio por lo tanto utilizaremos la fórmula del diámetro equivalente:

$$\phi_e = 0.038 \times \sqrt{2}$$
$$\phi_e = 0.053 \text{ m}$$

Volvemos a calcular el avance efectivo con el nuevo diámetro de taladro equivalente:

$$L = 0.15 + 34.1 \times 0.053 - 39.4 \times 0.053^2$$
$$L = 1.84 \text{ m}$$

Avance esperado (al 95 % de tronadura) es:

$$L = 1.84 \times 0.95$$
$$L = 1.75 \text{ m}$$



Con seis maricones es más que sobrado para alcanzar hasta 1.84 m de avance con una eficiencia de disparo más que el 100% con respecto a lo que optimizamos que es de 1.83 m (6 pies) longitud de barreno y 1.65 metros por disparo.

Modelo de Holmberg para el diseño de la malla de perforación

Al realizar los cálculos de burden y espaciamento se tiene en 4 secciones el modelo matemático de R. Holmberg, se puede apreciar en la tabla N° 5 y figura N° 4, como se nota que no existe burden de esa dimensión, descartamos y aplicamos otro parámetro de la siguiente manera:

Primer cuadrante burden y espaciamento 1 (arranque).

Para el cálculo del primer burden y espaciamento modelamos con la ecuación de Holmberg:

$$B_1 = 1.5 \times D_1 = 1.5 \times \phi_e$$

Reemplazamos en la fórmula:

$$B_1 = 1.5 \times 0.053 \text{ m} = 0.076 \text{ m}$$

Tabla 10 — Cálculo de burden para arranque corte quemado - MARSA

BURDEN PARA ARRANQUES DE TIPO CORTE QUEMADO	
Tipo de Roca	B1 (metros)
Buena	0.10 – 0.12
Regular	0.12 – 0.14
Mala	0.14 – 0.20

Extraído — Minera Aurífera Retamas MARSA (Estándar de Operación).

Con el nuevo parámetro para el burden 1 calculamos la dimensión del burden según nuestro tipo de roca que es de III – A siendo regular por lo tanto nuestro burden es de 0.12 a 0.14 m.



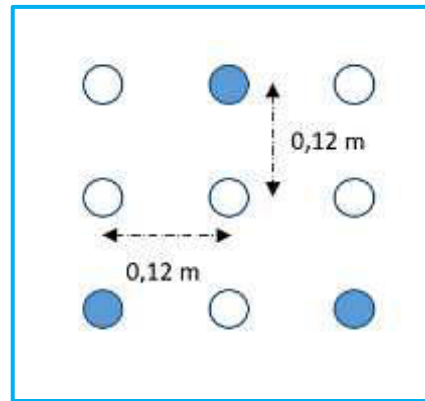


Figura 28 — Diseño de arranque Ga 575 W

Ahora hallamos el espaciamento:

$$E_1 = 0.12 \times \sqrt{2} \text{ m} = 0.17 \text{ m} \cong 0.20 \text{ m}.$$

Aproximamos de 0.17 m a 0.20 m debido que es muy próximo al arranque lo que nos generaría un tiro anillado o congelado, al inicio de la voladura y por ser la roca de tipo III – A. Lo que sería recomendable para tipo de roca competente o buena el 0.17 m.

Deduciendo tenemos que:

$$B_1 = 0.12 \text{ m. Y } E_1 = 0.20 \text{ m}.$$

Segundo cuadrante burden y espaciamento 2.

Donde:

$$B_2 = E_1 = 0,20 \text{ m}.$$

$$E_2 = 1.5 \times B_2 \times \sqrt{2} = 1.5 \times 0.20 \times \sqrt{2} = 0.42 \text{ m} \cong 0.40 \text{ m}$$

Resumiendo, tenemos que:

$$B_2 = 0.20 \text{ m. Y } E_2 = 0.40 \text{ m}$$

Tercer cuadrante burden y espaciamento 3.

$$B_3 = E_2 = 0.40 \text{ m}.$$

$$E_3 = 1.5 \times B_3 \times \sqrt{2} = 1.5 \times 0.40 \times \sqrt{2} = 0.84 \text{ m}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$B_3 = 0.40 \text{ m. Y } E_3 = 0.84 \text{ m}$$

Los burdenes y espaciamentos de los cuadrantes son calculados de acuerdo a criterio de campo y experiencia teniendo como referencia el modelo matemático de Holmberg, los taladros de producción, cuadradores, corona y arrastre también son diseñados de acuerdo a la

simetría, experiencia y a muchas pruebas en campo, más detallado se menciona en el **Anexo 04**.

5.1.3.3. Optimización de Perforación y Voladura de la Ga 575 W

Para obtener una voladura eficiente en la Ga 575 - W, se ha tenido en consideración las características estructurales del macizo rocoso, sea seleccionado el explosivo (exadit 45%, semexa 65% y semexa 80%) y lo más importante se ha considerado los kilos de explosivos estimados por m³ de roca que se encuentra en la **Tabla N° 6**. Obteniendo un avance acumulado de dos meses de 95.66 metros en un mes completo con una eficiencia 1.65 metros por disparo con un factor de avance de 10.72 kilogramos por metro lineal de avance.

1) Datos de campo.

- Densidad de roca: 2.7 TM/m³.
- Tipo de roca: III-A.
- Sección de la labor: 2.10m x 2.40m.
- Diámetro de taladro cargado: 38 mm.
- Longitud de barreno de perforación: 6 pies (1.83 m).
- Con la sección dada se tuvo el área de sección: 4.57 m².
- Cantidad de taladros perforados es 40: 34 taladros cargados de 38 mm de diámetro y 6 maricones con diámetro de 38 mm.
- Tipo de arranque: corte quemado de 9 taladros (3 cargados).
- Tiempo de perforación: 3h 20 min.
- Longitud de taladro in situ (campo): 1.72 m.
- Después de voladura se obtuvo el avance de: 1.65 m/ disparo.
- Los explosivos utilizados son: Semexa al 80% de 7/8" x 7" un total de 59 cartuchos, Semexa al 65% de 7/8" x 7" la cantidad total por disparo de 152 cartuchos y Exadit al 45% de 7/8" x 7" un total de 10 cartuchos por disparo.
- Peso de los explosivos: Semexa al 80% de 7/8" x 7" con 0.086 Kg/ cartucho, Semexa al 65% de 7/8" x 7" con 0.078 Kg/ cartucho y Exadit al 45% de 7/8" x 7" con 0.076 Kg/ cartucho.
- Accesorio de voladura: 34 carmex / disparo y 5 m de mecha rápida.

2) Cálculo de eficiencia de perforación.

$$\text{Eficiencia de perforación} = \frac{\text{Longitud de taladro in situ}}{\text{Longitud de taladro}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de perforación} = \frac{1.72 \text{ m}}{1.83 \text{ m}} \times 100 = 93.98 \% \cong \mathbf{94 \%}$$

3) Cálculo de eficiencia de voladura.

$$\text{Eficiencia de voladura} = \frac{\text{Avance por disparo in situ}}{\text{Longitud de taladro in situ}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de voladura} = \frac{1.65 \text{ m}}{1.72 \text{ m}} \times 100 = 95.93 \% = \mathbf{96\%}$$

4) Cálculo de velocidad media de perforación.

$$\text{Velocidad media de perforación} = \frac{\text{Total de pies perforados}}{\text{Tiempo de perforación}}$$

$\text{Pies perforados} = \text{Número de tal. perf.} \times \text{Long. de perf.} \times \text{Eficiencia de perf.}$

Primero hallamos los pies perforados totales para luego reemplazarlos en la velocidad media de perforación:

$$\text{Total de pies perforados} = 40 \times 6 \times 0.94 = 225.72 \text{ pies perforados/disp.}$$

$$\text{Velocidad media de perforación} = \frac{225.72 \text{ pies}}{(3 \times 60 + 20) \text{ min}} = \mathbf{1.13 \text{ pies/min}}$$

5) Cálculo de factor de corrección de área.

$$\text{Factor de Corrección área} = \frac{\text{Área por figuras geométricas segun sección}}{\text{Área de sección labor rectangular}} \times 100$$



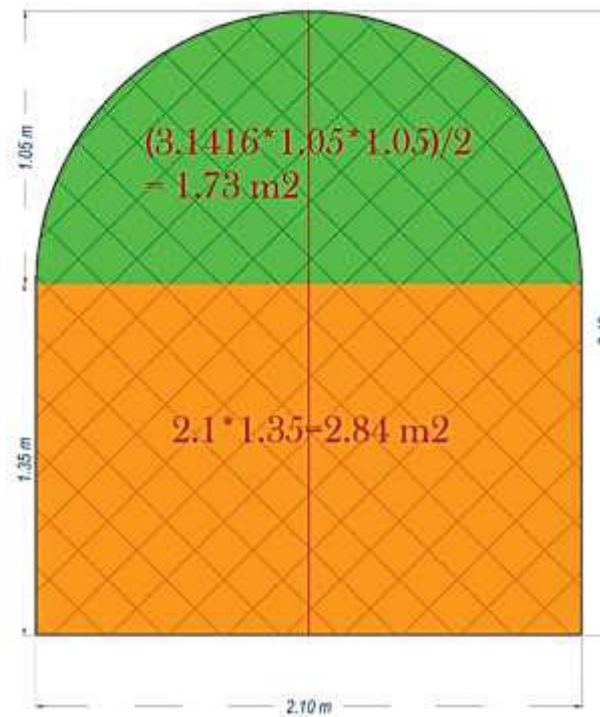


Figura 29 — Factor de corrección área Ga 575 W

$$\text{Factor de corrección área} = \frac{1,73\text{m}^2 + 2,84\text{m}^2}{2,10\text{m} \times 2,40\text{m}} \times 100 = 90,67\%$$

6) Cálculo de volumen roto.

$$\text{Volumen roto} = \text{Base} \times \text{Altura} \times \text{Factor sección} \times \text{Avance Real}$$

$$\text{Volumen roto} = 2,1\text{m} \times 2,4\text{m} \times 0,906 \times 1,65\text{m} = 7,54\text{m}^3$$

7) Cálculo de tonelaje roto.

$$\text{Tonelaje roto} = \text{Volumen roto} \times \text{Densidad de roca}$$

$$\text{Tonelaje roto} = 7,54\text{m}^3 \times 2,7\text{TM}/\text{m}^3 = 20,34 \text{ TM}$$

8) Cálculo de factor de carga.

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Kg de explosivo}}{\text{Volumen roto}}$$

Datos:

Exadit al 45%: 10 cartuchos.

Semexa al 65%: 152 cartuchos.

Semexa al 80%: 59 cartuchos.



Tabla 11 — Características de explosivo utilizado Ga 575 W

Características del explosivo		
Descripción	Cart/caja	Kg/cart.
EXADIT al 45%	328	0.0762
SEMEXA al 65%	320	0.0781
SEMEXA al 80%	292	0.0856

$$\begin{aligned} Kg \text{ de explosivo (Exadit 45\%)} &= 0.0762kg/cart. \times 10cart. \\ &= 0.762kg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kg \text{ de explosivo (Semexa 65\%)} &= 0.0781kg/cart. \times 152cart. \\ &= 11.8712kg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kg \text{ de explosivo (Semexa80\%)} &= 0.0856kg/cart. \times 59cart. \\ &= 5.015kg \end{aligned}$$

Reemplazando tenemos:

$$\text{Factor de carga} = \frac{0.762kg + 11.8712kg + 5.015kg}{7.54m^3} = 2.35 \text{ Kg/m}^3$$

9) Cálculo de carga lineal.

$$\text{Factor de carga lineal} = \frac{Kg \text{ de explosivo}}{\text{Avance real}}$$

$$\text{Factor de carga lineal} = \frac{17.69 \text{ kg}}{1.65m} = 10.72 \text{ kg/m}$$

10) Cálculo de factor de potencia.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{Kg \text{ de explosivo}}{\text{Tonelaje roto}}$$

$$\text{Factor de potencia} = \frac{17.69kg}{20.34 \text{ TM}} = 0.869 \text{ Kg/TM}$$

11) Cálculo de metros por hombre – guardia.

$$\text{Metros/Hombre – Guardia} = \frac{\text{Avance real}}{\text{Total de incidencia}}$$

$$\begin{aligned} \text{Metros/Hombre – Guardia} &= \frac{1.65m}{3.66 \text{ hombres/guardia}} \\ &= 0.45m/hombre – guardia. \end{aligned}$$

12) Distribución de Carga Explosiva - el número de taladros Ga 575 W

Tabla 12 — Distribución de carga explosiva optimizada Ga 575 W

Distribucion de taladros	N° Taladros		Cantidad de explosivo			Accesorios		Peso (kg)
	cargados	vacios	Exadit al 45%	Semexa al 65%	Semexa al 80%	Carmex	M. Rapida	
ARRANQUE	3	6	0	6	21	3	5	2.27
1° AY. DE ARRANQUE	4		0	16	12	4		2.28
2° AY. DE ARRANQUE	4		0	20	4	4		1.90
TALADROS PRODUCCIÓN	10		0	50	10	10		4.76
CUADRADORES	4		0	20	4	4		1.90
CORONA	5		10	20	0	5		2.32
ARRASTRE	4		0	20	8	4		2.25
SUB-TOTAL	34	6	10	152	59	34	5	
TOTAL	40			221		34	5.00	17.69
KILOGRAMOS			0.76	11.88	5.05			
	Factor de carga (kg/m3)			2.35				
	Factor de carga lineal (kg/mts)			10.72				

5.1.3.4. Costos de perforación y voladura Ga 575 W

- **Mano de obra Optimizada**

De acuerdo a planilla de la contrata Adgeminco el sueldo de maestro perforista asciende a 1 800 al mes y el ayudante asciende a 1 650 soles mensuales cabe indicar dichos montos no son netos, ya hay beneficios sociales por paternidad y otros que son de acuerdo a los rendimientos de cada uno, así como también algunos descuentos como seguros, sistema de pensión, fondo minero y otros.

Según el anexo 06, como el sistema es de 20 días trabajados por 10 días de descanso se trabaja por guardias para cubrir todos los días del mes ya sea de turno día o noche en ese sentido la contrata invierte la suma de 15 300 soles en mano de obra.

- **Calculo de Costo de mano de obra por metro lineal**

En la tabla del anexo 07 se muestra con detalle todos los datos para el cálculo de costo de mano de obra por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} = \frac{\text{Monto mano de obra} \frac{\text{Soles}}{\text{Mes}}}{\text{Guardia por mes} \frac{\text{Guardia}}{\text{Mes}} * \text{horas por guardia} * \frac{\text{Hora}}{\text{Guardia}} * \frac{60 \text{ Minutos}}{1 \text{ Hora}}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} = \frac{15300 \frac{\text{Soles}}{\text{Mes}}}{60 \frac{\text{Guardia}}{\text{Mes}} * 9.45 * \frac{\text{Hora}}{\text{Guardia}} * \frac{60 \text{ Minutos}}{1 \text{ Hora}}} = 0.45$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}} = \frac{\text{Soles por minuto} \frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} * \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Disparo}}}{\text{Tiempo promedio} \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Minuto}}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}} = \frac{0.45 \frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} * 225.60 \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Disparo}}}{1.13 \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Minuto}}} = 89.79$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Soles por disparo} \frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}}}{\text{Metros por disparo} \frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}}} = \frac{89.79}{1.65} = 54.54$$

- **Cálculo de costo de máquina perforadora y costo de aire comprimido**

En la tabla del anexo 08 se menciona todos los datos para el cálculo de costo de máquina perforadora por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\frac{\text{Precio maquina perf}}{\text{Vida útil}} * \text{Long. tal perf} * \frac{\text{Taladros perf}}{\text{Disparo}}}{\text{Metros por disparo} \frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\frac{13500}{36576} * 1.72 * 40}{1.65} = 15.39$$

En la tabla del anexo 09 se menciona todos los datos para el cálculo de costo de aire comprimido por metro lineal:

$$\frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}} = 0.66 \frac{\text{Soles}}{\text{Hora}} * 3.33 \frac{\text{Horas}}{\text{Disparo}} = 2.20 \frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{2.20 \frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}}}{1.65 \frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}}} = 1.33 \frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}}$$

- **Cálculo de costo de aceros de perforación**

El consumo de aceros de perforación se muestra en la tabla del anexo 10 con sus precios respectivos, además en la tabla del anexo 11 se detalla los datos para el cálculo de costo de aceros por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo de consumo aceros}}{\text{Metros avanzados}} = \frac{8959.71}{191.31} = 46.83$$

- **Cálculo de costo de explosivos y accesorios por metro lineal**

En la tabla del anexo 12 se detalla las cantidades de explosivo y accesorios con sus costos para el cálculo de su costo por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por disparo}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{316.06}{1.65} = 191.64$$

- **Cálculo de costo de mangueras y accesorios de perforación por metro lineal**

En la tabla del anexo 13 se muestra los datos para el cálculo de costo de manguera y accesorios de perforación por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por magueras y accesorios}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{51.82}{1.65} = 31.42$$

- **Cálculo de costo de herramientas y materiales por metro lineal**

Para el cálculo de costo de herramientas y materiales por metro lineal se muestran los datos a detalle en la tabla del anexo 14:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por herramientas y materiales}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{9.59}{1.65} = 5.82$$

- **Cálculo de costo de Implementos de Seguridad por metro lineal**

Los datos para el cálculo de costo de implementos de seguridad por metro lineal se detallan en la tabla del anexo 15:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por implementos de seguridad}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{21.45}{1.65} = 13.01$$

- **Resumen de costo de perforación y voladura optimizado Ga 575 W**

Tabla 13 — Resumen de costos de perforación y voladura optimizado Ga 575 W

Resumen de costo de perforación y voladura optimizada		
Costo de mano de obra por metro	54.54	S/./m
Costo de máquina perforadora por metro	15.39	S/./m
Costo de aire comprimido por metro	1.33	S/./m
Costo de aceros por metro	46.83	S/./m
Costo de explosivos y accesorios por metro	191.64	S/./m
Costo de mangueras y accesorios por metro	31.42	S/./m
Costo herramientas y materiales por metro	5.82	S/./m
Costo implementos de seguridad por metro	13.01	S/./m
Total costo perforación y voladura anterior	359.98	S/./m

5.1.3.5. Cálculo de número de taladros disparados BP 7907 W

Para mejorar la perforación y voladura de rocas en minería subterránea convencional el éxito es generar mayor cara libre utilizando rimadoras para los taladros de alivio los cuales generan mayor eficiencia de voladura que permiten reducir el número de taladros perforados por ende menor consumo de explosivos y avance óptimo para este proceso se requiere mayor presión de aire comprimido y tiempo de perforación.

- **Numero de taladros BP 7907 W**

Calculamos la cantidad de taladros cargados con el modelo matemático de (EXSA, 2019):

$$N^{\circ} \text{ tal} = \frac{P}{dt} + (c * S)$$

En el que:

P: perímetro de la sección de la labor, en metros:

$$P = \sqrt{A} * 4$$

dt: distancia entre los taladros.

S: Sección de la labor.

c: Coeficiente o factor de roca.

De la tabla N° 3 extraemos factor de roca, en este caso es de dureza de roca intermedia siendo la distancia entre taladros de 0.60 a 0.65 m y de la tabla N° 4 el coeficiente de roca 1.5 m:

Calculando el número de taladros tenemos:

$$N^{\circ} \text{ tal} = \frac{4\sqrt{2.1 \times 2.1}}{0,60} + (1,5 \times 2,10 \times 2,10)$$

$$N^{\circ} \text{ tal/frente} = 20.615 \text{ taladros cargados}$$

Tabla 14 — Factor de reajuste de roca corte cilíndrico taladros cargados 2.1 m x 2.1 m

FACTOR DE REAJUSTE PARA SECCION 2,10x2,10	
Tipo de Roca	K'
Buena	1,50
Regular	1,60
Mala	1,70

Según análisis de campo para el número de taladros se tiene que realizar un reajuste para pequeñas secciones según el tipo de roca multiplicando por K', en este caso para la BP 7907 – W es de III-A:

$$N^{\circ} \text{ tal} = 20.615 \times 1,60 = 32.984 \cong 33 \text{ taladros cargados.}$$

5.1.3.6. Cálculo del diseño de malla de perforación BP 7907 W

Longitud de perforación

Primero se determina la longitud de perforación en función al maricón según Roger Holmberg:

$$L = 0,15 + 34,1 \times \phi_v - 39,4 \times \phi_v^2$$

En el que:

L = Profundidad del taladro en m.

ϕ_v = Diámetro del taladro vacío en m.

Avance efectivo de la tronadura

$$H = 0,95 \times L$$

En el cual:

H = Avance de la voladura en m.

L = Profundidad de los taladros a perforarse en m.

Profundidad del taladro a perforarse:

Utilizando la ecuación de R. Holmberg, usamos el diámetro de taladro vacío siendo 64 mm tenemos:

$$L = 0,15 + 34,1 \times 0,064 - 39,4 \times 0,064^2$$

$$L = 2,17 \text{ m}$$

Avance de la voladura:

$$H = 0,95 \times 2,17 \text{ m}$$

$$H = 2,061 \text{ m}$$



Esto nos da a conocer que con un solo maricón de 64 mm solo se podría alcanzar a 2,17 m de avance, el avance requerido es 8 pies (2,44 m) para optimizar nuestra tronadura, se tiene dos opciones: la primera es excavar taladros pegados según la ecuación para conseguir el taladro vacío equivalente y la segunda es usar la broca rimadora. Se opta por utilizar rimadoras. Cuando se utilizan arranques de tipo corte cilíndrico (con rimadora) de taladros vacíos, se obtiene un diámetro equivalente: El diseño de mallas de perforación con rimadora más de un maricón según R. Holmberg, para el cálculo del diámetro equivalente tenemos:

$$\phi_e = \phi_v \times \sqrt{n}$$

En el que:

ϕ_e = Diámetro equivalente en m.

ϕ_v = Diámetro del taladro vacío en m.

n = Número de taladros de alivio.

Diámetro equivalente:

Como vamos a diseñar con arranque tipo corte cilíndrico con 4 taladros de alivio por lo tanto utilizaremos la fórmula del diámetro equivalente:

$$\phi_e = 0.064 \times \sqrt{4}$$

$$\phi_e = 0.128 \text{ m}$$

Volvemos a calcular el avance efectivo con el nuevo diámetro de taladro equivalente:

$$L = 0.15 + 34.1 \times 0.128 - 39.4 \times 0.128^2$$

$$L = 3.87 \text{ m}$$

Avance esperado (al 95 % de voladura) es:

$$L = 3.87 \times 0.95$$

$$L = 3.68 \text{ m}$$

Con cuatro taladros de alivio rimados es más que obvio para alcanzar hasta 3,68 m de avance con una eficiencia de disparo más que el 100% con respecto a lo que optimizamos que es de 2.44 m (8 pies) longitud de barreno y 2.18 metros por disparo.



5.1.3.7. Burden y Espaciamiento para el diseño de la malla de BP 7907 W - Konya.

Cálculo del burden según (KONYA J, y otros, 1976) de acuerdo al tipo de roca, tipo de explosivo.

$$B = 0.012 * Dexp \left(\frac{2 * SGe}{SGr} + 1.5 \right)$$

En el que:

B: Burden (m)

Dexp: Diámetro del explosivo (mm)

SGe: Gravedad Específica o Densidad de explosivo (gr/cm³)

SGr: Gravedad Específica o Densidad de la roca (gr/cm³)

Cálculo de densidad de explosivo utilizado

- Emulnor de 1000 1 pul diámetro x 12 pulg de longitud
- Emulnor de 3000 1 pul diámetro x 12 pulg de longitud

Características del explosivo

Tabla 15 — Características de explosivo utilizado para BP 7907 W

Características del explosivo utilizado BP 7907 W			
Descripción	Cant (kg)	Cart/caja	Kg/cart
Emulnor 1000	25	150	0.167
Emulnor 3000	25	144	0.174
Emulnor 5000	25	216	0.116

$$Volumen\ Explosivo = \pi * r^2 * Longitud$$

\varnothing : Diámetro del explosivo (cm)

longitud: Longitud del explosivo (cm)

Datos del explosivo:

- Diámetro Emulnor: 1”
- Longitud Emulnor: 12”

$$Volumen\ Explosivo = \pi * r^2 * Longitud$$

Volumen Explosivo

$$= 3.1416 * \left((1 \text{ pulg} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}}) / 2 \right)^2 * (12 \text{ pulg} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}})$$

$$\text{Volumen Explosivo} = 154.44 \text{ cm}^3$$

Cálculo de densidad para Emulnor 1000:

$$\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = \frac{25 \text{ kg}}{150 \text{ cart}} * \frac{1 \text{ cart}}{154.44 \text{ cm}^3} * \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} = 1.08$$

Cálculo de densidad para Emulnor 3000:

$$\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = \frac{25 \text{ kg}}{144 \text{ cart}} * \frac{1 \text{ cart}}{154.44 \text{ cm}^3} * \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} = 1.12$$

Promedio de densidad de Explosivo de Emulnor 1000 y Emulnor 3000

$$\text{Prom}(E1000, E3000) = \frac{1.08 + 1.12}{2} = 1.10 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Calculo de Burden y Espaciamento BP 7907 W

$$B = 0.012 * D_{exp} \left(\frac{2 * S_{Ge}}{S_{Gr}} + 1.5 \right)$$

En el que:

B : Burden (m)

D_{exp} : Diámetro del explosivo (mm) = 25.4

S_{Ge} : Densidad de explosivo (gr/cm³) = 1.10

S_{Gr} : Gravedad Específica o Densidad de la roca (gr/cm³) = 2.7

$$\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 2.7 \frac{\text{TM}}{\text{m}^3} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ TM}} * \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000000 \text{ cm}^3} = 2.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$B = 0.012 * 25.4 \text{ mm} \left(\frac{2 * 1.10 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}{2.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} + 1.5 \right) = 0.7 \text{ m}$$

$$E = 1.18 * B = 1.18 * 0.7 = 0.826 \approx 0.8 \text{ m}$$



Figura 30 — Distancia óptima hacia la cara libre de los taladros de producción o auxiliar

5.1.3.8. Optimización de Perforación y Voladura BP 7907 W

Para mejorar la perforación y voladura del BP 7907 W zona Mercedes se ha considerado varios factores tales como: tipo de roca según la cartilla geo mecánica, tipo de explosivo, distancia óptima hacia la cara libre de los taladros de producción o auxiliares según Konya, el avance esperado según Holmberg, para mejorar la voladura se utiliza rimadoras de broca de 64 mm generando mayor cara libre, el resumen de los siguientes cálculos se muestra en el **Anexo 05**: los resultados obtenidos con la optimización es de 127.28 metros en un mes completo con una eficiencia de 2.18 metros por disparo así mismo con un factor de carga lineal de 17.62 kilogramos por metro lineal avanzado.

1) Datos del Campo BP 7907 W Optimizado

- La sección de la labor es: 2.10 m. x 2.10 m.
- Densidad de la roca: 2.7 TM/m³.
- Tipo de Roca: III – IV Media.

- Diámetro del taladro de producción: 36 mm.
- Diámetro del taladro alivio: 0.064 m = 64 mm.
- Longitud del taladro de perforación 8 pies: 2.30 m.
- Tipo de corte: Corte Cilíndrico de 9 taladros.
- (Patero 4 pies, seguidor 6 pies y pasador 8 pies).
- Cantidad de taladros perforados es 38: 33 taladros cargados de 36 mm de diámetro y 4 taladros de alivio con diámetro de 64 mm y 1 taladro de alivio con diámetro de 38 mm.
- Longitud de barreno: 8 pies (2.44 m).
- Tiempo de perforación: 3h 50 min.
- Cantidad de explosivos: Emulnor 1000 = 19 unidades /Emulnor 3000 = 203 unidades.
- Accesorio de voladura: 33 carmax / disparo y 10 m de mecha rápida.

2) Cálculo de eficiencia de perforación

$$\text{Eficiencia Perforación} = \frac{\text{Longitud Taladro}}{\text{Longitud de Barreno}} * 100$$

$$\text{Eficiencia Perforación} = \frac{2.3 \text{ m}}{2.44 \text{ m}} * 100 = 94.26 \% \approx 0.94$$

3) Cálculo de eficiencia de voladura

$$\text{Eficiencia Voladura} = \frac{\text{Avance real (m)}}{\text{Longitud de Taladro}} * 100$$

$$\text{Eficiencia Voladura} = \frac{2.18 \text{ m}}{2.3 \text{ m}} * 100 = 94.78 \% \approx 0.95$$

4) Cálculo de velocidad media de perforación

$$\text{Velocidad Media Perforación} = \frac{\text{Pies Perforados}}{\text{tiempo de perforación en minutos}}$$

$$\text{Vel. Media Perf.} = \frac{\text{Taladros perforados} * \text{pies perforados} * \text{eff.perf}}{\text{tiempo de perforación en minutos}}$$

$$\text{Vel. Media Perf.} = \frac{(38 \text{ tal} * 8 \text{ pies} * 0.94)}{(3 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} + 50 \text{ min})} = 1.25 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

5) Cálculo de factor de corrección de área

$$\text{Factor de Corrección area} = \frac{\text{Area por figuras geometricas segun sección}}{\text{Area de Sección labor Rectangular}} * 100$$

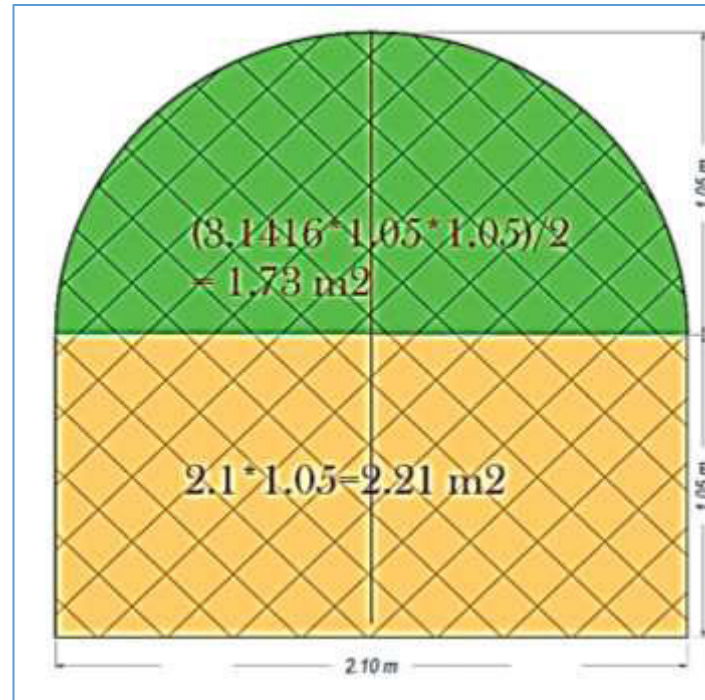


Figura 31 — Factor de corrección de área BP 7907 W

$$\text{Factor de Corrección area} = \frac{1.73 \text{ m}^2 + 2.21 \text{ m}^2}{2.1 * 2.1 \text{ m}^2} * 100 = 0.893$$

6) Cálculo de volumen roto

$\text{Volumen roto} = (\text{ancho} * \text{altura} * \text{factor de sección}) * \text{avance real por disparo}$

$$\text{Volumen roto} = (2.1 * 2.1 * 0.893) \text{ m}^2 * 2.18 \text{ m} = 8.58 \text{ m}^3$$

7) Cálculo de tonelaje roto

$\text{Tonelaje Roto} = \text{Volumen} * \text{Peso específico de Roca}$

$$\text{Tonelaje Roto} = 8.58 \text{ m}^3 * 2.7 \frac{\text{TM}}{\text{m}^3} = 23.17 \text{ TM}$$

8) Cálculo de factor de carga

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Kilogramos de explosivo}}{\text{Volumen roto}}$$

Tenemos los datos:

- ✓ Emulnor 1000 = 19 cartuchos
- ✓ Emulnor 3000 = 203 cartuchos

Tabla 16 — Características de emulnor kilogramos por cartucho BP 7907 W

Descripción	Cart/caja	Kg/cart
EMULNOR 1000	150	0.1667
EMULNOR 3000	144	0.1736
EMULNOR 5000	216	0.1157

$$\text{Kilogramos de Emulnor}(1000) = 19 * 0.1667 = 3.17 \text{ kg}$$

$$\text{Kilogramos de Emulnor}(3000) = 203 * 0.1736 = 35.24 \text{ kg}$$

$$\text{Kilog. Expl.} = \text{Kilogramos Emulnor}(1000) + \text{Kilogramos emulnor}(3000)$$

$$\text{Kilogramos Explosivo} = (3.173 + 35.322) \text{kg} = 38.41 \text{ kg}$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{38.41 \text{ kg}}{8.58 \text{ m}^3} = 4.48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

9) Cálculo de carga lineal

$$\text{Factor de carga lineal} = \frac{\text{Kilogramos Explosivo}}{\text{avance real por disparo}}$$

$$\text{Factor de carga lineal} = \frac{38.41 \text{ kg}}{2.18 \text{ m}} = 17.62 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

10) Cálculo de factor de potencia

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{Kilogramos Explosivo}}{\text{Avance real por disparo}}$$

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{38.41 \text{ kg}}{23.17 \text{ TM}} = 1.66 \text{ kg/TM}$$

11) Cálculo de metros por hombre - guardia

$$\text{Metros/Hombre} - \text{Guardia} = \frac{\text{Avance real}}{\text{Total de incidencia}}$$

$$\begin{aligned} \text{Metros/Hombre} - \text{Guardia} &= \frac{2.18 \text{ m}}{4.88 \text{ hombres/guardia}} \\ &= 0.45 \text{ m/hombre} - \text{guardia.} \end{aligned}$$

12) Distribución de Carga Explosiva - el número de taladros BP 7907 W

Tabla 17 — Distribución de carga explosiva y accesorios BP 7907 W

Distribucion de taladros	N° Taladros		Cantidad de explosivo			Accesorios		Peso (kg)
	cargados	vacios	emulnor 1000	emulnor 3000	emulnor 5000	Carmex	M. Rapida	
ARRANQUE	4	5	0	28		4	10	4.86
1° AY. DE ARRANQUE	4		0	28		4		4.86
2° AY. DE ARRANQUE	4		0	28		4		4.86
TALADROS PRODUCCIÓN	7		0	49		7		8.51
CUADRADORES	4		4	20		4		4.14
CORONA	5		15	15		5		5.10
ARRASTRE	5		0	35		5		6.08
SUB-TOTAL	33	5	19	203	0	33	10	
TOTAL	38		222			33	10.00	38.41
KILOGRAMOS			3.167	35.243	0			
			Factor de carga (kg/m3)		4.48			
			Factor de carga lineal (kg/mts)		17.62			

5.1.3.9. Costos de perforación y voladura BP 7907 W

- **Mano de obra Optimizada**

De acuerdo a planilla de la contrata Adgeminco el sueldo de maestro perforista asciende a 1 950 al mes y el ayudante asciende a 1 800 soles mensuales cabe indicar dichos montos no son netos ya hay beneficios sociales por paternidad y otros que son de acuerdos a los rendimientos de cada uno, así como también algunos descuentos como seguros, sistema de pensión, fondo minero y otros.

Según la tabla del anexo 16, como el sistema es de 20 días trabajados por 10 días de descanso se trabaja por guardias para cubrir todos los días del mes ya sea de turno día o noche en ese sentido la contrata invierte la suma de 22 050 soles en mano de obra debido a que se está incrementando los pies perforados de 6 pies a 8 pies perforados lo cual requiere un hombre más para apoyo en la extracción y estandarización de labor.

- **Calculo de Costo de mano de obra por metro lineal**

En la tabla del anexo 17 se muestra con detalle todos los datos para el cálculo de costo de mano de obra por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} = \frac{\text{Monto mano de obra} \frac{\text{Soles}}{\text{Mes}}}{\text{Guardia por mes} \frac{\text{Guardia}}{\text{Mes}} * \text{Horas por guardia} * \frac{\text{Hora}}{\text{Guardia}} * \frac{60 \text{ Minutos}}{1 \text{ Hora}}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} = \frac{22050 \frac{\text{Soles}}{\text{Mes}}}{60 \frac{\text{Guardia}}{\text{Mes}} * 9.45 * \frac{\text{Hora}}{\text{Guardia}} * \frac{60 \text{ Minutos}}{1 \text{ Hora}}} = 0.65$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}} = \frac{\text{Soles por minuto} \frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} * \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Disparo}}}{\text{Tiempo promedio} \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Minuto}}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}} = \frac{0.65 \frac{\text{Soles}}{\text{Minuto}} * 266.57 \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Disparo}}}{1.25 \frac{\text{Pies perforados}}{\text{Minuto}}} = 138.22$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Soles por disparo} \frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}}}{\text{Metros por disparo} \frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}}} = \frac{138.22}{2.18} = 63.53$$

- **Cálculo de costo de máquina perforadora y costo de aire comprimido**

En la tabla del anexo 18 se menciona todos los datos para el cálculo de costo de máquina perforadora por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\frac{\text{Precio maquina perf}}{\text{vida útil}} * \text{Long. tal perf} * \frac{\text{Taladros perf}}{\text{Disparo}}}{\text{Metros por disparo} \frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\frac{13500}{36576} * 2.30 * 38}{2.18} = 14.81$$

En la tabla del anexo 19 se menciona todos los datos para el cálculo de costo de aire comprimido por metro lineal:

$$\frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}} = 0.88 \frac{\text{Soles}}{\text{Hora}} * 3.83 \frac{\text{Horas}}{\text{Disparo}} = 3.37 \frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}}$$

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{3.37 \frac{\text{Soles}}{\text{Disparo}}}{2.18 \frac{\text{Metros}}{\text{Disparo}}} = 1.55 \frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}}$$

- **Cálculo de costo de aceros de perforación**

El consumo de aceros de perforación se muestra en la tabla del anexo 20 con sus precios respectivos, además en la tabla del anexo 21 se detalla los datos para el cálculo de costo de aceros por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo de consumo aceros}}{\text{Metros avanzados}} = \frac{13266.43}{254.56} = 52.12$$

- **Cálculo de costo de explosivos y accesorios por metro lineal**

En la tabla del anexo 22 se detalla las cantidades de explosivo y accesorios con sus costos para el cálculo de su costo por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por disparo}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{310.73}{2.18} = 142.81$$

- **Cálculo de costo de mangueras y accesorios de perforación por metro lineal**

En la tabla del anexo 23 se muestra los datos para el cálculo de costo de manguera y accesorios de perforación por metro lineal:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por mangueras y accesorios}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{57.39}{2.18} = 26.38$$

- **Cálculo de costo de herramientas y materiales por metro lineal**

Para el cálculo de costo de herramientas y materiales por metro lineal se muestran los datos a detalle en la tabla del anexo 24:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por herramientas y materiales}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{9.59}{2.18} = 4.42$$

- **Cálculo de costo de Implementos de Seguridad por metro lineal**

Los datos para el cálculo de costo de implementos de seguridad por metro lineal se detallan en la tabla del anexo 25:

$$\frac{\text{Soles}}{\text{Metro lineal}} = \frac{\text{Costo por implementos de seguridad}}{\text{Metros por disparo}} = \frac{28.61}{2.18} = 13.15$$

- **Resumen de costo de perforación y voladura optimizado BP 7907 W UM San Juan Arequipa**

Tabla 18 — Resumen de costos de perforación y voladura optimizada BP 7907 W

Resumen de costo de perforación y voladura optimizado		
Costo de mano de obra por metro.	63.53	S./m
Costo de máquina perforadora por metro.	14.81	S./m
Costo de aire comprimido por metro.	1.55	S./m
Costo de aceros por metro.	52.12	S./m
Costo de explosivos y accesorios por metro.	142.81	S./m
Costo de mangueras y accesorios por metro.	26.38	S./m
Costo herramientas y materiales por metro.	4.41	S./m
Costo implementos de seguridad por metro.	13.15	S./m
Total costo perforación y voladura optimizado.	318.75	S./m

5.2. Contratación de hipótesis

5.2.1. Resultados comparativos de perforación (Hipótesis 1)

5.2.1.1. Galería 575 W

En el diseño de la red de perforación anterior en el frente de la labor, Ga 575 W nivel 1545 de la Unidad Minera Chalhuane, no se ha considerado las características geológicas, macizo rocoso y aspectos de diseño, como tal se ha utilizado 43 taladros de 5 pies.

En la nueva malla de perforación diseñada con el modelo matemático de Holmberg se observa un total de 40 taladros perforados de 6 pies de longitud, como se muestra en la siguiente figura:

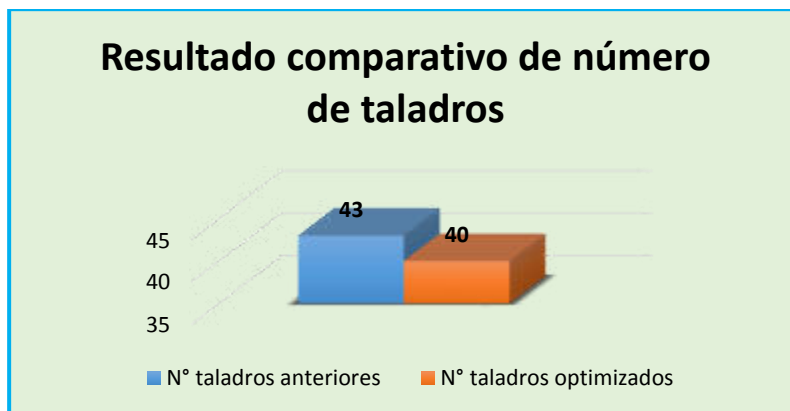


Figura 32 — Resultado comparativo de número de taladros de la Ga 575 W

Del análisis de resultados (antes y después), se concluye, con el nuevo diseño de malla de perforación (modelo matemático de Holmberg), se ha reducido 03 taladros, en comparación a la malla de perforación anterior. El número de taladros de alivio se aumentó 1 y se disminuyó en el arranque 1 taladro debido al tipo de roca (III-A), para generar mayor cara libre, efectividad en la voladura y evitar tiros fallidos al inicio de la voladura, de igual manera se redujo el número de taladros de producción por exceso de carga operante y también se redujo de 7 ha 5 taladros en la parte de la corona para evitar el daño de la bóveda, sostenimiento, sobre excavación, rotura y por seguridad del personal, como se muestra en la siguiente figura:

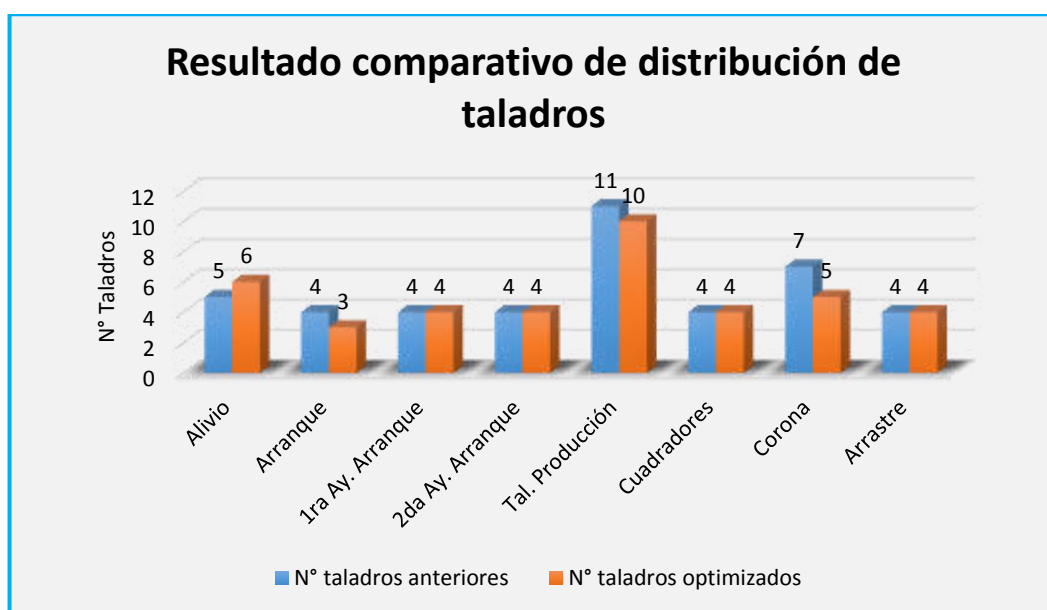


Figura 33 — Resultado comparativo de distribución de taladros de la Ga 575 W



Durante el seguimiento, control y estudio de la labor que fue de 1 mes (octubre -2019), ver la base de datos en el **Anexo 26** con mayor detalle, se obtuvo los siguientes datos de consumo de aceros de perforación en la siguiente tabla:

Tabla 19 — Resumen de consumo de aceros de perforación anterior Ga 575 W

Consumo de aceros de perforación - anterior							
Descripción	Vida útil (pies)	Pies perforados total	N° disparos	Rendimiento Acero/Disp.	Consumo total	Acero/Disp. real	Diferencia Aceros/Disp.
		12094.62					
Barreno de 3pies	1200	7256.77	62	0.10	8	0.13	-0.03
Barreno de 4pies	1200	-	-	-	-	-	-
Barreno de 5pies	1200	4837.85	62	0.07	7	0.11	-0.05
Barreno de 6pies	1200	-	-	-	-	-	-
Broca de 38 mm	350	7256.77	62	0.33	18	0.29	0.04
Broca de 36 mm	350	4837.85	62	0.22	15	0.24	-0.02
Total							-0.05

Los datos ingresados en la Tabla N° 20, son recopilación de las perforaciones optimizadas durante un periodo de 2 meses (noviembre y diciembre del 2019).

Tabla 20 — Resumen de consumo de aceros de perforación optimizado Ga 575 W

Consumo de aceros de perforación - optimizado							
Descripción	Vida útil (pies)	Pies perforados total	N° disparos	Rendimiento Acero/Disp.	Consumo total	Acero/Disp. real	Diferencia Aceros/Disp.
		26169.29					
Barreno de 3pies	1200	-	-	-	-	-	-
Barreno de 4pies	1200	17533.43	116	0.13	13	0.11	0.01
Barreno de 5pies	1200	-	-	-	-	-	-
Barreno de 6pies	1200	8635.87	116	0.06	7	0.06	0.00
Broca de 38 mm	350	17533.43	116	0.43	31	0.27	0.16
Broca de 36 mm	350	8635.87	116	0.21	14	0.12	0.09
Total							0.27

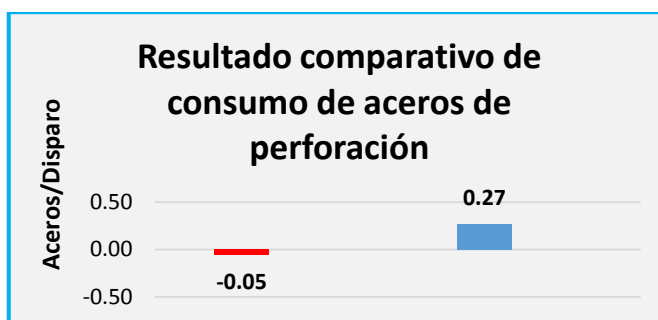


Figura 34 — Resultado comparativo de consumo de aceros de la Ga 575 W

En resumen, podemos apreciar el consumo de aceros de perforación antes y después, teniendo en cuenta en general el indicador de aceros/disparo como dato principal tenemos: pies perforados total durante 1 mes (perforación anterior) y 2 meses de perforación optimizada (ver base de datos **Anexo 28**), número de disparos totales, vida útil de los aceros y consumo real de aceros durante ese periodo.

Para lo cual se obtuvo: la perforación anterior una pérdida de 0.05 aceros/disparo y en la perforación optimizada una ganancia de 0.27 aceros/disparo.

5.2.1.2.By Pass 7907 W

En el diseño de la malla de perforación anterior de la labor, Bp 7907 W sección 2.1x2.1 de la Unidad Minera San Juan, no se ha considerado las características geológicas, macizo rocoso y aspectos de diseño como el burden adecuado, como tal se ha utilizado 42 taladros de 6 pies.

En la nueva malla de perforación diseñada según Konya se observa un total de 38 taladros perforados de 8 pies de longitud, como se muestra en la siguiente figura:

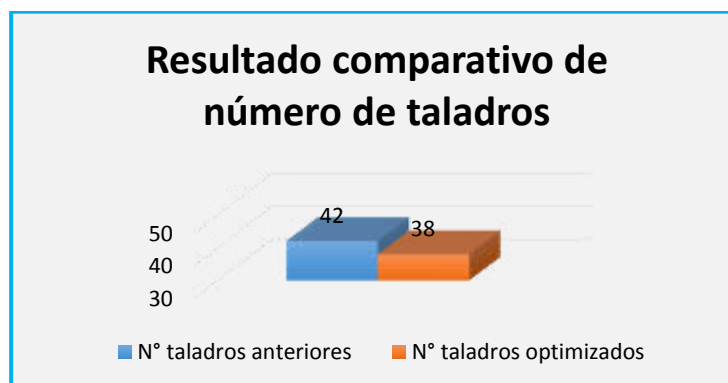


Figura 35 — Resultado comparativo de numero de taladros BP 7907 W



De la comparación, se concluye, con el nuevo diseño de malla de perforación (modelo matemático de Konya), se ha reducido 04 taladros, en comparación a la malla de perforación anterior.

El número de taladros de producción disminuyó en 3 debido al tipo de roca, para generar mayor fragmentación homogénea, efectividad en la voladura y evitar tiros fallidos en la voladura, se aumentó 1 taladro en el arrastre para facilitar la limpieza de la pala neumática y evitar bolones en la parte inferior de la labor, también se redujo de 7 ha 5 taladros en la parte de la corona para evitar el daño de la bóveda, sostenimiento, sobre excavación, rotura y por seguridad del personal, como se muestra en la siguiente figura:

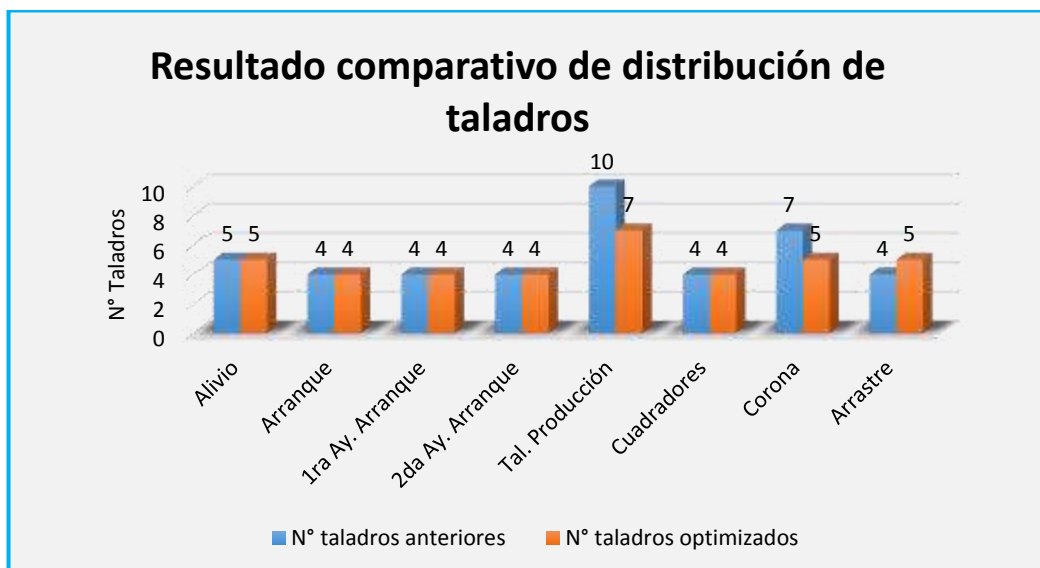


Figura 36 — Resultado comparativo de distribución de taladros del BP 7907 W

En el proceso de seguimiento, control y estudio de la labor que fue de 1 mes (agosto -2019), ver la base de datos en el **Anexo 27** con mayor detalle, se obtuve los siguientes datos de consumo de aceros de perforación en la siguiente tabla:



Tabla 21 — Resumen de consumo de aceros de perforación anterior BP 7907 W

Consumo de aceros de perforación - anterior							
Descripción	Vida útil (pies)	Pies perforados total	N° disparos	Rendimiento Acero/Disp.	Consumo total	Acero/Disp. real	Diferencia Aceros/Disp.
		12078.74					
Barreno de 2pies	1200	4106.77	52	0.07	4	0.08	-0.011
Barreno de 4pies	1200	3985.98	52	0.06	4	0.08	-0.013
Barreno de 6pies	1200	3985.98	52	0.06	3	0.06	0.006
Barreno de 8pies	1200	-	-	-	-	-	-
Broca de 38 mm	350	8092.76	52	0.44	24	0.46	-0.017
Broca de 36 mm	350	3985.98	52	0.22	12	0.23	-0.012
Total							-0.03

Los datos ingresados en la Tabla N° 22, son recopilación de las perforaciones optimizadas durante un periodo de 2 meses (setiembre y octubre del 2019) ver **Anexo 29**:

Tabla 22 — Resumen de consumo de aceros de perforación optimizada BP 7907 W

Consumo de aceros de perforación - optimizado							
Descripción	Vida útil (pies)	Pies perforados total	N° disparos	Rendimiento Acero/Disp.	Consumo total	Acero/Disp. real	Diferencia Aceros/Disp.
		31188.52					
Barreno de 2pies	1200	-	-	-	-	-	-
Barreno de 4pies	1200	15594.26	117	0.11	12	0.10	0.009
Barreno de 6pies	1200	7797.13	117	0.06	6	0.05	0.004
Barreno de 8pies	1200	7797.13	117	0.06	7	0.06	-0.004
Rimadora 64 mm	1500	3531.50	117	0.02	2	0.02	0.003
Broca de 38 mm	350	15594.26	117	0.38	24	0.21	0.176
Broca de 36 mm	350	15594.26	117	0.38	27	0.23	0.150
Total							0.34

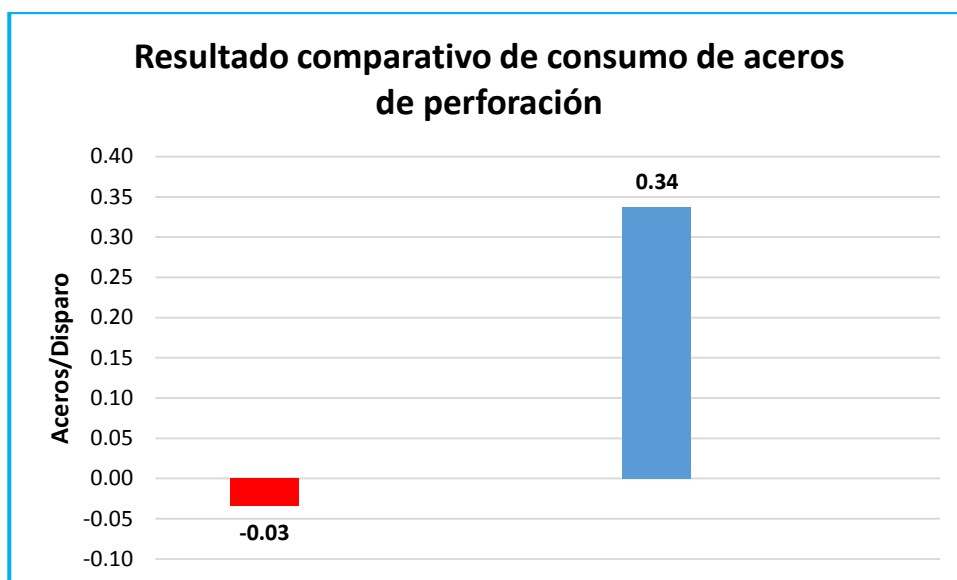


Figura 37 — Resultado comparativo de consumo de aceros de perforación del BP 7907 W

Podemos apreciar el consumo de aceros de perforación antes y después, teniendo en cuenta en general el indicador de aceros/disparo como dato principal tenemos: pies perforados total durante 1 mes (perforación anterior) y 2 meses de perforación optimizada (ver base de datos **Anexo 29**), número de disparos totales, vida útil de los aceros y consumo real de aceros durante ese periodo.

Para lo cual se obtuvo: la perforación anterior una pérdida de 0.03 aceros/disparo y en la perforación optimizada una ganancia de 0.34 aceros/disparo.

5.2.2. Resultados comparativos de voladura (Hipótesis 2)

5.2.2.1. Galería 575 W

En la voladura anterior de la labor mencionada se ha utilizado mayor cantidad de explosivo debido a la mala distribución de carga en los taladros, con el nuevo diseño de la malla de perforación se redujo la cantidad de explosivo, buen carguío a los taladros y también mejoro los indicadores de voladura, como se muestra la diferencia de la cantidad de explosivo empleado en la tabla N° 23.

Tabla 23 — Resumen comparativo de voladura antes y después Ga 575 W

Indicadores de voladura antes y después				
Descripción	Unidad de medida	Voladura anterior	Voladura optimizada	Diferencia
Cantidad de explosivo	Kg/Disparo	17.73	17.69	0.04
Factor de carga	Kg/m3	3.11	2.35	0.76
Factor de carga lineal	Kg/ml	14.18	10.72	3.46
Factor de potencia	Kg/TM	1.15	0.87	0.28
Mecha rápida	Metros/Disp.	10	5	5
Carmex	Unidades	38	34	4

Según las cualidades geológicas y geomecánicas del macizo rocoso se ha separado el explosivo Semexa al 80%, Semexa al 65% y Exadit al 45%, con ello se hizo una buena distribución y carguío de taladros obteniendo una notable diferencia de la carga explosiva anterior, resultados se muestran en la figura N° 30, reducción de factor de carga, factor de carga lineal, factor de potencia y accesorios de voladura.

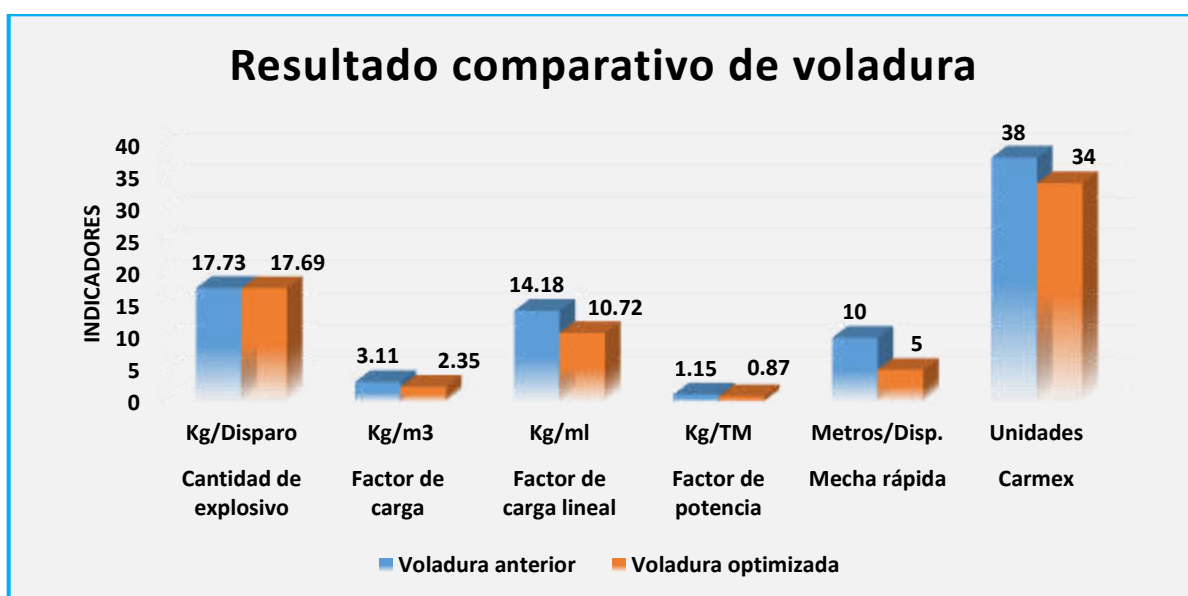


Figura 38 — Resultado comparativo de voladura de la Ga 575 W

5.2.2.2.By Pass 7907 W

Antes de la voladura optimizada se ha utilizado mayor cantidad de explosivo por metro lineal debido a la mala distribución y carguío a los taladros, con el diseño de la nueva malla de perforación se redujo la cantidad de explosivo, buen carguío a los taladros y también mejoro los KPIs de voladura, como se muestra la diferencia de la cantidad de explosivo empleado en la tabla N° 24.



Tabla 24 — Resumen comparativo de voladura antes y después BP 7907 W

Indicadores de voladura antes y después				
Descripción	Unidad de medida	Voladura anterior	Voladura optimizada	Diferencia
Cantidad de explosivo	Kg/Disparo	28.28	38.41	-10.13
Factor de carga	Kg/m ³	4.95	4.48	0.47
Factor de carga lineal	Kg/ml	19.5	17.62	1.88
Factor de potencia	Kg/TM	1.84	1.66	0.18
Mecha rápida	Metros/Disp.	10	10	0
Carmex	Unidades	37	33	4

Según características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso se ha seleccionado el explosivo Emulnor 3000 y Emulnor 1000, con ello se mejoró notable diferencia de la carga explosiva anterior, resultados se muestran en la figura N° 31, reducción de factor de carga, factor de carga lineal, factor de potencia y accesorios de voladura.

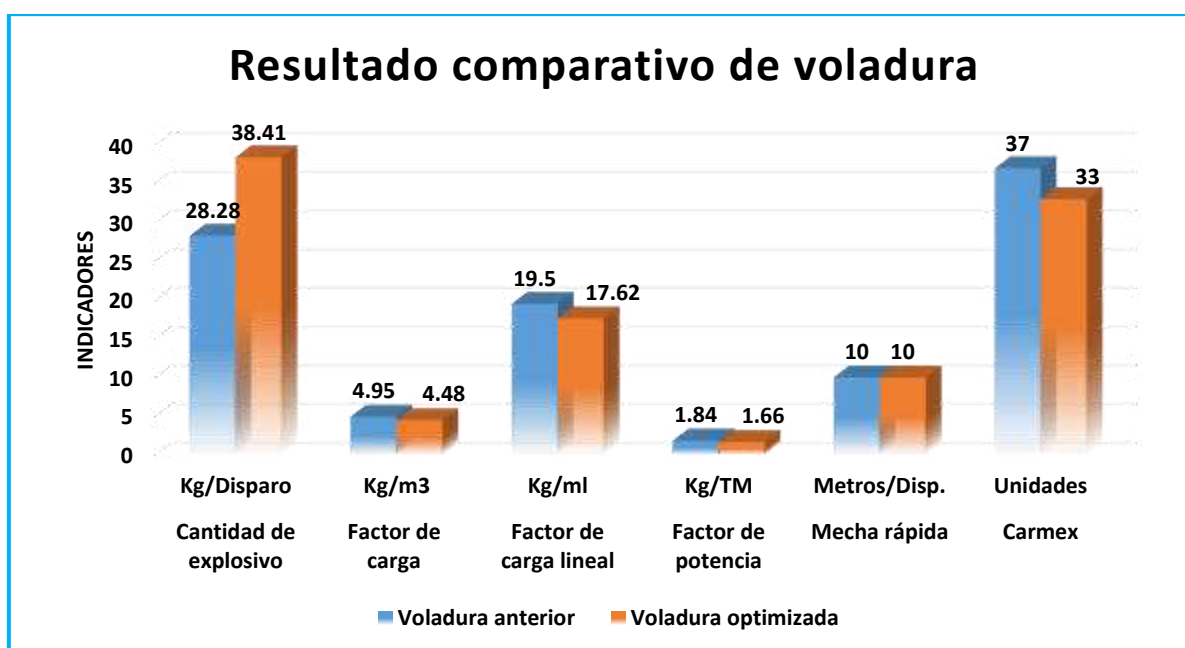


Figura 39 — Resultado comparativo de voladura del BP 7907 W

5.2.3. Resultados comparativos de costos (Hipótesis 3)

5.2.3.1. Galería 575 W

En la perforación y tronadura anterior, se obtuvo altos costos de los procesos unitarios debido a la utilización de una malla de perforación no adecuada así mismo se ha utilizado mucha carga explosiva en el carguío de taladros, los resultados se muestran en la tabla 25.

Al utilizar el nuevo diseño de la malla de perforación y selección de carga explosiva considerando el confinamiento correspondiente para una eficiente explosión, se ha reducido los costos de perforación y voladura en la labor de avance Ga 575 W de la Unidad Minera Chaluane., los resultados se muestran en la tabla 25.

Además, la diferencia antes y después de perforación y voladura es de 127.32 soles por metro de avance.

Tabla 25 — Resumen comparativo de costos de perforación y voladura Ga 575 W

Costo de perforación y voladura	Anterior S./m	Optimizado S./m	Diferencia S./m
Mano de obra	59.97	54.54	5.43
Máquina perforadora	17.89	15.39	2.50
Aire comprimido	1.50	1.33	0.16
Aceros	78.33	46.83	31.50
Explosivos y accesorios	271.94	191.64	80.30
Mangueras y accesorios	38.56	31.42	7.14
Herramientas y materiales	7.67	5.82	1.86
Implementos de seguridad	11.44	13.01	-1.57
Soles por metro de avance	487.30	359.98	127.32

El costo de mano de obra, costo de máquina perforadora, costo de aire comprimido, costo de aceros, costo de explosivo y accesorios, costo de manguera y accesorios y costo de herramientas y materiales se redujeron, debido a un buen seguimiento, control, gestión, diseño de malla de excavación y capacitación al personal sobre las operaciones de excavación y tronadura, por el contrario, han aumentado los costos de implementos de seguridad por aumento de avance lineal.



Figura 40 — Resultado comparativo de costos de perforación y voladura por ítem Ga 575 W

5.2.3.2. By Pass 7907 W

En los procesos unitarios anteriores, se obtuvo altos costos de perforación y voladura debido a la utilización de una malla de perforación no adecuada y también se ha utilizado mucha carga explosiva en el carguío de taladros, los resultados se muestran en la tabla 26.

Al utilizar el nuevo diseño de la malla de perforación y selección de carga explosiva, para una eficiente explosión, se ha reducido los costos de perforación y voladura en labor de avance Bp 7907 W de la Unidad Minera San Juan., los resultados se muestran en la tabla 26.

Además, la diferencia antes y después de la perforación y voladura es de 59.88 soles por metro de avance.



Tabla 26 — Resumen comparativo de costos perforación y voladura BP 7907 W

Costo de perforación y voladura	Anterior S./m	Optimizado S./m	Diferencia S./m
Mano de obra	53.55	63.53	-9.98
Máquina perforadora	18.27	14.81	3.47
Aire comprimido	1.62	1.55	0.07
Aceros	74.90	52.12	22.79
Explosivos y accesorios	174.09	142.81	31.28
Mangueras y accesorios	34.78	26.38	8.40
Herramientas y materiales	6.62	4.41	2.21
Implementos de seguridad	14.80	13.15	1.65
Soles por metro de avance	378.62	318.75	59.88

El costo de máquina perforadora, costo de aire comprimido, costo de aceros, costo de explosivo y accesorios, costo de manguera y accesorios y costo de herramientas y materiales y costo de implementos de seguridad se redujeron, debido a un buen seguimiento, control, gestión, ejecución, diseño de malla de perforación y capacitación al personal sobre las operaciones de perforación y voladura, por el contrario, han aumentado los costos de mano de obra por incremento de personal, como se muestra en la figura 33.

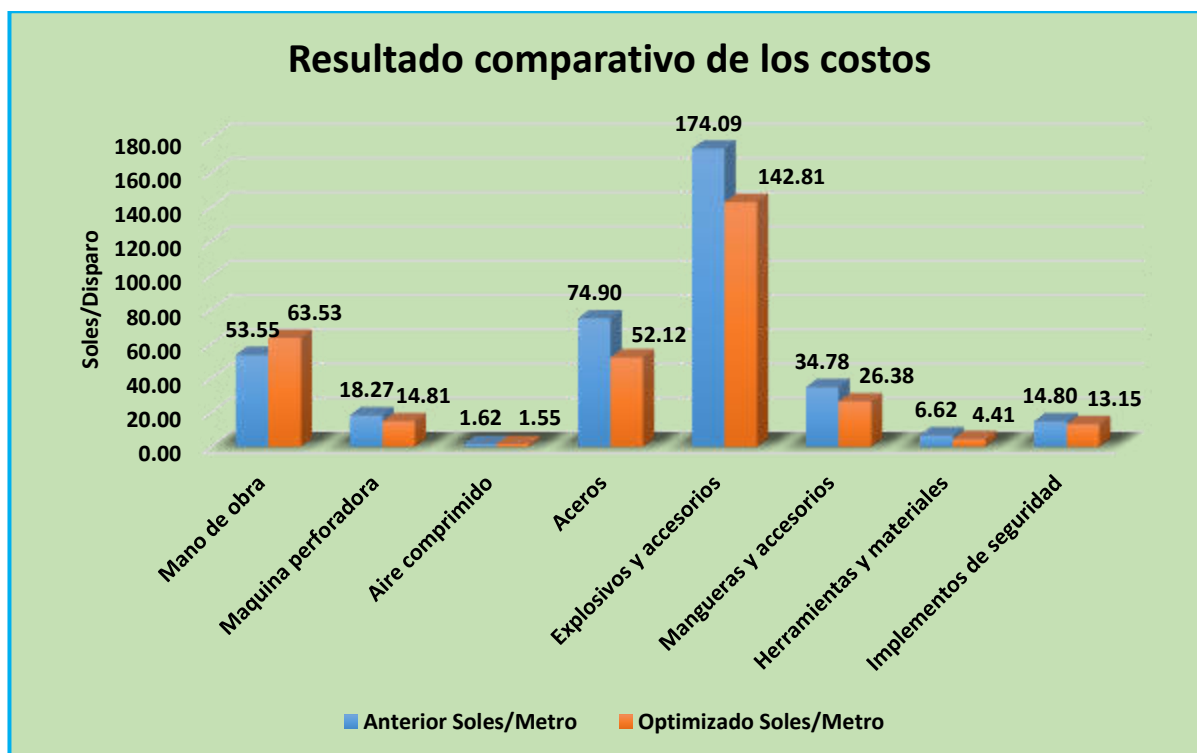


Figura 41 — Resultado comparativo d costos de perforación y voladura por ítem BP 7907 W

5.2.4. Resultados comparativos de desempeño (Hipótesis 4)

5.2.4.1. Galería 575 W

La optimización de procesos productivos involucra un ahorro para la empresa reduciendo costos e incrementando las ganancias producto de los mejores resultados obtenidos, sumado las mejoras en el desempeño y un mejor clima laboral, por lo que se puede concluir que dicho aumento de eficiencia nos genera mayor productividad.

En la tabla N° 27, se muestra un comparativo del desempeño reflejado en la productividad antes y después en metros/hombre-guardia.

Tabla 27 — Resumen comparativo de desempeño Ga 575 W

Resumen de desempeño (Productividad)				
Descripción	Medida	Anterior	Optimizado	Diferencia
Avance lineal	Metros	1.25	1.65	0.4
Incidencia total	Hombre-Guardia	3.66	3.66	0
Productividad	Metros/Hombre-Guardia	0.34	0.45	0.11

Antes de la mejora, la productividad era de 0.34 metros/hombre-guardia, cuando se logró la optimización de los procesos de perforación y voladura, la productividad aumento a 0.45 metros/hombre-guardia, en una diferencia de 0.11 metros/hombre-guardia, como se muestra en la siguiente figura:

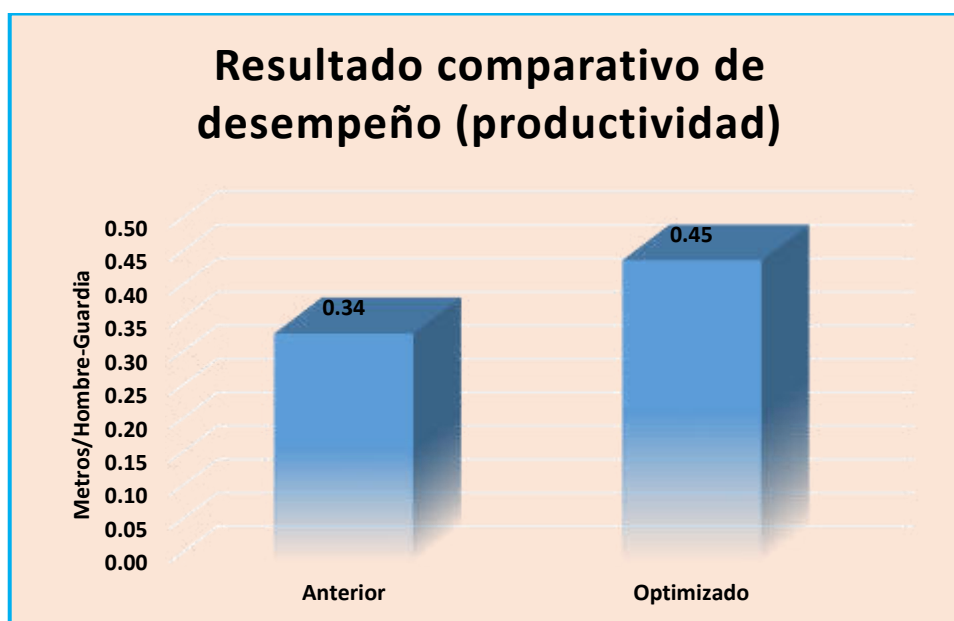


Figura 42 — Resultado comparativo de desempeño (Productividad) Ga 575 W

5.2.4.2. By Pass 7907 W

La mejora de los procesos productivos genera un ahorro en tiempo y dinero, reduciendo costos e incrementando las ganancias, sumado las mejoras en el desempeño, por lo que se puede concluir que dicho aumento de eficiencia nos genera mayor productividad.

En la tabla N° 28, se muestra un comparativo del desempeño reflejado en la productividad antes y después en metros/hombre-guardia.

Tabla 28 — Resumen comparativo de desempeño BP 7907 W

Resumen de desempeño (Productividad)				
Descripción	Medida	Anterior	Optimizado	Diferencia
Avance lineal	Metros	1.45	2.18	0.73
Incidencia total	Hombre-Guardia	3.66	4.88	1.22
Productividad	Metros/Hombre-Guardia	0.40	0.45	0.05

Sin la optimización de la perforación y voladura, la productividad era de 0.40 metros/hombre-guardia, cuando se logró la optimización de los procesos de perforación y voladura, la productividad aumento a 0.45 metros/hombre-guardia, en una diferencia de 0.05 metros/hombre-guardia, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 43 — Resultado comparativo de desempeño (Productividad) BP 7907 W



5.3. Discusión

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la segunda hipótesis específica sobre el consumo de explosivos y accesorios, estos resultados guardan relación, lo que sustenta (MUSIC Garrido, 2007) en su tesis de grado en la Mina El teniente, en una de sus conclusiones menciona lo siguiente: que “se disminuyó el factor de carga de 3.02 kilogramos/m³ a 2.38 kilogramos/m³, así que, el consumo de explosivo disminuye en un 30%”. Mientras que en la presente investigación en la Ga 575 W: el factor de carga se reduce de 3.11 a 2.35 kg/ m³ en un 24.44% por lo tanto también se reduce el consumo de explosivos y en el By Pass 7907 W: factor de carga se reduce de 4.95 a 4.48 kg/ m³ en un 9.49% por ende también disminuye el consumo de explosivo. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

De acuerdo con (VILLACRÉS Garcés, 2016) en su tesis de grado de la Empresa Prodomin S.A. menciona en una de sus conclusiones: la optimización de los costos al sistema de explotación de dicha empresa se redujo en un 19 % en general. Además el autor (CAYLLAHUA, 2018) en su tesis de grado de la Unidad Minera las Aguilas – Ciemsa en una de sus conclusiones menciona lo siguiente: “se optimiza los costos de perforación y tronadura reduciéndolos de 125.70 US\$/m a 111.60 US\$/m, reduciendo en 14.10 US\$/m”. Para ello la investigación presente en su tercera hipótesis da como conclusión que en la Ga 575 W: el costo de perforación y voladura anterior ha sido de 487.30 soles/metro de avance y con la optimización el costo es de 359.98 soles/metro de avance, el costo se ha reducido en un 26.13% y en el By Pass 7907 W: el costo de perforación y voladura anterior ha sido de 378.62 soles/metro de avance y con la optimización el costo es de 318.75 soles/metro de avance, el costo se ha reducido en un 15.81%. Por lo tanto, la optimización de costos es similares y concordantes.

En lo que respecta a (OCAMPO, 2018) en su tesis de grado en el proyecto CHAVIMOCHIC – La Libertad 2017 menciona en una conclusión: el resultado del estudio ha reducido los costos de las operaciones unitarias de perforación y tronadura, de 14.3 \$/m³ a 11.6 \$/m³ para roca tipo II, y de 12.4 \$/m³ a 10.1 \$/m³ para roca tipo III; aminorando los taladros de 110 a 100 taladros para roca tipo II y de 98 a 94 taladros para roca tipo III. La eficiencia promedio se estabiliza por encima del 95%. Además, el autor (QUISPE Centeno, 2019) en su tesis de grado de la Unidad Minera Chalhuan, menciona: de acuerdo al estudio realizado se optimiza en 0.75 dólares/displ., se reduce 5 taladros para una perforación de 5 pies Galería 325 de los que optimizo de un taladro de longitud de 4 pies. Mientras que en la investigación presente en la Ga 575 W: se



mejoró en avance de 1.25 a 1.65 metros/disparo, de 5 pies de longitud de taladro a 6 pies/disparo, de 43 taladros perforados a 40 taladros/disparo y mejorando el consumo de aceros, By Pass 7907 W: mejoró en avance de 1.45 a 2.18 metros/disparo, de 6 pies de longitud de taladro a 8 pies/disparo, de 42 taladros perforados a 38 taladros/disparo y mejoras en el consumo de acero. En conclusión, la reducción de taladros realizado disminuye y se optimiza los costos, dando una mejoría en el consumo de aceros de perforación.

Pero, en lo que no concuerdan el estudio de los autores referidos con el presente, es que no mencionan el desempeño de sus operaciones reflejados en la productividad, siendo un indicador clave de desempeño para poder medir la efectividad de las actividades unitarias, en esos estudio, no se encuentra esos resultados, para la Ga 575 W: la productividad anterior se tenía de 0.34 metros/hombre-guardia y en lo optimizado de 0.45 metros/hombre-guardia, con la optimización de la operación de perforación y voladura se aumentó en un 24.24% de productividad, By Pass 7907 W: la productividad anterior se tenía de 0.40 metros/hombre-guardia y en lo optimizado de 0.45 metros/hombre-guardia, con la optimización de la operación de perforación y voladura se aumentó en un 11.31% de productividad.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

6.1.1. Minera Chalhuané, Galería 575 W Sección 2.1 m x 2.4 m

- **En la Minera Chalhuané, en la Galería 575 W**, con el nuevo diseño de malla de perforación, se redujo de 43 a 40 tal/disp., en avance de 1.25 a 1.65 m/disp., de 5 a 6 pies/disp. y de un consumo de aceros de una pérdida de 0.05 aceros/disp. a una **ganancia de 0.27 aceros/disp.** según su rendimiento.
- **En la Minera Chalhuané, en la Galería 575 W**, la eficiencia de voladura se incrementó de 89% a 96% usando dinamita, factor de carga se reduce de 3.11 a 2.35 kg/ m³ en un 24.44% y en accesorios mecha rápida de 10 a 5 m/disp. **disminuyo en un 50%**, carmex de 38 a 34 und/disp. siendo la **disminución en 10.53%**.
- **En la Minera Chalhuané, en la Galería 575 W**, el costo de perforación y voladura anterior ha sido de 487.30 S/. /m de avance y con la optimización el costo es de 359.98 S/. /m de avance, el costo se ha **reducido en un 26.13%**.
- **En la Minera Chalhuané, en la Galería 575 W**, en la productividad anterior se tenía de 0.34 m/h-guardia y en lo optimizado de 0.45 m/h-guardia, con la optimización de la operación de perforación y voladura se **aumentó en un 24.24%** de productividad.

6.1.2. Minera San Juan de Arequipa, By Pass 7907 W Sección 2.1 m x 2.1 m

- **En la Minera San Juan de Arequipa, en el By Pass 7907 W**, con el nuevo diseño de malla de perforación, se redujo de 42 a 38 tal/disp., en avance de 1.45 a 2.18 m/disp., de 6 a 8 pies/disp. y de un consumo de aceros de una pérdida de 0.03 aceros/disp. a una **ganancia de 0.34 aceros/disp.** según su rendimiento.
- **En la Minera San Juan de Arequipa, en el By Pass 7907 W**, la eficiencia de voladura se incrementó de 85% a 95% usando emulnor, factor de carga se reduce de 4.95 a 4.48 kg/ m³ en un 9.49% y en accesorios **mecha rápida**



lo mismo de 10 m/disp antes y después, carmex de 37 a 33 und/disp siendo la **disminución en 10.81%**.

- **En la Minera San Juan de Arequipa, en el By Pass 7907 W**, el costo de perforación y voladura anterior ha sido de 378.62 S/. /m de avance y con la optimización el costo es de 318.75 S/. /m de avance, el costo se ha **reducido en un 15.81%**.
- **En la Minera San Juan de Arequipa, en el By Pass 7907 W**, la productividad anterior se tenía de 0.40 m/h-guardia y en lo optimizado de 0.45 m/h-guardia, con la optimización de la operación de perforación y voladura se **aumentó en un 11.31%** de productividad.

6.2. Recomendaciones

6.2.1. Minera Chaluane, Galería 575 W

- Se recomienda realizar el diseño de malla de perforación adecuada para otras labores de diferentes secciones considerando el tipo de roca, además realizar controles de la vida útil de los aceros, de manera que durante la ejecución del frente de trabajo se pueda minimizar el sobreconsumo de aceros de perforación, los cuales nos conduzcan a una buena práctica.
- Distribuir bien los explosivos y accesorios en los taladros combinando el método matemático, la experiencia, habilidad del maestro perforista y teniendo en cuenta la realidad del macizo rocoso, para que pueda haber una buena voladura y buenas eficiencias.
- Realizar el control de costos continuos en los trabajos de operaciones unitarias de perforación y voladura, además, realizar un estudio de costos constantes en sus actualizaciones.
- Se recomienda una supervisión continua, seguimiento, control, gestión, buena planificación y capacitación constante en técnicas y optimización de perforación y voladura al personal minero, para evitar fallos en el proceso de operación y así mejorar su productividad.

6.2.2. Minera San Juan de Arequipa, By Pass 7907 W

- Se recomienda hacer un seguimiento al uso correcto de las mallas de perforación y voladura que incidieron en los costos unitarios de operación mina, para tener mejor el control del consumo de aceros.
- Mejorar el control del consumo de explosivos y accesorios para cada maestro perforista que solicita una cantidad diferente según la malla que perfora, para reducir el costo en un mayor porcentaje.
- Aumentar la capacidad de aire comprimido con otra compresora según aumente las labores, así evitar el desgaste de los aceros de perforación, máquina perforadora y el aumento del consumo de agua para no generar sobrecostos de operación.
- Se recomienda tener: mano de obra especializada en el rubro, equipos en óptimas condiciones y herramientas en buen estado, para evitar errores en el proceso de operación y así ser más productivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCON Zenteno, Nicolas Dionicio. 2019.** *Optimización De Costos Mediante Reducción De Factor De Carga En Roca Mala - Rmr 30-40 Unidad San Cristóbal Compañía Minera Volcán.* Arequipa : Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 2019.
- APAZA Moscoso, Elvis Yoel. 2020.** *Mejora De La Perforación Y Voladura, Mediante El Rediseño De Malla Y Aplicación Del Corte Cilíndrico En Labores De Avance Unidad De Producción Alpacay - Minera Yanaquihua.* Arequipa - Perú : Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 2020.
- ARCOS, Valverde Daniel. 2007.** *geco.mineroartesanal.com. geco.mineroartesanal.com.* [En línea] Geco, Junio de 2007. [Citado el: 16 de Octubre de 2019.] http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=1198.
- ARIAS Rafael, Waldo. 2016.** *Minera La Soledad - Chahuane SAC: Unidades Sangre de Toro y Buenos Aires.* Arequipa : Minera La Soledad - Chahuane SAC Reporte Tecnico, 2016.
- ARIAS RAFAEL, Waldo. 2016.** *Minera La Soledad - Chahuane SAC: Unidades Sangre de Toro y Buenos Aires.* Arequipa : Minera La Soledad - Chahuane SAC Reporte Tecnico, 2016.
- ATLAS Copco Secoroc AB. 2015.** *Perforación manual y accesorios.* suecia : s.n., 2015.
- BERNAOLA Alonso, Jose, CASTILLA Gómez, Jorge y HERRERA Herbert, Juan. 2013.** *Perforación Y Voladura De Rocas En Minería.* Madrid - España : Universidad Politécnica, 2013.
- CARPIO Pizarro, Daniel. 2017.** *Control Geológico Estructural De Mineralización Y Correlación De Flujos Hidrotermales En Veta Mercedes Unidad Minera San Juan De Chorunga Condesuyos - Arequipa.* Arequipa - Perú : Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 2017.
- CAYLLAHUA, Mamani Pedro. 2018.** *Evaluación de Costos Operativos en Galerías de Exploración para Optimizar la Perforación y Voladura en la Unidad Minera las Aguilas - Ciemsa.* Puno - Perú : Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
- CHAMBI Chambi, Jimmy Remigio. 2019.** *Análisis y Optimización de las Operaciones de Perforación y Voladura para el Desarrollo de Estándares Técnicos e Incremento de Utilidades en Mina Tambomayo.* Arequipa - Perú : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
- CHIPANA Tito, Rudy Milton. 2015.** *Diseño De Perforación Y Voladura Para Reducción De Costos En El Frente De La Galeria Progreso De La Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A.* Puno - Perú : Universidad Nacional del Altiplano, 2015.



- CIEZA Montaña, Cristian Edinson y HUANCAS Tocto, Ana Milena. 2019.** *Diseño de perforación y voladura para el incremento de avance lineal de la GL 350 S – NV 2 en la Sociedad Minera los Osos, 3 de Mayo Bella Rica – Ecuador.* Chiclayo - Perú : Universidad César Vallejo, 2019.
- CONCHA Cuadros, Randal y TARIFA Huillca, Edwin. 2020.** *Reducción y Optimización de Costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C. arequipa* : Ed. Universidad Tecnológica del peru, 2020.
- DUQUE, Escobar Gonzalo. 2018.** www.bdigital.unal.edu.c. www.bdigital.unal.edu.c. [En línea] Universidad Nacional de Colombia, 2018. [Citado el: 16 de Diciembre de 2019.] <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/294/macizorocoso.pdf>.
- ENAMI. 2013.** *Guía de Operación Para la Pequeña Minería.* Chile : Servicio Nacional De Geología y Minería, 2013.
- EXSA. 2019.** *Manual Práctico De Voladura Exsa.* s.l. : 5ta Edición, 2019.
- FAMESA. 2019.** *Manual de Perforación y Voladura Famesa Explosivos.* Lima - Perú : Famesa Explosivos S.A.C., 2019.
- FERNANDEZ Tirado, Javier Angel. 2016.** *Optimización del avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la empresa especializada New Horus S.A.C - Poderosa.* Trujillo : ed. Universidad Nacional de Trujillo, 2016.
- GHA SEMI E., Sari y M., Ataei. 2012.** *Desarrollo De Un Modelo Empírico Para Predecir Los Efectos De Los Parámetros Controlables De Voladura En La Distancia De Las Rocas Volantes En Las Minas De Superficie.* Turquía : Revista Internacional de Mecánica de Rocas y Minería, 2012.
- GONZALES Hilares, Judyt Vereni. 2018.** *Reducción De Costos Operativos En Labor Carmen Nv. 3040 Mediante La Optimización De Estándares De Perforación Y Voladura Cia. Minera Poderosa S.A -2018.* Abancay - Perú : Universidad Nacional Micaela Bastidas De Apurímac, 2018.
- GUERRA, Sánchez Juan Antonio. 2015.** Gestipolis. [En línea] Concepto de Optimización de Recursos, 24 de Junio de 2015. [Citado el: 21 de Octubre de 2019.] <https://www.gestipolis.com/concepto-de-optimizacion-de-recursos/>.
- HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto. 2014.** *Metodología De La Investigación.* Mexico : 6 ED., 2014.



JAUREGUI Aquino, Oscar Alberto. 2009. *reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura.* lima : ed pontificia universidad católica del Perú, 2009.

KONYA J, Calvin y ALBARRÁN N, Enrique. 1976. *Manual de Voladura Konya.* 1976.

LARA, Baltazar Oscar Rafael. 2013. <http://repositorio.uncp.edu.pe>. <http://repositorio.uncp.edu.pe>. [En línea] Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. [Citado el: 21 de Octubre de 2019.] <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2173/Lara%20Baltazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LÓPEZ Jimeno, Carlos. 2004. *Manual de Perforacion y Voladura de Rocas.* Madrid - España : Instituto Tecnológico Geominero de España, 2004.

LOZANO, Fernandez Manuel. 2012. es.slideshare.net. es.slideshare.net. [En línea] slideshare, 5 de Junio de 2012. [Citado el: 19 de Octubre de 2019.] <https://es.slideshare.net/georgesar7/perforacin-en-mineria>.

MAMANI Neyra, Irving Rony. 2016. *análisis y optimización de costos de perforación y voladura en la construcción de canal san antonio de miña.* puno : ed. universidad nacional del altiplano, 2016.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. 2015. *Glosario Técnico Minero.* Bogotá - Colombia : Ministerio de Energía y Minas, 2015.

MORALES, Curo Kiosse. 2019. [bitstream/handle/UNCP. bitstream/handle/UNCP](http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/4942/T010_72409957_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [En línea] Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. [Citado el: 15 de Octubre de 2019.] http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/4942/T010_72409957_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MUSIC Garrido, Andres Alejandro. 2007. *diagnostico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, mna el teniente.* santiago de chile : s.n., 2007.

OCAMPO, Rosillo Kevin Alejandro. 2018. dspace.unitru.edu.pe. dspace.unitru.edu.pe. [En línea] Ed. Universidad Nacional de Trujillo, 2018. [Citado el: 11 de Octubre de 2019.] <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11035/Ocampo%20Rosillo%2c%20Kevin%20Alexandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OSEDA Gago, Dulio. 2008. *Metodología De La Investigación.* Perú : PIRAMIDE, 2008.

OTRILLA Aguirre, Gofrey y ROMERO Chavez, José David. 2018. *Mejora En Los Parámetros De Perforación Y Voladura Para Optimizar Costos Operacionales En La Compañía Minera Santa Luisa S.A. - Unidad Pallca.* Cajamarca - Perú : Universidad Privada Del Norte, 2018.



PAEZ. 2018. www.monografias.com. *www.monografias.com*. [En línea] 2018. [Citado el: 17 de Diciembre de 2019.] <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/mecanica-rocas-ingenieria-minas/mecanica-rocas-ingenieria-minas.shtml>.

PERNIA Llera, José María, y otros. 1987. *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid : Instituto geologico y minero de españa, 1987.

PONCE Ramirez, Fredy River. 2014. *Gestión de Costos de Perforación y Voladura en el Sector Minero*. Lima - Perú : Instituto de Capacitación Minera Dirección Nacional, 2014.

QUISPE Centeno, Nestor. 2019. *diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la unidad minera chalhuane*. arequipa : ed. universidad nacional san agustin de arequipa, 2019.

QUISPE Galvan, Ciro. 2014. *Valorizacion de Minas*. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.

SAAVEDRA Bustamante, Yrvin Jhoel. 2018. *Sistema De Ventilación, Usando El Software Ventsim En La Compañia Minera Chalhuane, Camana, Arequipa*. Huaraz - Perú : Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, 2018.

SIERRA Bravo, Restituto. 2002. *Técnicas De Investigación Social*. Madrid - España : Paraninfo SA, 2002.

SUAREZ, Diaz Jaime. 2013. www.academia.edu. *www.academia.edu*. [En línea] UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, 2013. [Citado el: 15 de Diciembre de 2019.] https://www.academia.edu/4639146/CLASIFICACION_DE_MACIZO_ROCOSO.

TARIFA Huillca, Edwin; CONCHA Cuadros, Randal. 2020. *Reducción Y Optimización De Costos De Perforación Y Voladura Implementando Barrenos De 16 Pies Para Labores De Desarrollo En La U. O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C*. Arequipa - Perú : Universidad Tecnológica Del Perú, 2020.

Tecnología y Seguridad Minera. 1994. *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. 2da edición. Madrid - España : Instituto Tecnológico Geominero de España, 1994. 1.

UMAÑA, Tancaillo Edgard Isidro. 2014. bibliotecas.unsa.edu.pe. *bibliotecas.unsa.edu.pe*. [En línea] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2014. [Citado el: 11 de Octubre de 2019.] <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3940/MIumtaei095.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

UMASI Carlos, Wilson. 2013. *Estudio de comparación entre rendimientos en brocas de 12 1/4" en yacimientos skarn a tajo abierto para selección óptima*. arequipa : ed. universidad nacional san agustin de arequipa, 2013.



UMCMPSAC. 2018. *Plan De Minado Subterráneo En Mina San Juan De Arequipa 2018.*
Arequipa - Perú : s.n., 2018.

VILLACRÉS Garcés, Roberto Dario. 2016. *optimización de costos al sistema de explotación subterranea en la veta kathy de la empresa produmin s.a.* quito : s.n., 2016.



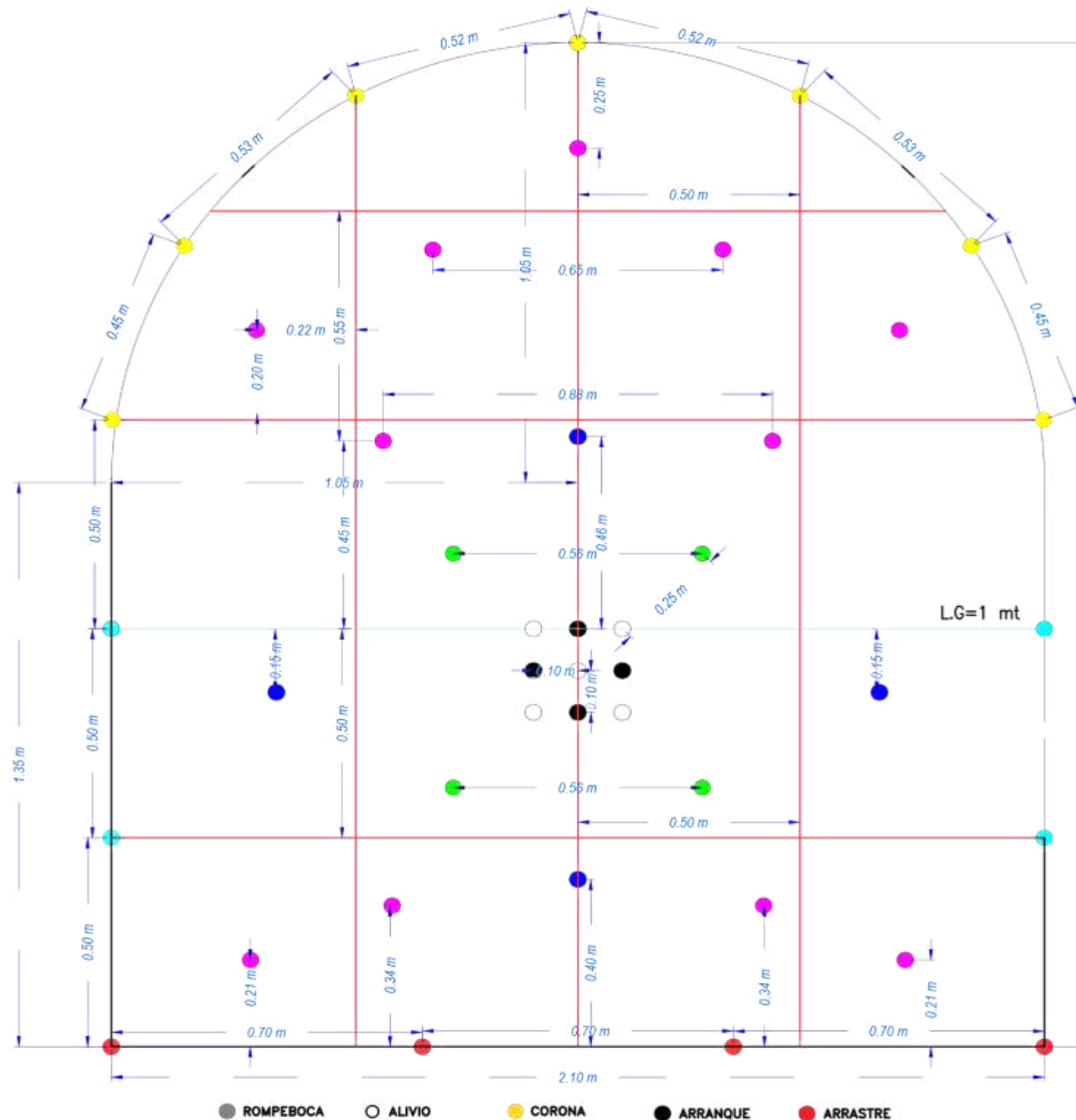
ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA TITULO: "OPTIMIZACIÓN DE LA MALLA DE PERFORACIÓN Y LA VOLADURA PARA REDUCIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LAS UNIDADES MINERAS SAN

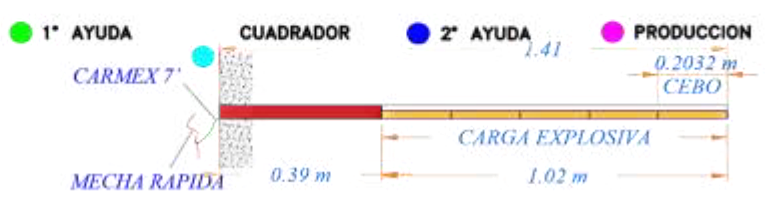
JUAN DE AREQUIPA – CHALHUANE DE LA EMPRESA ADGEMINCO - 2019"

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>GENERAL ¿Cómo se optimizará la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019?</p> <p>ESPECÍFICOS PE(1): ¿De qué manera se optimizará el consumo de los aceros de perforación en las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019? PE(2): ¿En qué medida se optimizará el consumo de explosivos y accesorios en las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019? PE(3) ¿Cómo se reducirán los costos de operación con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019? PE(4): ¿Cómo se determinará el desempeño de operaciones con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019?</p>	<p>GENERAL Determinar la optimización de la malla de perforación y la voladura para reducir de los costos de operación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. ESPECÍFICOS OE(1): Determinar la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de los aceros de perforación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. OE(2): Determinar la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de explosivos y accesorios de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. OE(3): Determinar la reducción de costos de operación optimizando la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. OE(4): Determinar el desempeño de operaciones unitarias con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras san Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019.</p>	<p>GENERAL Existiría una relación significativa de la optimización de la malla de perforación y la voladura para reducir los costos de operación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. ESPECÍFICA HE(1): Existiría una relación significativa de la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de los aceros de perforación de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. HE(2): Existiría una relación significativa de la optimización de la malla de perforación y la voladura para el consumo de explosivos y accesorios de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. HE(3): Se reducirá los costos de operación con la optimización de la malla de perforación y la voladura en las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019. HE(4): Existiría una relación significativa del desempeño de operaciones unitarias con la optimización de la malla de perforación y la voladura de las Unidades Mineras San Juan de Arequipa - Chalhuane de la empresa Adgeminco – 2019.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X): Malla de Perforación y la Voladura.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y): Costos de operación.</p>	<p>DIMENSIÓN (1) PERFORACIÓN. Indicadores: 1.- Numero de taladros perforados 2.- Burden 3.- Espaciamiento 4.- Vida útil de los aceros 5.- Metros/Taladro</p> <p>DIMENSIÓN (2) VOLADURA Indicadores: 6.- Numero de Taladros disparados 7.- Explosivo 8.- Accesorios 9.- Kg/m3 10.- Metros/disparo</p> <p>DIMENSIÓN (1) COSTOS Indicadores: 11.- Costo/Pie Perforado 12.- Costo/Disparo</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicativo NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: Experimental POBLACIÓN: Century Mining Perú SAC y Minera Chalhuane. MUESTRA: Bp-7907 W y GA 575 W. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DATOS: Libros, seguimiento en labor, materiales de escritorio, planos. INSTRUMENTO: Reporte de operaciones, informes, cuadros de resumen y estadísticos. ESTADÍSTICO: Data de reporte de operación, resumen de kpis</p>

MALLA DE PERFORACIÓN ANTERIOR DE LA GA 575 W SECCIÓN 2.1 mts X 2.4 mts UM. CHALHUANE



● ROMPEBOCA ○ ALIVIO ● CORONA ● ARRANQUE ● ARRASTRE



PARAMETROS TECNICOS		
TIPO DE ROCA	III - A	media
ANCHO	2.1	mts
ALTURA	2.4	mts
TIPO DE MATERIAL	Desmante	
DENSIDAD	2.7	TM/m3
FACTOR DE SECCIÓN	0.906	%
AREA DE SECCIÓN	4.57	M2
DIAMETRO DEL TALADRO	38	mm

PERFORACION		
N° TALADROS CARGADOS	38	tal
N° TALADROS DE ALIVIO	5	tal
N° DE TALADROS TOTALES	43	tal
LONGITUD BARRENO 5 pies	1.52	mts
TIEMPO DE PERFORACIÓN	2h 50 min	horas
LONGITUD DEL TALADRO IN-SITU	1.41	m / taladro
EFICIENCIA DE PERFORACIÓN	0.93	%
METROS PERFORADOS	60.63	mts
PIES PERFORADOS	198.92	pies

VOLADURA		
N° TALADROS CARGADOS	38	tal
LONGITUD DEL TALADRO	1.41	mts
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.89	%
AVANCE POR DISPARO IN-SITU	1.25	m /disparo
VOLUMEN	5.71	M3
TONELAJE	15.41	TM

INDICADORES		
EFICIENCIA DE PERFORACIÓN	0.93	%
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.89	%
VELOCIDAD MEDIA PERFORACIÓN	1.17	pies/minuto
FACTOR DE CARGA	3.11	Kg / M3
FACTOR DE POTENCIA	1.15	Kg / TM
METROS/HOMBRE-GUARDIA	0.34	mts/hg

CARACTERISTICAS DEL EXPLOSIVO		
Descripcion	cart/caja	kg/cart
EXADIT AL 45%	328	0.076
SEMEXA AL 65%	320	0.078
SEMEXA AL 80%	292	0.086

CARACTERISTICAS DE LOS ACCESORIOS		
Descripcion	cant/caja	und
CÁRMEX	300	und
MECHA RAPIDA	150	mts

Distribucion de taladros	N° Taladros		Cantidad de explosivo			Accesorios		Peso (kg)
	cargados	vacios	Exadit al 45%	Semexa al 65%	Semexa al 80%	Carmex	M. Rapida	
ARRANQUE	4	5	0	12	16	4	10	2.31
1° AY. DE ARRANQUE	4		0	12	16	4		2.31
2° AY. DE ARRANQUE	4		0	12	12	4		1.96
TALADROS PRODUCCIÓN	11		0	33	22	11		4.46
CUADRADORES	4		0	16	4	4		1.59
CORONA	7		0	28	7	7		2.79
ARRASTRE	4		0	12	16	4		2.31
SUB-TOTAL	38	5	0	125	93	38	10	
TOTAL	43			218		38	10.00	17.73
KILOGRAMOS			0.00	9.77	7.96			
PRECIO (soles)			8.15	12.95	14.66	2.24	1.17	
COSTO (soles / disparo)			0.00	126.46	116.73	85.12	11.70	S/. 340.01
			Factor de carga (kg/m3)	3.11				
			Factor de carga lineal (kg/mts)	14.18				

PERSONAL	
Descripcion	Incidencia
MAESTRO PERF.	1.22
AYUDANTE PERF.	1.22
AYUDANTE PERF.	1.22
TOTAL	3.66



UM. Chalhuanco
Fecha : octubre 2019

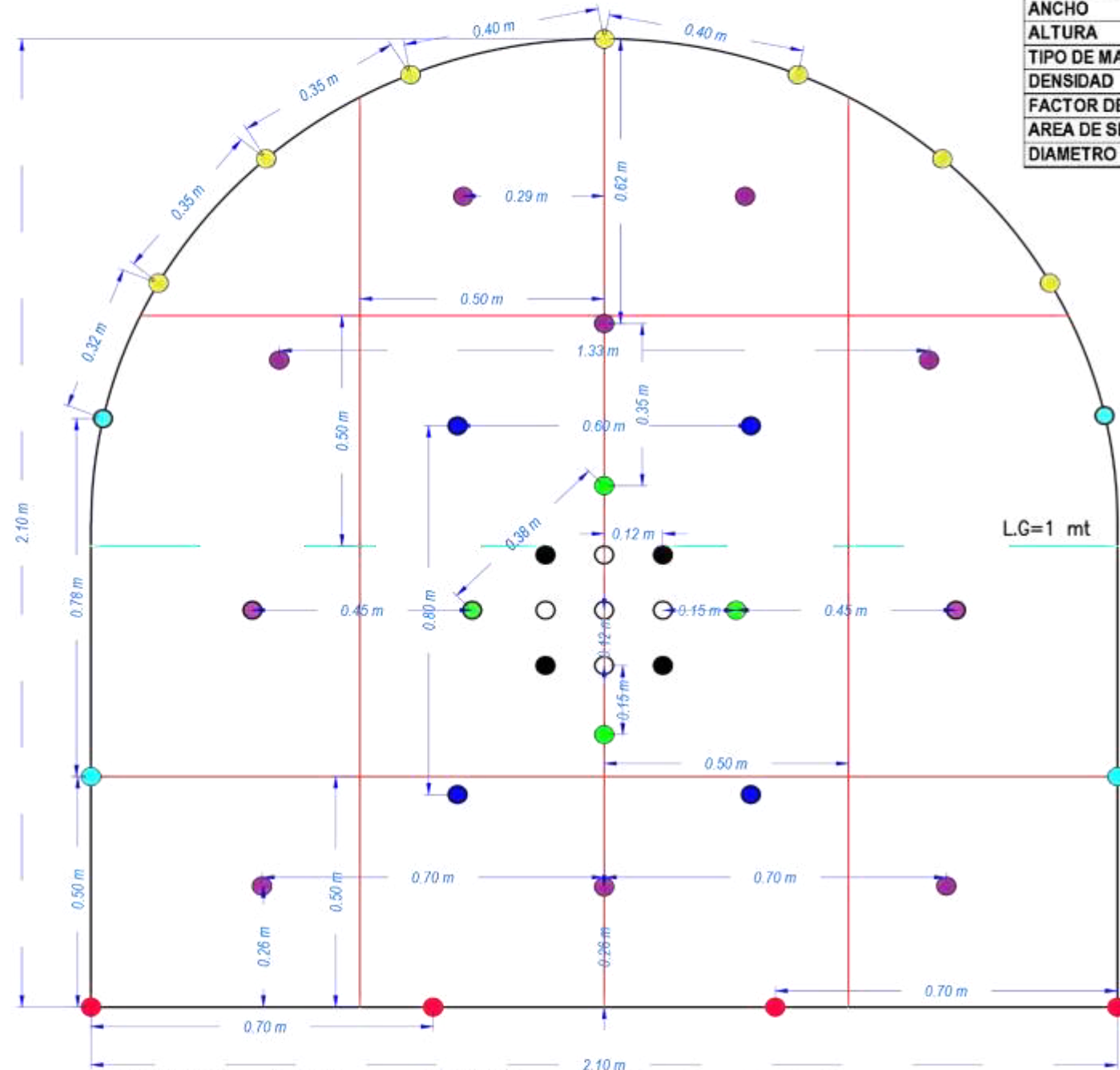
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS
MALLA DE PERFORACIÓN ANTERIOR GA 575 W

Diseño : Bach. Jhon Delgado Cruz - Bach. Jaime W. Ortiz López

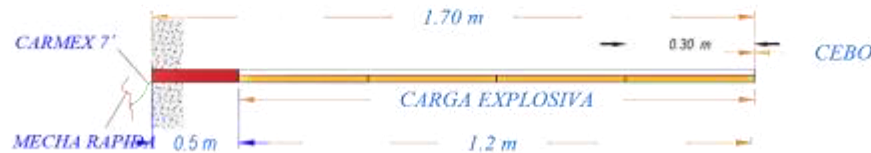


Contrata
Adgemino
Escala : 1/12

MALLA DE PERFORACIÓN ANTERIOR DEL BP 7907 W SECCIÓN 2.1 mts X 2.1 mts UM. SAN JUAN AREQUIPA



- ROMPEBOCA
- ALIVIO
- CORONA
- ARRANQUE
- ARRASTRE
- 1° AYUDA
- CUADRADOR
- 2° AYUDA
- PRODUCCION



PARAMETROS TECNICOS		
TIPO DE ROCA	III-IV	media
ANCHO	2.1	mts
ALTURA	2.1	mts
TIPO DE MATERIAL	Desmante	
DENSIDAD	2.7	TM/m3
FACTOR DE SECCIÓN	0.893	%
AREA DE SECCIÓN	3.94	M2
DIAMETRO DEL TALADRO	36	mm

PERFORACION		
N° TALADROS CARGADOS	37	tal
N° TALADROS DE ALIVIO	5	tal
N° DE TALADROS TOTALES	42	tal
LONGITUD BARRENO 6 pies	1.83	mts
TIEMPO DE PERFORACIÓN	2 h 40 min	horas
LONGITUD DEL TALADRO IN-SITU	1.7	m / taladro
EFICIENCIA DE PERFORACIÓN	0.93	%
METROS PERFORADOS	71.4	mts
PIES PERFORADOS	234.25	pies

VOLADURA		
N° TALADROS CARGADOS	37	tal
LONGITUD DEL TALADRO	1.7	mts
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.85	%
AVANCE POR DISPARO IN-SITU	1.45	m / disparo
VOLUMEN	5.71	M3
TONELAJE	15.41	TM

INDICADORES		
EFICIENCIA DE PERFORACIÓN	0.93	%
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.85	%
VELOCIDAD MEDIA PERFORACIÓN	1.46	pies/minuto
FACTOR DE CARGA	4.95	Kg / M3
FACTOR DE POTENCIA	1.83	Kg / TM
METROS/HOMBRE-GUARDIA	0.40	mts/hg

CARACTERISTICAS DEL EXPLOSIVO		
Descripcion	cart/caja	kg/cart
EMULNOR 1000	150	0.167
EMULNOR 3000	144	0.174
EMULNOR 5000	216	0.116

CARACTERISTICAS DE LOS ACCESORIOS		
Descripcion	cant	und
CARMEX	300	und
MECHA RAPIDA	150	mts

Distribucion de taladros	N° Taladros		Cantidad de explosivo			Accesorios		Peso (kg)
	cargados	vacios	emulnor 1000	emulnor 3000	emulnor 5000	Carmex	M. Rapida	
ARRANQUE	4	5	0	20		4	10	3.47
1° AY. DE ARRANQUE	4		0	20		4		3.47
2° AY. DE ARRANQUE	4		0	20		4		3.47
TALADROS PRODUCCIÓN	10		10	30		10		6.88
CUADRADORES	4		4	12		4		2.75
CORONA	7		14	14		7		4.76
ARRASTRE	4		0	20		4		3.47
SUB-TOTAL	37	5	28	138	0	37	10	28.28
TOTAL	42			164		37	10.00	28.28
KILOGRAMOS			4.87	23.61	0			
PRECIO (soles)			5.14	6.29	7.29	1.79	1.37	
COSTO (soles / disparo)			23.99	148.51	0.00	66.23	13.70	S/. 252.43
			Factor de carga (kg/m3)	4.95				
			Factor de carga lineal (kg/mts)	19.50				

PERSONAL	
Descripcion	Incidencia
MAESTRO PERF.	1.22
AYUDANTE PERF.	1.22
AYUDANTE PERF.	1.22
TOTAL	3.66



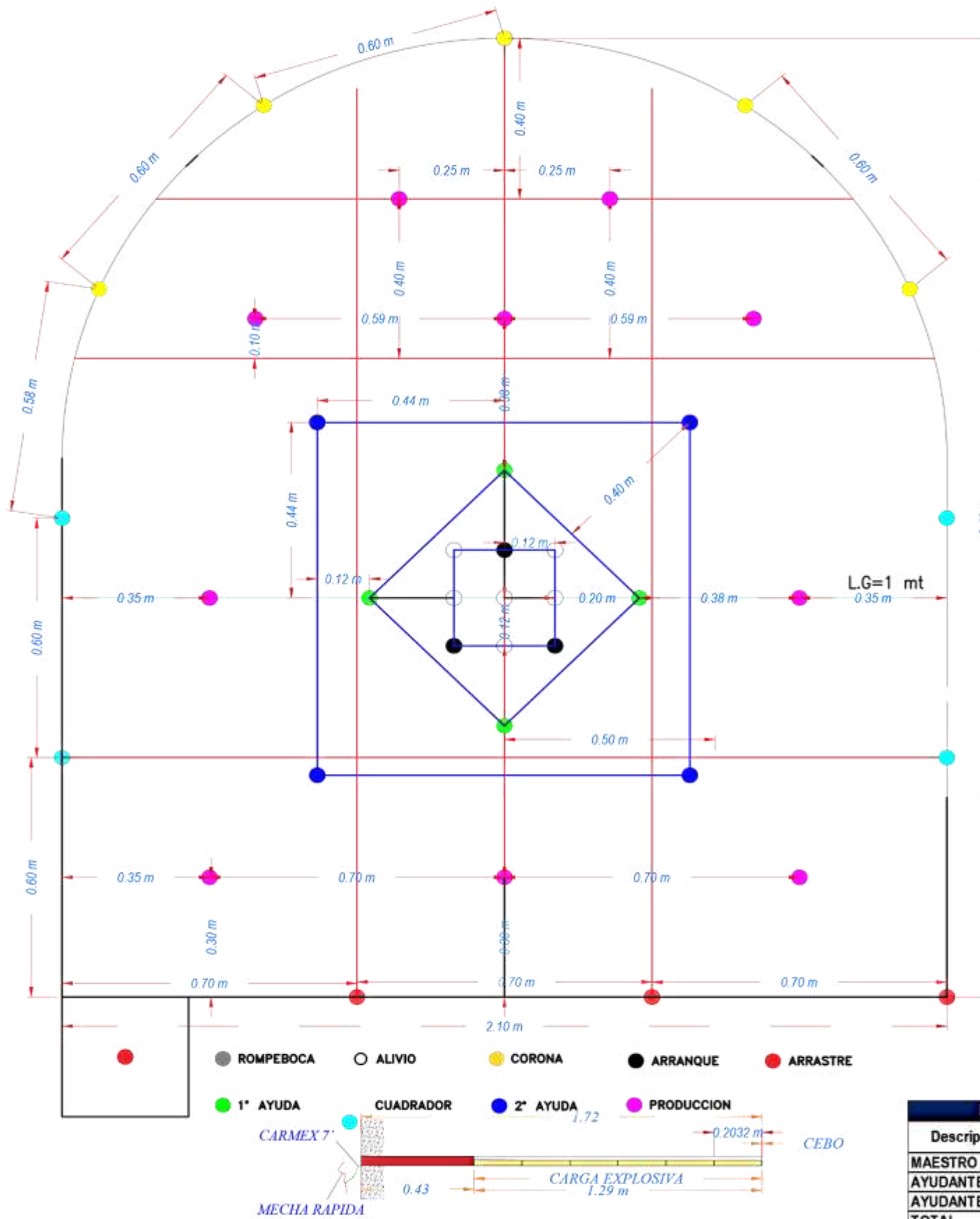
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS
MALLA DE PERFORACIÓN ANTERIOR BP 7907 W



Diseño : Bach. Jhon Delgado Cruz - Bach. Jaime W. Ortiz López

Escala : 1/12

MALLA DE PERFORACIÓN OPTIMIZADO DE LA GA 575 W SECCIÓN 2.1 mts X 2.4 mts UM. CHALHUANE



PARAMETROS TECNICOS		
TIPO DE ROCA	III - A	Media
ANCHO	2.1	mts
ALTURA	2.4	mts
TIPO DE MATERIAL	Desmonte	
DENSIDAD	2.7	TM/m3
FACTOR DE SECCIÓN	0.906	%
AREA DE SECCIÓN	4.57	M2
DIAMETRO DEL TALADRO	38	mm

PERFORACION		
N° TALADROS CARGADOS	34	tal
N° TALADROS DE ALIVIO	6	tal
N° DE TALADROS TOTALES	40	tal
LONGITUD BARRENO 6 pies	1.83	mts
TIEMPO DE PERFORACIÓN	3h 20 min	horas
LONGITUD DEL TALADRO IN-SITU	1.72	m / taladro
EFICIENCIA DE PERFORACIÓN	0.94	%
METROS PERFORADOS	88.8	mts
PIES PERFORADOS	225.72	pies

VOLADURA		
N° TALADROS CARGADOS	34	tal
LONGITUD DEL TALADRO	1.72	mts
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.96	%
AVANCE POR DISPARO IN-SITU	1.65	m /disparo
VOLUMEN	7.54	M3
TONELAJE	20.34	TM

INDICADORES		
EFICIENCIA DE PERFORACIÓN	0.94	%
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.96	%
VELOCIDAD MEDIA PERFORACIÓN	1.13	pies/minuto
FACTOR DE CARGA	2.35	Kg / M3
METROS/HOMBRE-GUARDIA	0.45	mts/hg
FACTOR DE POTENCIA	0.87	kg / TM

CARACTERISTICAS DEL EXPLOSIVO		
Descripcion	Cart/caja	kg/cart
EXADIT AL 45%	328	0.0762
SEMEXA AL 65%	320	0.0781
SEMEXA AL 80%	292	0.0856

CARACTERISTICAS DE LOS ACCESORIOS		
Descripcion	Cant/caja	und
CÁRMEX	300	und
MECHA RAPIDA	150	mts

Distribucion de taladros	N° Taladros		Cantidad de explosivo			Accesorios		Peso (kg)
	cargados	vacios	Exadit al 45%	Semexa al 65%	Semexa al 80%	Carmex	M. Rapida	
ARRANQUE	3	6	0	6	21	3	5	2.27
1° AY. DE ARRANQUE	4		0	16	12	4		2.28
2° AY. DE ARRANQUE	4		0	20	4	4		1.90
TALADROS PRODUCCIÓN	10		0	50	10	10		4.76
CUADRADORES	4		0	20	4	4		1.90
CORONA	5		10	20	0	5		2.32
ARRASTRE	4		0	20	8	4		2.25
SUB-TOTAL	34	6	10	152	59	34	5	
TOTAL		40		221		34	5.00	17.69
KILOGRAMOS			0.76	11.88	5.05			
PRECIO (soles)			8.15	12.95	14.66	2.24	1.17	
COSTO (soles / disparo)			6.21	153.78	74.05	76.16	5.85	316.06

Factor de carga (kg/m3) 2.35
Factor de carga lineal (kg/mts) 10.72

PERSONAL	
Descripcion	Incidencia
MAESTRO PERF.	1.22
AYUDANTE PERF.	1.22
AYUDANTE PERF.	1.22
TOTAL	3.66



UM, Chalhuane
Arequipa

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS
MALLA DE PERFORACIÓN OPTIMIZADO GA 575 W

Diseño : Bach. Jhon Delgado Cruz - Bach. Jaime W. Ortiz López

Fecha: Setiembre 2021

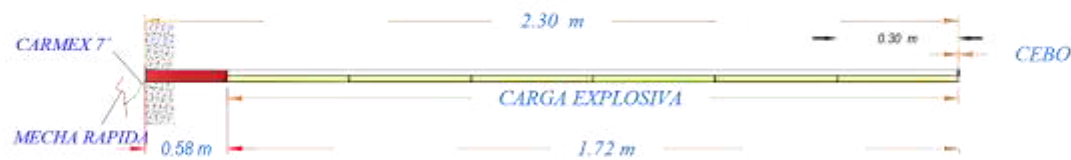
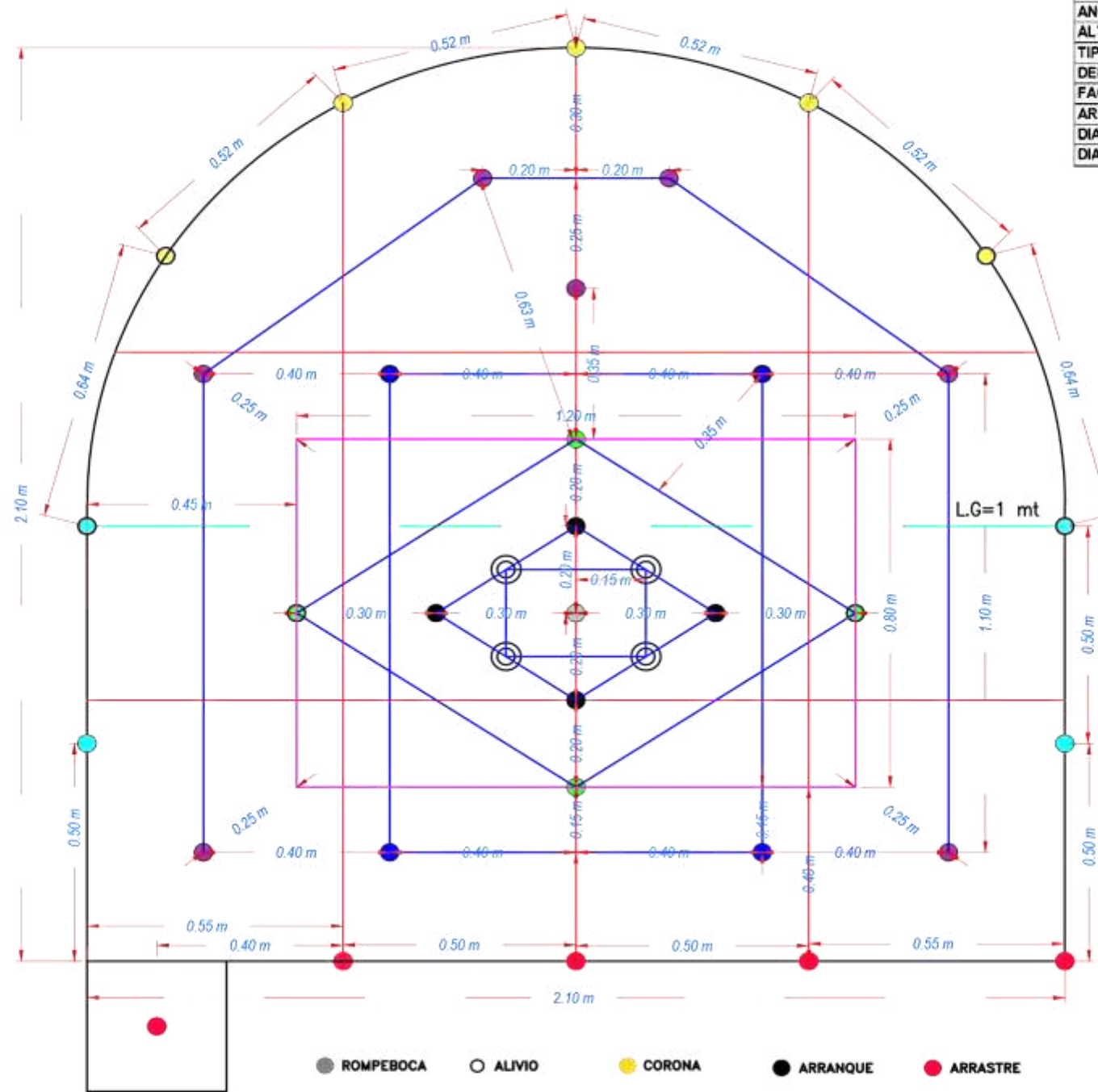
Revisado : Ing. Darwin D. Loayza E. - Ing. Jose A. Cárdenas C.
Ing. Hilarrio Carrasco Kolque



Contrata
Adgemimco

Escala : 1/12

MALLA DE PERFORACIÓN OPTIMIZADA DEL BP 7907 W SECCIÓN 2.1 mts X 2.1 mts UM. SAN JUAN AREQUIPA



PARAMETROS TECNICOS		
TIPO DE ROCA	III-IV	media
ANCHO	2.1	mts
ALTURA	2.1	mts
TIPO DE MATERIAL	Desmonte	
DENSIDAD	2.7	TM/m3
FACTOR DE SECCIÓN	0.893	%
AREA DE SECCIÓN	3.94	M2
DIAMETRO DEL TALADRO RIMADO	64	mm
DIAMETRO DEL TALADRO	38	mm

PERFORACION		
N° TALADROS CARGADOS	33	tal
N° TALADROS DE ALIVIO	5	tal
N° DE TALADROS TOTALES	38	tal
LONGITUD BARRENO 8 pies	2.44	mts
TIEMPO DE PERFORACION	3 h 50 min	horas
LONGITUD DEL TALADRO IN-SITU	2.3	m / taladro
EFICIENCIA DE PERFORACION	0.94	%
METROS PERFORADOS	87.4	mts
PIES PERFORADOS	286.75	pies

VOLADURA		
N° TALADROS CARGADOS	33	tal
LONGITUD DEL TALADRO	2.3	mts
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.95	%
AVANCE POR DISPARO IN-SITU	2.18	m /disparo
VOLUMEN	8.58	M3
TONELAJE	23.17	TM

INDICADORES		
EFICIENCIA DE PERFORACION	0.94	%
EFICIENCIA DE VOLADURA	0.95	%
VELOCIDAD MEDIA PERFORACION	1.25	pies/minuto
FACTOR DE CARGA	4.48	Kg / M3
METROS/HOMBRE-GUARDIA	0.45	mts/hg

CARACTERISTICAS DEL EXPLOSIVO		
Descripcion	cart/caja	kg/cart
EMULNOR 1000	150	0.167
EMULNOR 3000	144	0.174
EMULNOR 5000	216	0.116

CARACTERISTICAS DE LOS ACCESORIOS		
Descripcion	cant	und
CARMEX	300	und
MECHA RAPIDA	150	mts

Distribucion de taladros	N° Taladros		Cantidad de explosivo			Accesorios		Paso (kg)
	cargados	vacios	emulnor 1000	emulnor 3000	emulnor 5000	Carmex	M Rapida	
ARRANQUE	4	5	0	28	0	4	10	4.86
1° AY. DE ARRANQUE	4	0	0	28	0	4	0	4.86
2° AY. DE ARRANQUE	4	0	0	28	0	4	0	4.86
TALADROS PRODUCCION	7	0	0	49	0	7	0	8.51
CUADRADORES	4	4	4	20	0	4	0	4.14
CORONA	5	0	15	15	0	5	0	5.10
ARRASTRE	5	0	0	35	0	5	0	6.08
SUB-TOTAL	33	5	19	203	0	33	10	38.41
TOTAL	38	5	19	222	0	33	10.00	38.41
KILOGRAMOS			3.17	35.24	0			
PRECIO (soles)			5.14	6.29	7.29	1.79	1.37	
COSTO (soles / disparo)			16.28	221.68	0.00	59.07	13.70	S/. 310.73
			Factor de carga (kg/m3)	4.48				
			Factor de carga lineal (kg/mts)	17.62				

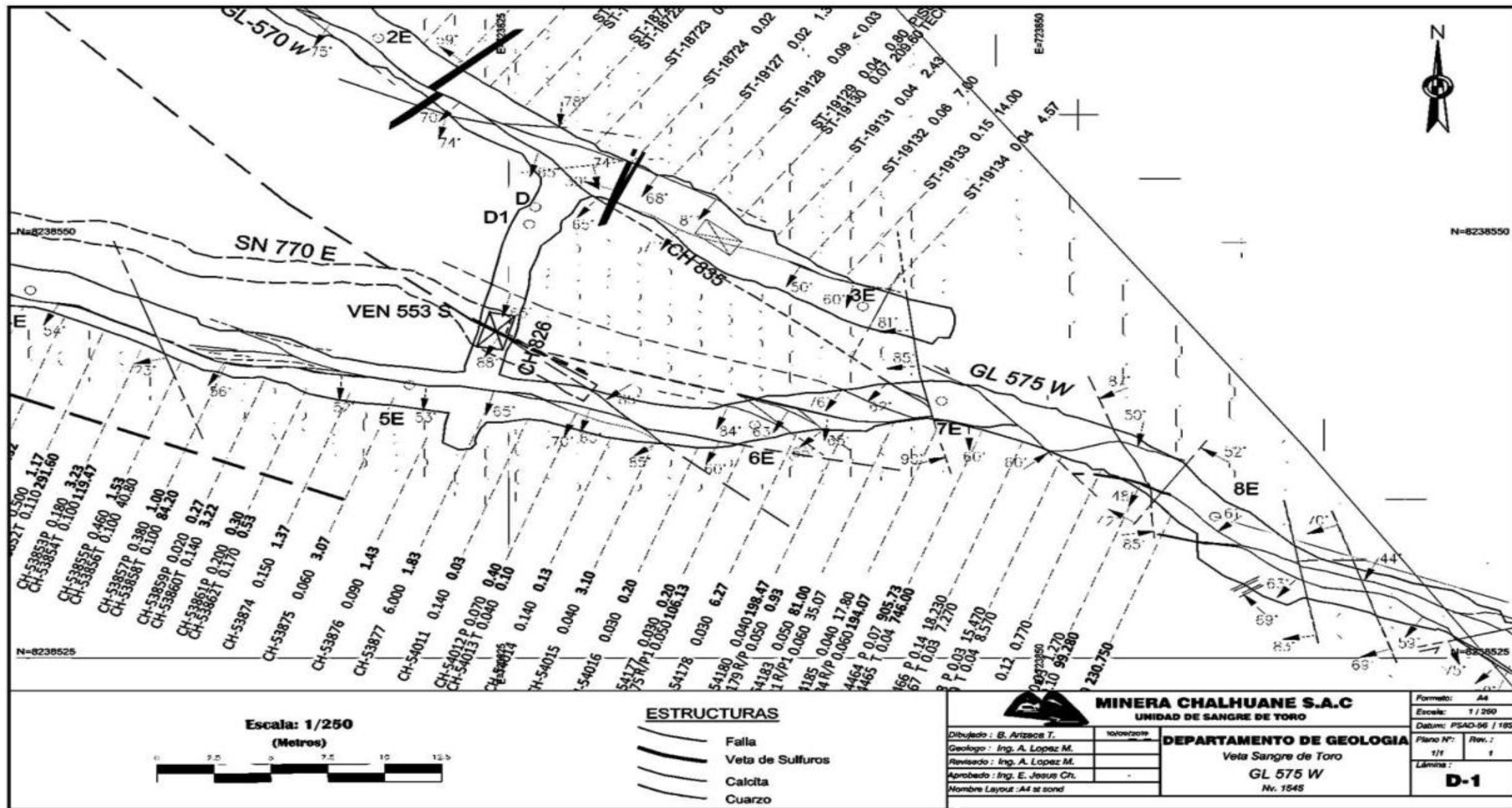
PERSONAL	
Descripcion	Incidencia
MAESTRO PERF.	1.22
MAESTRO PERF.	1.22
AYUDANTE	1.22
AYUDANTE	1.22
TOTAL	4.88

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS
 MALLA DE PERFORACIÓN OPTIMIZADO BP 7907 W

Uta, San Juan Arequipa
 Fecha: Setiembre 2021

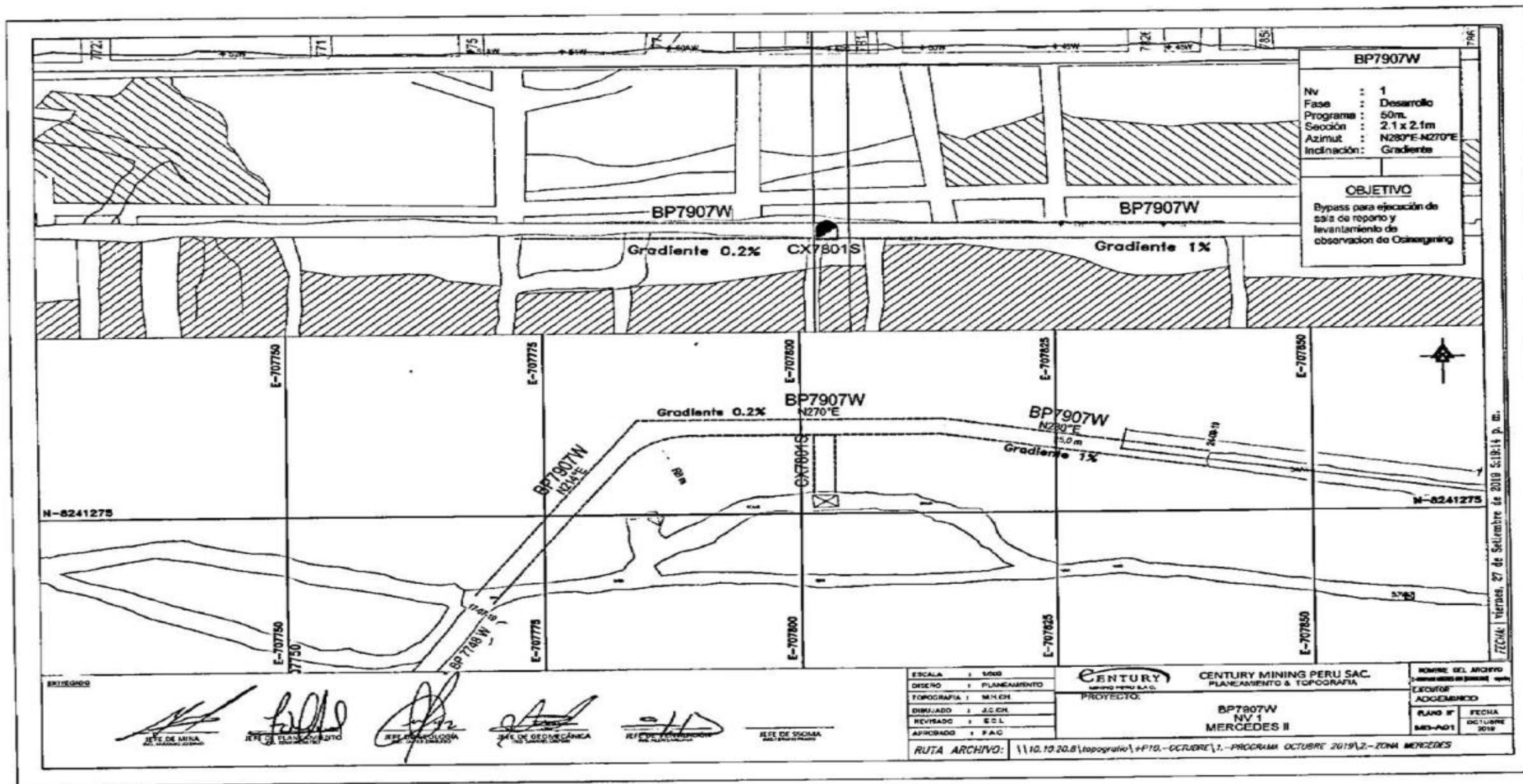
Diseño : Bach. Jhon Delgado Cruz - Bach. Jaime W. Ortiz López
 Revisado : Ing. Darwin D. Loayza E. - Ing. Jose A. Cárdenas C.
 : Ing. Hilario Carrasco Kolque

Contra Adgeminco
 Escala : 1/18



Plano 6 — Plano de Ga 575 W nv 1545 zona sangre toro UM chaluane

Fuente: Compañía minera Chaluane.



Plano 7 — Plano BP 7907 W nv 1 zona mercedes UM San Juan Arequipa

Fuente: Compañía minera San Juan de

TABLA GSI		CONDICIONES	
	FRACATURADA (F) MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (6 A 11 FRACATURAS) (RCU 75-90%)	F/B	BUENA (RCU 100 - 250 Mpa) (B) MUY RESISTENTE, LIGERAMENTE ALTERADO LA MUESTRA SE ROMPE CON MAS DE 3 GOLPES DE PICOTA O BARRETILLA DE PUNTA DE 4 PIES
	MUY FRACATURADA (MF) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (12 A 20 FRACATURAS) (RCU 50-75%)	M/B (3A)	REGULAR (RCU 50 - 100 Mpa) (R) RESISTENTE, MODERADAMENTE ALTERADO LA MUESTRA REQUIERE DE 2 A 3 GOLPES CON LA PICOTA O BARRETILLA DE PUNTA DE 4 PIES PARA FRACTURARLO
	INTENSAMENTE FRACATURADA (IF) AFECTADO POR FALLAS Y POR LA INTERSECCION DE RECTAS FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES MATRIZ ROCOSA MUY PERTURBADA (MAS DE 20 FRACATURAS) (RCU 35-50%)	I/B (3B) (4A)	POBRE (RCU 25 - 50 Mpa) (P) BLANDA, ALTERADO; LA MUESTRA PUEDE SER FRACTURADO CON UN SIMPLE GOLPE DE PICOTA O BARRETILLA DE PUNTA DE 4 PIES
	TRITURADA O BRECHADA (T) MASA ROCOSA TRITURADA, ASOCIADO A FRAGMENTOS ANGULOSOS Y RE-DONDEADOS. MATRIZ ROCOSA DESINTEGRADA. (RCU 0-25%)	T/B (5) (5)	MUY POBRE (RCU 0 - 25 Mpa) (MP) MUY BLANDA, MUY ALTERADO, LA PUNTA DE LA PICOTA O DE LA BARRETILLA DE 4 PIES SE HUNDE O LA MUESTRA SE DESMORONA CON UN GOLPE FIRME
FACTORES INFLUYENTES			
Presencia de Agua de Infiltración. Orientación desfavorable de las fracturas. Presencia de fallas y estructuras mayores. Presencia de Deformaciones. Demoras en la instalación del sostenimiento			
ESTRUCTURA			
TIPO DE SOSTENIMIENTO SIN FACTORES INFLUYENTES			
GSI DEL MACIZO ROCOSO			
TIPO DE SOSTENIMIENTO CON FACTORES INFLUYENTES			

SOSTENIMIENTO RECOMENDADO POR TIPO DE EXCAVACION		
TIPO DE REFUERZO	LABORES PERMANENTES (RAMPAS, CRUCEROS Y GALERIAS PRINCIPALES)	LABORES TEMPORALES (VENTANAS, SUB NIVELES, TAJOS, ACCESO A TAJOS)
(2)	Sostenimiento sistematico con Pernos Helicoidales o Split sets de 7 pies de longitud espaciados a 1.80 mts, distribucion cuadrada.	Sostenimiento puntual con Split sets de 7, 5, 4 o 3 pies de longitud, bajo indicacion geomecanica.
(3A)	Sostenimiento sistematico con malla electrosoldada y pernos helicoidales o split sets de 7 pies de longitud espaciados a 1.20 m distribucion rombica. Refuerzo con shotcrete por indicacion geomecanica.	Sostenimiento sistematico pernos split set de 7, 5, 4 o 3 pies de longitud espaciados a 1.20 m distribucion cuadrada. Instalacion de malla electrosoldada por indicacion geomecanica.
(3B)	Sostenimiento con shotcrete con fibra, de 2" de espesor y pernos helicoidales o Hydrabolt de 7 pies de longitud, espaciados a 1.50 m distribucion cuadrada.	Sostenimiento sistematico con malla electrosoldada y pernos split set de 7, 5, 4 o 3 pies de longitud espaciados a 1.20 m distribucion rombica. Refuerzo con shotcrete por indicacion de geomecanica.
(4A)	Sostenimiento con shotcrete con fibra, de 3" de espesor y pernos hydrabolt de 7 pies de longitud, espaciados a 1.20 mts distribucion cuadrada.	Sostenimiento con shotcrete con fibra, de 2" de espesor y pernos split set de 7, 5, 4 o 3 pies de longitud espaciados a 1.20 m distribucion cuadrada.
(4B)	Sostenimiento con shotcrete con fibra, de 3" de espesor como refuerzo inicial, malla electrosoldada con hydrabolt de 7 pies de longitud espaciados a 1.20 mts distribucion rombica, shotcrete de 2" sin fibra sobre malla como refuerzo final.	Sostenimiento con shotcrete con fibra, de 3" de espesor y pernos split set de 7, 5, 4 o 3 pies de longitud espaciados a 1.20 m distribucion cuadrada.
(5)	Sostenimiento con shotcrete con fibra, de 4" de espesor como refuerzo inicial. Instalacion de Cimbras de viga H tipo 6W20 o arcos noruegos de viga trapezoidal espaciados de acuerdo a indicacion geomecanica.	Sostenimiento con shotcrete con fibra, de 3" de espesor como refuerzo inicial, malla electrosoldada con split set de 7, 5, 4 o 3 pies de longitud espaciados a 1.20 mts distribucion rombica, shotcrete de 2" sin fibra sobre malla como refuerzo final.

--	--	--

Figura 44 — Tabla Geomecanica utilizado en UM san juan Arequipa y UM Chalhuan



Tabla 29 — Mano de obra personal Ga 575 W (Anexo 06)

Mano de obra sistema 20x10		
Personal guardia día	Sueldo	Medida
Maestro perforista	1800.00	S./mes
Ayudante perforista	1650.00	S./mes
Ayudante perforista	1650.00	S./mes
Personal guardia noche	Sueldo	Medida
Maestro perforista	1800.00	S./mes
Ayudante perforista	1650.00	S./mes
Ayudante perforista	1650.00	S./mes
Personal guardia intermedio	Sueldo	Medida
Maestro perforista	1800.00	S./mes
Ayudante perforista	1650.00	S./mes
Ayudante perforista	1650.00	S./mes
total	15300.00	

Tabla 30 — Costo de mano de obra por metro lineal Ga 575 W (anexo 07)

Costo de mano de obra por metro		
Datos	Valor	Medida
Tiempo promedio perforación	1.13	Pies/min.
Horas de trabajo	9.45	Hr/Grdia.
Pies perforados por disparo	225.60	Pies/disp.
Guardias por mes	60.00	Grdia/mes
Soles por minuto	0.45	S/. /min.
Soles por disparo	89.95	S/. /disp.
Soles por metro lineal	54.54	Soles/metro

Tabla 31 — Costo de máquina perforadora por metro lineal Ga 575 W (anexo 08)

Costo de máquina perforadora por metro		
Datos	Valor	Medida
Precio máquina perforadora	13500.00	Soles
Vida útil máquina perforadora	36576.00	Mts perforados
Longitud de taladro	1.72	Mts perf. /tal.
Taladros perforados	40.00	Tal. /disp.
Soles por metro perforado	0.37	S/. /m perf.
Soles por taladro	0.63	S/. /tal.
Soles por disparo	25.38	S/. /disp.
Soles por metro lineal	15.39	Soles/metro

Tabla 32 — Costo de aire comprimido por metro lineal Ga 575 W (anexo 09)

Costo de aire comprimido por metro		
Datos	Valor	Medida
Precio de compresora	99000.00	S/.
Vida útil compresora	150000.00	Hrs.
Soles por hora	0.66	S/./Hrs.
Metros por disparo	1.65	Mts/disp.
Tiempo de perforación	3.33	Hrs/Disp.
Soles por disparo	2.20	S/. /m /disp.
Soles por metro lineal	1.33	Soles/metro lineal

Tabla 33 — Consumo de aceros de perforación Ga 575 W (anexo 10)

Consumo de aceros por seguimiento			
Datos	Cant	Precio	Soles
Barreno de 4 pies	13.00	240.50	3126.50
Barreno de 5 pies	0.00	250.40	0.00
Barreno de 6 pies	7.00	300.50	2103.50
Broca 36 mm	14.00	80.00	1120.05
Broca 38 mm	31.00	84.18	2609.66
Soles de aceros por mes			8959.71

Tabla 34 — Costo de aceros de perforación por metro lineal Ga 575 W (anexo 11)

Costo de aceros por metro		
Soles por mes	8959.71	S/./mes
Metros avanzados por mes	191.31	Mts/mes
Metros por disparo	1.65	Mts/disp.
Soles por disparo	77.24	S/. /disp.
Soles por metro lineal	46.83	S/./metro

Tabla 35 — Costo por disparos explosivos y accesorios Ga 575 W (anexo 12)

Costo por disparo explosivos y accesorios				
Descripción	Cant/disp.	Precio	Unidad	S/. /Disparo
EXADIT AL 45%	10.00	8.15	S/. /Kg	6.21
SEMEXA AL 65%	152.00	12.95	S/. /Kg	153.78
SEMEXA AL 80%	59.00	14.66	S/. /Kg	74.05
CARMEX	34.00	2.24	S/. /und.	76.16
MECHA RÁPIDA	5.00	1.17	S/. /m	5.85
Total				316.06

Tabla 36 — Cantidad de manguera y accesorios de perforación Ga 575 W (anexo 13)

Mangueras y accesorios de perforación					
Datos	Cant.	Unidad	Precio	Vida útil/disp.	Costo /disparo
Manguera de 1/2"	20.00	Metros	82.23	120	13.70
Manguera de 1"	20.00	Metros	163.78	120	27.30
Conexiones	3.00	Metros	15.00	120	0.37
Aceite de perforación	0.30	Galones	34.81	1	10.44
Total					51.82

Tabla 37 — Costo de herramientas y materiales por disparo Ga 575 W (anexo 14)

Costo herramientas y materiales por disparo					
Descripción	Unidad	Cant.	Precio S/.	V. Útil disp.	S/. /disparo
Lampas.	Pza.	1.00	33.80	35	0.97
Picos.	Pza.	1.00	30.02	70	0.43
Llave Styilson 24".	Pza.	1.00	77.32	150	0.52
Llave Francesa 16".	Pza.	1.00	58.10	150	0.39
Saca barrenos.	Pza.	1.00	38.54	150	0.26
Alambre No 16.	Kg.	0.20	5.68	1	1.14
Alambre No 8.	Kg.	0.10	5.68	1	0.57
Barretillas.	Pza.	2.00	63.00	100	1.26
Cucharillas	Pza.	1.00	11.15	180	0.06
Punzón cobre.	Pza.	1.00	10.35	180	0.06
Soplete para barrido	Pza.	1.00	52.00	180	0.29
Guiadores	Pza.	5.00	3.30	45	0.37
Atacador de madera.	Pza.	1.00	8.10	45	0.18
Flexómetro	Pza.	1.00	8.70	45	0.19
Cachimba (Hechizo) de 10 a 6.	Pza.	1.00	25.20	180	0.14
Cachimba (Hechizo) de 12 a 6.	Pza.	1.00	32.60	180	0.18
Pata de cabra (Hechizo).	Pza.	1.00	45.81	300	0.15
Santiago para doblado de rieles.	Pza.	1.00	1324.00	1800	0.74
Gamarrilla de agua.	Pza.	1.00	120.00	180	0.67
Arco de sierra.	Pza.	1.00	17.00	150	0.11
Hoja de sierra.	Pza.	1.00	5.00	12	0.42
Alicate.	Pza.	1.00	15.00	150	0.10
Pintura.	Pza.	0.02	21.00	1	0.42
Total					9.59

Tabla 38 — Costo de implementos de seguridad por disparo Ga 575 W (anexo 15)

Costo de implementos de seguridad por disparo					
Descripción	Unidad	Cant.	Precio S/.	V. Útil disp.	S/. /disparo
Protector.	Pza.	3.66	49.70	320	0.57
Guantes de Cuero.	Par	3.66	11.50	20	2.10
Guantes de jebe neoprene.	Par	3.66	16.95	25	2.48
Correas portálmparas.	Pza.	3.66	11.72	350	0.12
Lentes de seguridad de malla.	Pza.	3.66	21.85	90	0.89
Botas de jebe.	Par	3.66	55.10	120	1.68
Mameluco camisa pantalón.	Pza.	3.66	57.20	120	1.74
Respiradores 3M.	Pza.	3.66	71.00	120	2.16
Filtro de respirador 3M.	Par	3.66	25.08	20	4.59
Tapón de oídos.	Par	3.66	4.36	115	0.14
Pantalón de jebe.	Pza.	3.66	33.90	85	1.46
Saco de jebe.	Pza.	3.66	33.90	85	1.46
Sujetador de casco/carrilera.	Pza.	3.66	3.62	90	0.15
Tafilete de protector.	Pza.	3.66	10.28	120	0.31
Lámpara de baterías +cargador.	Pza.	3.66	219.62	500	1.61
Total					21.45

Tabla 39 — Mano de obra de personal BP 7907 W (anexo 16)

Mano de obra sistema 20x10		
Personal guardia día	Sueldo	Medida
Maestro perforista	1950.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Personal guardia noche	Sueldo	Medida
Maestro perforista	1950.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Personal guardia intermedio	Sueldo	Medida
Maestro perforista	1950.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Ayudante perforista	1800.00	S/. /mes
Total	22050.00	

Tabla 40 — Costo de mano de obra por metro lineal BP 7907 W (anexo 17)

Costo de mano de obra por metro		
Datos	Valor	Medida
Tiempo promedio perforado	1.25	Pies/min
Horas de trabajo	9.45	Hrs/ Grdia
Pies perforados por disparo	266.57	Pies/disp.
Guardias por mes	60.00	Grdia/mes
Soles por minuto	0.65	S/. /min
Soles por disparo	138.22	S/. /disp.
Soles por metro lineal	63.53	S/. /m

Tabla 41 — Costo de máquina perforadora por metro lineal BP 7907 W (anexo 18)

Costo de máquina perforadora por metro		
Datos	Valor	Medida
Precio máquina perforadora	13500.00	Soles
Vida útil máquina perforadora	36576.00	Mts perf.
Longitud de taladro	2.30	Mts perf. /taladro
Taladros perforados	38.00	Tal/disp.
Soles por metro perforado	0.37	S/. /m perf
Soles por taladro	0.85	S/. /tal
Soles por disparo	32.21	S/. /disp.
Soles por metro lineal	14.81	S/. /m

Tabla 42 — Costo de aire comprimido por metro lineal BP 7907 W (anexo 19)

Costo de aire comprimido por metro		
Datos	Valor	Medida
Precio de compresora	132000.00	Soles
Vida útil compresora	150000.00	Horas
Soles por hora	0.88	S/. /hora
Metros por disparo	2.18	Mts/disp.
Tiempo de perforación	3.83	Hrs/disp.
Soles por disparo	3.37	S/. /disp.
Soles por metro lineal	1.55	Soles/metro lineal

Tabla 43 — Consumo de aceros de perforación por seguimiento BP 7907 W (anexo 20)

Costo de aceros por mes			
Datos	Cant.	Precio	Soles
Barreno de 8 pies	6.00	369.49	2216.94
Barreno de 4 pies	10.00	242.64	2426.40
Barreno de 6 pies	6.00	304.90	1829.40
Broca 36 mm	27.00	80.00	2160.00
Broca 38 mm	24.00	84.18	2020.32
Broca rimadora 64 mm	2.00	442.68	885.36
Barreno rimador 4 pies	2.00	553.12	1106.24
Barreno rimador 8 pies	1.00	621.77	621.77
Soles de aceros por mes			13266.43

Tabla 44 — Costo de aceros de perforación por metro lineal BP 7907 W (anexo 21)

Costo de aceros por metro		
Soles por mes	13266.43	S/. /mes
Metros avanzados por mes	254.56	Mts /mes
Metros por disparo	2.18	Mts/disp.
Soles por disparo	113.39	S/. /disp.
Soles por metro lineal	52.12	S/. /m

Tabla 45 — Costo por disparo de explosivos y accesorios BP 7907 W (anexo 22)

Costo por disparo explosivos y accesorios				
Descripción	Cant/disp.	Precio	Unidad	Soles/disp.
EMULNOR 1000	19.00	5.14	S/. /kg	16.28
EMULNOR 3000	203.00	6.29	S/. /kg	221.68
CARMEX	33.00	1.79	S/. /unid	59.07
MECHA RÁPIDA	10.00	1.37	S/. /m	13.70
Total				310.73

Tabla 46 — Cantidad de mangueras y accesorios de perforación BP 7907 W (anexo 23)

Mangueras y accesorios de perforación					
Datos	Cant.	Unidad	Precio	Vida útil/disp.	Costo /disparo
Manguera de 1/2"	20.00	metros	82.23	120	13.70
Manguera de 1"	20.00	metros	163.78	120	27.30
Conexiones	3.00	metros	15.00	120	0.37
Aceite de perforación	0.46	galones	34.81	1	16.01
Total					57.39

Tabla 47 — Costo de herramientas y materiales por disparo BP 7907 W (anexo 24)

Costo herramientas y materiales por disparo					
Descripción	Und	Cant.	Precio S/.	V. Útil disp.	Soles/disp.
Lampas.	Pza.	1.00	33.80	35	0.97
Picos.	Pza.	1.00	30.02	70	0.43
Llave Stylson 24".	Pza.	1.00	77.32	150	0.52
Llave Francesa 16".	Pza.	1.00	58.10	150	0.39
Saca barrenos.	Pza.	1.00	38.54	150	0.26
Alambre No 16.	Kg.	0.20	5.68	1	1.14
Alambre No 8.	Kg.	0.10	5.68	1	0.57
Barretillas.	Pza.	2.00	63.00	100	1.26
Cucharillas	Pza.	1.00	11.15	180	0.06
Punzón cobre.	Pza.	1.00	10.35	180	0.06
Soplete para barrido	Pza.	1.00	52.00	180	0.29
Guiadores	Pza.	5.00	3.30	45	0.37
Atacador de madera.	Pza.	1.00	8.10	45	0.18
Flexómetro	Pza.	1.00	8.70	45	0.19
Cachimba (Hechizo) de 10 a 6.	Pza.	1.00	25.20	180	0.14
Cachimba (Hechizo) de 12 a 6.	Pza.	1.00	32.60	180	0.18
Pata de cabra (Hechizo).	Pza.	1.00	45.81	300	0.15
Santiago para doblado de rieles.	Pza.	1.00	1324.00	1800	0.74
Gamarrilla de agua.	Pza.	1.00	120.00	180	0.67
Arco de sierra.	Pza.	1.00	17.00	150	0.11
Hoja de sierra.	Pza.	1.00	5.00	12	0.42
Alicate.	Pza.	1.00	15.00	150	0.10
Pintura.	Pza.	0.02	21.00	1	0.42
Total					9.59

Tabla 48 — Costo de implementos de seguridad por disparo BP 7907 W (anexo 25)

Costo de implementos de seguridad por disparo					
Descripción	Unidad	Cant.	Precio S/.	V. Útil disp.	Soles/disp.
Protector.	Pza.	4.88	49.70	320	0.76
Guantes de Cuero.	Par	4.88	11.50	20	2.80
Guantes de jebe neoprene.	Par	4.88	16.95	25	3.31
Correas portalámparas.	Pza.	4.88	11.72	350	0.16
Lentes de seguridad de malla.	Pza.	4.88	21.85	90	1.18
Botas de jebe.	Par	4.88	55.10	120	2.24
Mameluco camisa pantalón.	Pza.	4.88	57.20	120	2.32
Respiradores 3M.	Pza.	4.88	71.00	120	2.88
Filtro de respirador 3M.	Par	4.88	25.08	20	6.11
Tapón de oídos.	Par	4.88	4.36	115	0.18
Pantalón de jebe.	Pza.	4.88	33.90	85	1.94
Saco de jebe.	Pza.	4.88	33.90	85	1.94
Sujetador de casco/carrilera.	Pza.	4.88	3.62	90	0.20
Tafílete de protector.	Pza.	4.88	10.28	120	0.42
Lámpara de baterías + cargador.	Pza.	4.88	219.62	500	2.14
Total					28.61

Tabla 49 — Toma de datos sin optimizar de los disparos del 01 octubre del 2019 de la Ga 575 W (anexo 26)

FECHA	TURNO	LONG. PERF. (Pie)	TALADROS PERFORADOS	AVANCE	EF. PERF. %	EF. DE DISP %	PIES PERFORADOS	CARMEX	MECHA RÁPIDA	EXADIT 45 % (und)	DIN. 65 (und)	DIN. 80 % (und)	KG. EXPLOSIVOS	F.A (Kg/ml)	F.C (KG/M3)	F.P (KG/TON)
1-Oct	N	5	43	1.30	95.14%	89.66%	204.56	38	8		125	95	17.90	13.77	3.01	1.12
1-Oct	D	5	42	1.23	90.55%	89.13%	190.16	37	10		125	90	17.47	14.20	3.11	1.15
2-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	12		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
2-Oct	D	5	42	1.20	88.58%	88.89%	186.02	37	10		130	92	18.03	15.03	3.29	1.22
3-Oct	N	5	43	1.36	99.08%	90.07%	213.02	38	10		128	95	18.13	13.33	2.92	1.08
3-Oct	D	5	41	1.25	91.86%	89.29%	188.32	36	10		126	92	17.72	14.18	3.10	1.15
4-Oct	N	5	41	1.20	91.86%	85.71%	188.32	36	10		120	95	17.51	14.59	3.19	1.18
4-Oct	D	5	42	1.30	95.14%	89.66%	199.80	37	10		125	96	17.98	13.83	3.03	1.12
5-Oct	N	5	43	1.23	91.86%	87.86%	197.51	38	10		125	90	17.47	14.20	3.11	1.15
5-Oct	D	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	8		128	95	18.13	14.51	3.18	1.18
6-Oct	N	5	41	1.20	88.58%	88.89%	181.59	36	10		128	90	17.71	14.75	3.23	1.20
6-Oct	D	5	42	1.36	99.08%	90.07%	208.07	37	10		126	92	17.72	13.03	2.85	1.06
7-Oct	N	5	43	1.25	91.86%	89.29%	197.51	38	10		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
7-Oct	D	5	43	1.20	88.58%	88.89%	190.45	38	10		122	90	17.24	14.36	3.15	1.16
8-Oct	N	5	43	1.22	89.90%	89.05%	193.27	38	8		125	95	17.90	14.67	3.21	1.19
8-Oct	D	5	42	1.23	90.55%	89.13%	190.16	37	10		125	97	18.07	14.69	3.22	1.19
9-Oct	N	5	43	1.26	92.52%	89.36%	198.92	38	10		128	92	17.88	14.19	3.11	1.15
9-Oct	D	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	12		128	92	17.88	14.30	3.13	1.16
10-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	10		126	97	18.15	14.52	3.18	1.18
10-Oct	D	5	42	1.24	93.18%	87.32%	195.67	37	10		125	95	17.90	14.43	3.16	1.17
11-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	8		120	90	17.08	13.66	2.99	1.11
11-Oct	D	5	43	1.26	92.52%	89.36%	198.92	38	10		125	95	17.90	14.21	3.11	1.15
12-Oct	N	5	44	1.25	91.86%	89.29%	202.10	39	10		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
12-Oct	D	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	10		130	93	18.12	14.49	3.17	1.18
13-Oct	N	5	42	1.24	91.21%	89.21%	191.54	37	12		128	92	17.88	14.42	3.16	1.17

13-Oct	D	5	43	1.25	91.86%	89.29%	197.51	38	12		126	93	17.81	14.24	3.12	1.16
14-Oct	N	5	41	1.26	92.52%	89.36%	189.67	36	8		122	90	17.24	13.68	3.00	1.11
14-Oct	D	5	43	1.25	91.86%	89.29%	197.51	38	12		120	90	17.08	13.66	2.99	1.11
15-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	8		126	95	17.98	14.38	3.15	1.17
15-Oct	D	5	41	1.24	95.14%	85.52%	195.05	36	12		126	95	17.98	14.50	3.17	1.18
16-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	8		122	90	17.24	13.79	3.02	1.12
16-Oct	D	5	42	1.26	92.52%	89.36%	194.29	37	12		128	92	17.88	14.19	3.11	1.15
17-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	8		126	92	17.72	14.18	3.10	1.15
17-Oct	D	5	41	1.25	91.86%	89.29%	188.32	36	13		127	92	17.80	14.24	3.12	1.15
18-Oct	N	5	42	1.24	91.21%	89.21%	191.54	37	8		122	90	17.24	13.90	3.04	1.13
18-Oct	D	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	10		125	90	17.47	13.98	3.06	1.13
19-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	10		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
19-Oct	D	5	42	1.24	95.14%	85.52%	199.80	37	10		130	93	18.12	14.61	3.20	1.19
20-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	12		128	90	17.71	14.16	3.10	1.15
20-Oct	D	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	8		126	95	17.98	14.38	3.15	1.17
21-Oct	N	5	42	1.27	93.18%	89.44%	195.67	37	12		120	90	17.08	13.45	2.95	1.09
21-Oct	D	5	41	1.25	91.86%	89.29%	188.32	36	12		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
22-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	10		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
22-Oct	D	5	43	1.25	91.86%	89.29%	197.51	38	12		121	90	17.16	13.73	3.01	1.11
23-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	8		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
23-Oct	D	5	43	1.26	92.52%	89.36%	198.92	38	8		126	95	17.98	14.27	3.12	1.16
24-Oct	N	5	42	1.22	95.14%	84.14%	199.80	37	10		120	90	17.08	14.00	3.07	1.14
24-Oct	D	5	43	1.25	91.86%	89.29%	197.51	38	8		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
25-Oct	N	5	42	1.23	90.55%	89.13%	190.16	37	10		125	96	17.98	14.62	3.20	1.19
25-Oct	D	5	41	1.24	91.21%	89.21%	186.98	36	10		122	96	17.75	14.31	3.13	1.16
26-Oct	N	5	42	1.27	93.18%	89.44%	195.67	37	10		128	95	18.13	14.28	3.13	1.16
26-Oct	D	5	42	1.30	95.14%	89.66%	199.80	37	10		126	95	17.98	13.83	3.03	1.12
27-Oct	N	5	42	1.24	91.21%	89.21%	191.54	37	8		120	90	17.08	13.77	3.02	1.12
27-Oct	D	5	43	1.25	91.86%	89.29%	197.51	38	10		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
28-Oct	N	5	42	1.25	91.86%	89.29%	192.91	37	10		125	95	17.90	14.32	3.14	1.16
28-Oct	D	5	44	1.24	95.14%	85.52%	209.32	39	12		128	95	18.13	14.62	3.20	1.19
29-Oct	N	5	42	1.23	95.14%	84.83%	199.80	37	12		122	90	17.24	14.01	3.07	1.14
29-Oct	D	5	41	1.26	92.52%	89.36%	189.67	36	10		126	92	17.72	14.06	3.08	1.14

30-Oct	N	5	42	1.24	95.14%	85.52%	199.80	37	10		120	90	17.08	13.77	3.02	1.12
30-Oct	D	5	43	1.25	93.18%	88.03%	200.33	38	10		125	92	17.64	14.11	3.09	1.14
31-Oct	N	5	43	1.25	93.18%	88.03%	200.33	38	10		125	90	17.47	13.98	3.06	1.13
31-Oct	D	5	42	1.25	95.14%	86.21%	199.80	37	10		125	90	17.47	13.98	3.06	1.13
Promedio		5	42	1.25	92.50%	88.70%	195.07	37	10		125	93	17.73	14.18	3.11	1.15

Tabla 50 — Toma de datos sin optimizar de los disparos desde el 01 agosto al 31 de agosto del 2019 del BP 7907 W (anexo 27)

MES	FECHA	TURNO	CARMEX	MECHA RÁPIDA	EMULSIÓN 1000 1" x 12"	EMULSIÓN 3000 1" x 12"	KG. EXPLOSIVOS	TALADROS PERFORADOS	LONGITUD DE PERFORACIÓN	PIES PERFORADOS	AVANCE	EFF. PERF %	EFF. VOL %	FACTOR DE AVANCE (Kg/ml)	FACTOR DE CARGA (KG/M3)
AGOSTO	01-08	D	38	10	28	140	28.97	42	6	237.01	1.45	94.05%	84.30%	19.98	5.08
AGOSTO	01-08	N	37	10	28	145	29.84	41	6	235.40	1.5	95.69%	85.71%	19.89	5.05
AGOSTO	02-08	D	37	10	25	140	28.47	41	6	235.40	1.55	95.69%	88.57%	18.37	4.67
AGOSTO	02-08	N	38	10	25	140	28.47	42	5	192.91	1.3	91.86%	92.86%	21.90	5.56
AGOSTO	03-08	D													
AGOSTO	03-08	N	37	10	30	135	28.44	41	6	231.36	1.5	94.05%	87.21%	18.96	4.82
AGOSTO	04-08	D													
AGOSTO	04-08	N													
AGOSTO	05-08	D	38	10	25	140	28.47	42	6	235.63	1.45	93.50%	84.80%	19.64	4.99
AGOSTO	05-08	N	37	10	20	140	27.64	41	5	195.05	1.3	95.14%	89.66%	21.26	5.40
AGOSTO	06-08	D	36	10	30	130	27.57	40	6	229.66	1.4	95.69%	80.00%	19.69	5.00
AGOSTO	06-08	N													
AGOSTO	07-08	D	38	10	40	130	29.24	42	6	238.39	1.4	94.60%	80.92%	20.88	5.30
AGOSTO	07-08	N													
AGOSTO	08-08	D	37	10	40	130	29.24	41	6	230.02	1.45	93.50%	84.80%	20.16	5.12

AGOSTO	08-08	N	38	10	40	130	29.24	42	6	234.25	1.55	92.96%	91.18%	18.86	4.79
AGOSTO	09-08	D	38	12	20	140	27.64	42	6	234.25	1.5	92.96%	88.24%	18.43	4.68
AGOSTO	09-08	N	37	12	20	140	27.64	41	6	228.67	1.5	92.96%	88.24%	18.43	4.68
AGOSTO	10-08	D	36	10	28	135	28.10	40	6	225.72	1.55	94.05%	90.12%	18.13	4.61
AGOSTO	10-08	N													
AGOSTO	11-08	D	38	10	28	135	28.10	42	6	241.14	1.4	95.69%	80.00%	20.07	5.10
AGOSTO	11-08	N	37	10	30	136	28.61	41	6	228.67	1.55	92.96%	91.18%	18.46	4.69
AGOSTO	12-08	D	37	12	30	136	28.61	41	6	231.36	1.35	94.05%	78.49%	21.19	5.38
AGOSTO	12-08	N	38	10	28	136	28.28	42	6	237.01	1.45	94.05%	84.30%	19.50	4.95
AGOSTO	13-08	D	37	8	28	135	28.10	41	6	232.71	1.45	94.60%	83.82%	19.38	4.92
AGOSTO	13-08	N	38	12	30	140	29.31	42	6	241.14	1.4	95.69%	80.00%	20.93	5.32
AGOSTO	14-08	D	37	12	30	140	29.31	41	6	231.36	1.55	94.05%	90.12%	18.91	4.80
AGOSTO	14-08	N													
AGOSTO	15-08	D	37	10	28	136	28.28	41	6	230.02	1.45	93.50%	84.80%	19.50	4.95
AGOSTO	15-08	N	38	10	28	140	28.97	42	6	231.50	1.4	91.86%	83.33%	20.69	5.26
AGOSTO	16-08	D	37	8	20	146	28.68	41	6	225.98	1.4	91.86%	83.33%	20.49	5.20
AGOSTO	16-08	N	38	10	28	136	28.28	42	6	232.87	1.4	92.41%	82.84%	20.20	5.13
AGOSTO	17-08	D	38	10	28	135	28.10	42	6	234.25	1.45	92.96%	85.29%	19.38	4.92
AGOSTO	17-08	N	37	8	28	130	27.24	41	6	228.67	1.5	92.96%	88.24%	18.16	4.61
AGOSTO	18-08	D	38	10	28	140	28.97	42	6	237.01	1.55	94.05%	90.12%	18.69	4.75
AGOSTO	18-08	N													
AGOSTO	19-08	D	37	10	28	136	28.28	41	6	231.36	1.5	94.05%	87.21%	18.85	4.79
AGOSTO	19-08	N	37	10	30	126	26.88	41	6	230.02	1.45	93.50%	84.80%	18.53	4.71
AGOSTO	20-08	D	38	10	28	136	28.28	42	6	241.14	1.45	95.69%	82.86%	19.50	4.95
AGOSTO	20-08	N	38	8	28	136	28.28	42	6	241.14	1.4	95.69%	80.00%	20.20	5.13
AGOSTO	21-08	D	37	10	20	140	27.64	41	6	231.36	1.55	94.05%	90.12%	17.83	4.53
AGOSTO	21-08	N	37	12	30	136	28.61	41	6	230.02	1.45	93.50%	84.80%	19.73	5.01
AGOSTO	22-08	D													
AGOSTO	22-08	N	38	10	30	130	27.57	42	6	237.01	1.4	94.05%	81.40%	19.69	5.00
AGOSTO	23-08	D	37	8	28	136	28.28	41	6	230.02	1.35	93.50%	78.95%	20.95	5.32

AGOSTO	23-08	N	37	10	28	135	28.10	41	6	230.02	1.45	93.50%	84.80%	19.38	4.92
AGOSTO	24-08	D	38	10	28	136	28.28	42	6	235.63	1.45	93.50%	84.80%	19.50	4.95
AGOSTO	24-08	N	38	10	28	140	28.97	42	6	235.63	1.4	93.50%	81.87%	20.69	5.26
AGOSTO	25-08	D	37	10	28	136	28.28	41	6	230.02	1.55	93.50%	90.64%	18.24	4.63
AGOSTO	25-08	N	37	10	28	140	28.97	41	6	231.36	1.4	94.05%	81.40%	20.69	5.26
AGOSTO	26-08	D	37	10	28	136	28.28	41	6	235.40	1.45	95.69%	82.86%	19.50	4.95
AGOSTO	26-08	N	37	10	28	136	28.28	41	6	235.40	1.45	95.69%	82.86%	19.50	4.95
AGOSTO	27-08	D	38	12	30	140	29.31	42	6	237.01	1.55	94.05%	90.12%	18.91	4.80
AGOSTO	27-08	N													
AGOSTO	28-08	D	38	8	28	136	28.28	42	6	241.14	1.45	95.69%	82.86%	19.50	4.95
AGOSTO	28-08	N	38	12	28	136	28.28	42	6	241.14	1.4	95.69%	80.00%	20.20	5.13
AGOSTO	29-08	D	38	10	28	136	28.28	42	6	237.01	1.4	94.05%	81.40%	20.20	5.13
AGOSTO	29-08	N	37	8	28	130	27.24	41	6	230.02	1.45	93.50%	84.80%	18.78	4.77
AGOSTO	30-08	D	37	10	20	126	25.21	41	6	230.02	1.45	93.50%	84.80%	17.39	4.42
AGOSTO	30-08	N	37	12	20	126	25.21	41	6	235.40	1.4	95.69%	80.00%	18.01	4.57
AGOSTO	31-08	D	38	10	30	136	28.61	42	6	237.01	1.45	94.05%	84.30%	19.73	5.01
AGOSTO	31-08	N	38	8	30	136	28.61	42	6	237.01	1.45	94.05%	84.30%	19.73	5.01
	Promedio		37	10	28	136	28.27	41	6	232.28	1.45	94.06%	84.89%	19.53	4.96

Tabla 51 — Toma de datos optimizado de los disparos desde el 01 noviembre al 29 de diciembre del 2019 de la Ga 575 W (anexo 28)

FECHA	TURNO	LONG. PERF. (Pie)	TALADROS PERFORADOS	AVANCE	EF. PERF. %	EF. DE DISP %	PIES PERFORADOS	CARMEX	MECHA RÁPIDA	EXADIT 45 %(und)	DIN. 65 (und)	DIN. 80 % (und)	KG. EXPLOSIVOS	F.A (Kg/ml)	F.C (KG/M3)	F.P (KG/TON)
1-Nov	N	6	40	1.65	95.69%	94.29%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
1-Nov	D	6	40	1.66	94.05%	96.51%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.66	2.33	0.86
2-Nov	N	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
2-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
3-Nov	N	6	40	1.64	94.05%	95.35%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.79	2.36	0.87
3-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
4-Nov	N	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
4-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
5-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
5-Nov	D	6	40	1.70	95.69%	97.14%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.41	2.28	0.84
6-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
6-Nov	D	6	40	1.61	90.22%	97.58%	216.54	34	5	10	152	59	17.69	10.99	2.41	0.89
7-Nov	N	6	40	1.61	92.96%	94.71%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.99	2.41	0.89
7-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
8-Nov	N	6	40	1.65	95.69%	94.29%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
8-Nov	D	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
9-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
9-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
10-Nov	N	6	40	1.68	95.69%	96.00%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
10-Nov	D	6	40	1.64	91.86%	97.62%	220.47	34	5	10	152	59	17.69	10.79	2.36	0.87
11-Nov	N	6	40	1.65	95.69%	94.29%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
11-Nov	D	6	40	1.62	94.05%	94.19%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.92	2.39	0.89
12-Nov	N	6	40	1.64	94.05%	95.35%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.79	2.36	0.87
12-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87

13-Nov	N	6	40	1.64	94.05%	95.35%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.79	2.36	0.87
13-Nov	D	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
14-Nov	N	6	40	1.60	95.69%	91.43%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	11.06	2.42	0.90
14-Nov	D	6	40	1.60	91.86%	95.24%	220.47	34	5	10	152	59	17.69	11.06	2.42	0.90
15-Nov	N	6	40	1.64	94.05%	95.35%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.79	2.36	0.87
15-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
16-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
16-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
17-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
17-Nov	D	6	40	1.59	94.05%	92.44%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	11.12	2.44	0.90
18-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
18-Nov	D	6	40	1.62	94.05%	94.19%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.92	2.39	0.89
19-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
19-Nov	D	6	40	1.62	94.05%	94.19%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.92	2.39	0.89
20-Nov	N	6	40	1.60	94.05%	93.02%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	11.06	2.42	0.90
20-Nov	D	6	40	1.70	94.05%	98.84%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.41	2.28	0.84
21-Nov	N	6	40	1.66	94.05%	96.51%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.66	2.33	0.86
21-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
22-Nov	N	6	40	1.71	95.69%	97.71%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.34	2.27	0.84
22-Nov	D	6	40	1.64	94.05%	95.35%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.79	2.36	0.87
23-Nov	N	6	40	1.68	94.05%	97.67%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
23-Nov	D	6	40	1.68	94.05%	97.67%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
24-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
24-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
25-Nov	N	6	40	1.61	91.86%	95.83%	220.47	34	5	10	152	59	17.69	10.99	2.41	0.89
25-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
26-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
26-Nov	D	6	40	1.55	94.05%	90.12%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	11.41	2.50	0.93
27-Nov	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
27-Nov	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
28-Nov	N	6	40	1.70	94.05%	98.84%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.41	2.28	0.84
28-Nov	D	6	40	1.68	94.05%	97.67%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85

29-Nov	N	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
29-Nov	D	6	40	1.66	92.96%	97.65%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.66	2.33	0.86
30-Nov	N	6	40	1.67	92.96%	98.24%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.59	2.32	0.86
30-Nov	D	6	40	1.67	94.05%	97.09%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.59	2.32	0.86
1-Dic	N	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
1-Dic	D	6	40	1.63	94.05%	94.77%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.85	2.38	0.88
2-Dic	N	6	40	1.68	95.69%	96.00%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
2-Dic	D	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
3-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
3-Dic	D	6	40	1.67	94.05%	97.09%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.59	2.32	0.86
4-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
4-Dic	D	6	40	1.66	94.05%	96.51%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.66	2.33	0.86
5-Dic	N	6	40	1.68	95.69%	96.00%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
5-Dic	D	6	40	1.60	92.96%	94.12%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	11.06	2.42	0.90
6-Dic	N	6	40	1.65	95.69%	94.29%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
6-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
7-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
7-Dic	D	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
8-Dic	N	6	40	1.67	94.05%	97.09%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.59	2.32	0.86
8-Dic	D	6	40	1.55	94.05%	90.12%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	11.41	2.50	0.93
9-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
9-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
10-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
10-Dic	D	6	40	1.68	95.69%	96.00%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
11-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
11-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
12-Dic	N	6	40	1.65	92.96%	97.06%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
12-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
13-Dic	N	6	40	1.60	94.05%	93.02%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	11.06	2.42	0.90
13-Dic	D	6	40	1.68	94.05%	97.67%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
14-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
14-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87

15-Dic	N	6	40	1.62	94.05%	94.19%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.92	2.39	0.89
15-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
16-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
16-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
17-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
17-Dic	D	6	40	1.70	94.05%	98.84%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.41	2.28	0.84
18-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
18-Dic	D	6	40	1.70	94.05%	98.84%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.41	2.28	0.84
19-Dic	N	6	40	1.68	94.05%	97.67%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
19-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
20-Dic	N	6	40	1.68	94.05%	97.67%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.53	2.31	0.85
20-Dic	D	6	40	1.64	92.96%	96.47%	223.10	34	5	10	152	59	17.69	10.79	2.36	0.87
21-Dic	N	6	40	1.70	94.05%	98.84%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.41	2.28	0.84
21-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
22-Dic	N	6	40	1.66	94.05%	96.51%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.66	2.33	0.86
22-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
23-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
23-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
24-Dic	N	6	40	1.60	94.05%	93.02%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	11.06	2.42	0.90
24-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
25-Dic	N	6	40	1.66	94.05%	96.51%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.66	2.33	0.86
25-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
26-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
26-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
27-Dic	N	6	40	1.60	94.05%	93.02%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	11.06	2.42	0.90
27-Dic	D	6	40	1.70	95.69%	97.14%	229.66	34	5	10	152	59	17.69	10.41	2.28	0.84
28-Dic	N	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
29-Dic	D	6	40	1.65	94.05%	95.93%	225.72	34	5	10	152	59	17.69	10.72	2.35	0.87
Promedio		6	40	1.65	94.00%	95.94%	225.60	34	5	10	152	59	17.69	10.73	2.35	0.87

Tabla 52 — Toma de datos optimizado de los disparos desde el 01 setiembre al 31 de octubre del 2019 del BP 7907 W (anexo 29)

MES	FECHA	TURNO	CARMEX	MECHA RÁPIDA	EMULSIÓN 1000 1" x 12"	EMULSIÓN 3000 1" x 12"	KG. EXPLOSIVOS	TALADROS PERFORADOS	LONGITUD DE PERFORACIÓN	PIES PERFORADOS	AVANCE	EFF. PERF %	EFF. VOL %	FACTOR DE AVANCE (Kg/ml)	FACTOR DE CARGA (KG/M3)
SET	01-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.2	94.32%	95.65%	17.46	4.43
SET	01-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
SET	02-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.25	94.32%	97.83%	17.07	4.34
SET	02-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	289.24	2.15	95.14%	92.67%	17.86	4.54
SET	03-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.1	96.37%	89.36%	18.29	4.65
SET	03-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.15	92.27%	95.56%	17.86	4.54
SET	04-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.2	92.27%	97.78%	17.46	4.43
SET	04-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.25	96.37%	95.74%	17.07	4.34
SET	05-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.18	94.32%	94.78%	17.62	4.48
SET	05-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.18	94.32%	94.78%	17.62	4.48
SET	06-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
SET	06-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.2	93.50%	96.49%	17.46	4.43
SET	07-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.2	92.27%	97.78%	17.46	4.43
SET	07-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
SET	08-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2	96.37%	85.11%	19.20	4.88
SET	08-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.18	93.50%	95.61%	17.62	4.48
SET	09-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.22	92.27%	98.67%	17.30	4.39
SET	09-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.2	92.27%	97.78%	17.46	4.43
SET	10-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.15	96.37%	91.49%	17.86	4.54
SET	10-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.15	94.32%	93.48%	17.86	4.54
SET	11-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.2	94.32%	95.65%	17.46	4.43

SET	11-09	N													
SET	12-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.25	96.37%	95.74%	17.07	4.34
SET	12-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.1	96.37%	89.36%	18.29	4.65
SET	13-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.15	96.37%	91.49%	17.86	4.54
SET	13-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.1	92.27%	93.33%	18.29	4.65
SET	14-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
SET	14-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
SET	15-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.2	92.27%	97.78%	17.46	4.43
SET	15-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	274.28	2.15	90.22%	97.73%	17.86	4.54
SET	16-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	274.28	2.1	90.22%	95.45%	18.29	4.65
SET	16-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.1	92.27%	93.33%	18.29	4.65
SET	17-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.2	94.32%	95.65%	17.46	4.43
SET	17-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.18	94.32%	94.78%	17.62	4.48
SET	18-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.18	94.32%	94.78%	17.62	4.48
SET	18-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	349.08	2.2	114.83%	78.57%	17.46	4.43
SET	19-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.25	94.32%	97.83%	17.07	4.34
SET	19-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
SET	20-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.2	93.50%	96.49%	17.46	4.43
SET	20-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.18	94.32%	94.78%	17.62	4.48
SET	21-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
SET	21-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.2	92.27%	97.78%	17.46	4.43
SET	22-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.25	92.27%	100.00%	17.07	4.34
SET	22-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.25	96.37%	95.74%	17.07	4.34
SET	23-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.18	93.50%	95.61%	17.62	4.48
SET	23-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.2	93.50%	96.49%	17.46	4.43
SET	24-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.2	94.32%	95.65%	17.46	4.43
SET	24-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.1	94.32%	91.30%	18.29	4.65
SET	25-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.2	94.32%	95.65%	17.46	4.43
SET	25-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.25	94.32%	97.83%	17.07	4.34
SET	26-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.2	92.27%	97.78%	17.46	4.43

SET	26-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	292.98	2.1	96.37%	89.36%	18.29	4.65
SET	27-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.15	92.27%	95.56%	17.86	4.54
SET	27-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.18	93.50%	95.61%	17.62	4.48
SET	28-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.2	93.50%	96.49%	17.46	4.43
SET	28-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.15	94.32%	93.48%	17.86	4.54
SET	29-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	286.75	2.2	94.32%	95.65%	17.46	4.43
SET	29-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	284.25	2.25	93.50%	98.68%	17.07	4.34
SET	30-09	D	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.15	92.27%	95.56%	17.86	4.54
SET	30-09	N	33	10	19	203	38.41	38	8	280.51	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
OCT	01-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	45.6	2.25	94.32%	97.83%	17.07	4.34
OCT	01-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	319.2	2.25	94.32%	97.83%	17.07	4.34
OCT	02-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	62.7	2.2	90.22%	100.00%	17.46	4.43
OCT	02-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	273.6	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
OCT	03-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	311.6	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
OCT	03-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	239.4	2.15	92.27%	95.56%	17.86	4.54
OCT	04-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	0	2.15	90.22%	97.73%	17.86	4.54
OCT	04-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	334.4	2.1	90.22%	95.45%	18.29	4.65
OCT	05-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	319.2	2.15	90.22%	97.73%	17.86	4.54
OCT	05-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	334.4	2.18	93.50%	95.61%	17.62	4.48
OCT	06-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	83.6	2.1	93.50%	92.11%	18.29	4.65
OCT	06-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	334.4	2.1	90.22%	95.45%	18.29	4.65
OCT	07-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	239.4	2.18	93.50%	95.61%	17.62	4.48
OCT	07-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	296.4	2.15	90.22%	97.73%	17.86	4.54
OCT	08-10	D													
OCT	08-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	281.2	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
OCT	09-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	267.9	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
OCT	09-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	342	2.18	93.50%	95.61%	17.62	4.48
OCT	10-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
OCT	10-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	250.8	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	11-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.1	92.27%	93.33%	18.29	4.65

OCT	11-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	222.3	2.1	92.27%	93.33%	18.29	4.65
OCT	12-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	210.9	2.15	96.37%	91.49%	17.86	4.54
OCT	12-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	243.2	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	13-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	250.8	2.15	92.27%	95.56%	17.86	4.54
OCT	13-10	N													
OCT	14-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	273.6	2.2	94.32%	95.65%	17.46	4.43
OCT	14-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	296.4	2.18	94.32%	94.78%	17.62	4.48
OCT	15-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.18	94.32%	94.78%	17.62	4.48
OCT	15-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	0	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	16-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	296.4	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	16-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	17-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	281.2	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
OCT	17-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	267.9	2.15	96.37%	91.49%	17.86	4.54
OCT	18-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	267.9	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
OCT	18-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	19-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	250.8	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	19-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	20-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	222.3	2.25	96.37%	95.74%	17.07	4.34
OCT	20-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	210.9	2.15	93.50%	94.30%	17.86	4.54
OCT	21-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	243.2	2.1	93.50%	92.11%	18.29	4.65
OCT	21-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	250.8	2.1	96.37%	89.36%	18.29	4.65
OCT	22-10	D													
OCT	22-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	273.6	2.25	96.37%	95.74%	17.07	4.34
OCT	23-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	296.4	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	23-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	24-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	296.4	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	24-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
OCT	25-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	281.2	2.1	92.27%	93.33%	18.29	4.65
OCT	25-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	267.9	2.15	92.27%	95.56%	17.86	4.54
OCT	26-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	342	2.15	93.50%	94.30%	17.86	4.54

OCT	26-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.15	93.50%	94.30%	17.86	4.54
OCT	27-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	250.8	2.18	93.50%	95.61%	17.62	4.48
OCT	27-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
OCT	28-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	222.3	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
OCT	28-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	210.9	2.1	96.37%	89.36%	18.29	4.65
OCT	29-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	243.2	2.2	96.37%	93.62%	17.46	4.43
OCT	29-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	250.8	2.2	92.27%	97.78%	17.46	4.43
OCT	30-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	250.8	2.2	93.50%	96.49%	17.46	4.43
OCT	30-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	273.6	2.18	92.27%	96.89%	17.62	4.48
OCT	31-10	D	33	10	19	203	38.41	38	8	296.4	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
OCT	31-10	N	33	10	19	203	38.41	38	8	266	2.18	96.37%	92.77%	17.62	4.48
	Promedio		33	10	19	203	38.41	38	8	268.70	2.18	94.21%	94.79%	17.66	4.49



Figura 46 — Bocamina principal UM chaluane



Figura 45 — Marcado de malla de perforación UM chaluane



Figura 47 — Bocamina principal UM Chaluane zona sangre toro