

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MINAS



“Reducción de Costos Operativos en Mina Farallón Negro – Optimizando Estándares de Perforación & Voladura en Desarrollo - Preparación”

ALUMNOS: Espeche Marcos Marcelo

M.U.Nº: 00907

DIRECTOR: Ing. Castro José Rolando

CO -DIRECTOR: Ing. Riquelme Denis

AGOSTO DE 2022



ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>RESUMEN</i>	1
<i>CAPÍTULO 1</i>	2
<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ALCANCES	3
1.4 Limitaciones	3
1.5 Metodología	3
1.6 GENERALIDADES	4
1.6.1 Ubicación geográfica del yacimiento	4
1.6.2 Inicio de actividad e Infraestructura	5
1.6.3 Geología regional	6
1.6.4 Geología local	7
Litología	7
Estructura y textura	7
Mineralogía	8
1.6.5 Método de Explotación y Concentración de Mineral	8
1.7 <i>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</i>	13
1.7.1 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LA ROCA	13
1.7.1.1 Dureza	13
1.7.1.2 Resistencia mecánica	13
1.7.1.3 Elasticidad y plasticidad	14
1.7.1.4 Abrasividad	15
1.7.1.5 Estructura	15
1.7.2 CLASIFICACION GEO MECANICA	15
1.7.3 CICLO DE AVANCE	21
1.7.4 PERFORACIÓN	22
1.7.4.1 Perforación por rotoperfusión	22
1.7.4.2 Errores y defectos en la perforación	24
1.7.4.3 Diagrama de perforación	25
1.7.4.3.1 Corte quemado (Burn cut)	25
1.7.4.4 Accesorios de perforación	26
Barras:	26
Brocas:	26
1.8 EXPLOSIVOS	27
1.8.1 CLASIFICACIÓN DE EXPLOSIVOS	27
1.8.1.1 Altos explosivos	27
1.8.1.2 Agente de Voladura	28
1.8.2 ACCESORIO DE VOLADURA	29
1.8.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS EXPLOSIVOS	33
1.8.3.1 Potencia y Energía	33
1.8.3.2 Velocidad de Detonación	33



1.8.3.3 Densidad	33
1.8.3.4 Presión de detonación y presión de explosión	34
1.8.3.5 Resistencia al agua	34
1.8.3.6 Sensibilidad	34
1.8.3.7 Transmisión	34
1.8.3.8 Resistencia a las bajas temperaturas	35
1.8.3.9 Vida útil	35
1.9 MECANICA DE LA ROTURA DE ROCAS	35
1.10 VOLADURA EN MINERÍA SUBTERRÁNEA (Preparación y Desarrollo)	37
1.10.1 Generalidades	37
1.10.2 Diseño geométrico de los diagrama de perforación	37
1.10.3 Procedimiento de Cálculo y diseño de parámetros de Perforación y Voladura (Método Holmberg).	39
1.10.3.1 Cálculo de corte	40
1.10.3.2 Avance por disparo (H)	40
1.10.3.3 Diseño en el corte	41
1.10.3.4 Cálculo de burden en el primer cuadrante	42
1.10.3.5 Cálculo de burden en el segundo cuadrante	43
1.10.3.6 Arrastres	44
1.10.3.7 Espaciamiento de los taladros (S)	45
1.10.5 Evaluación de la voladura	47
CAPÍTULO 2	49
2.1 MAPEO DE LAS OPERACIONES UNITARIAS	49
2.1.1 Servicio técnico	52
2.1.2 Mantenimiento mecánico	52
2.1.3 Finanzas	52
2.1.4 Recursos Humanos	52
2.1.5 Operaciones de minas	52
2.1.5.1 Perforación de frentes (labores de desarrollo y preparación)	52
2.1.5.2 Carga de explosivo	53
2.1.5.3 Ventilación	57
2.1.5.4 Saneamiento y/o tojeo	57
2.1.5.5 Sostenimiento y/o fortificación	57
2.1.5.6 Carga y transporte	57
2.1.5.7 Relleno en Mina	57
2.1.6 Operaciones de planta	58
CAPÍTULO 3	59
3.1 Problemas principales en la operación de mina	59
3.1.1 Problema 1: Bajo rendimiento en desarrollo y preparación	59
3.1.2 Problema 2: Sobre excavación de labores	60
3.1.3 Problema 3: Incremento de costo por metro de desarrollado y preparación.	60
3.2 Matriz de Complejidad versus Beneficio	60
3.2.1 Problema Principal	61
3.3 Análisis de Causas	62



3.3.1. Método y/o Proceso	64
3.3.2 Medio ambiente y/o entorno:	64
3.3.4 Mano de obra y/o persona:	65
3.4 Criterio de Evaluación	65
3.5 Plan de acción	69
CAPITULO 4	71
PLAN DE IMPLEMENTACION Y FACTORES CLAVES DE EXITO	71
4.1 El plan de implementación (Gantt)	72
4.2 Pruebas del diagrama de perforación en una sección de 3.8 x 3.8	78
4.2.1 Descripción geomecánica de las labores	78
4.2.3 Descripción de implementación	78
Diagrama estándar: Labor: Basal 2580 SE veta encentro superior	81
Prueba N° 1: Labor: AC 2544 veta encuentro superior	85
Prueba N° 4: Labor: AC 2544	88
Prueba N° 6: Labor: AC 2544	89
Prueba N° 7: Labor: N 2580 SE	91
4.3 Pruebas del diagrama de perforación en una sección de 4.1 x 4.1	95
4.3.1 Descripción geomecánica de las labores	95
4.3.2 Descripción de implementación:	95
Diagrama estándar: Labor: Basal 2390 SE veta encuentro inferior	98
Prueba N° 1: Labor: N 2390 SE	101
Prueba N° 6: Labor: N 2390 SE	103
Prueba N° 8: Labor: N 2390 SE	106
CAPITULO 5	110
ANALISIS DE RESULTADOS	110
5.1 Análisis de pruebas - Diagrama de perforación 3.8 m x 3.8 m	110
5.2 Análisis de pruebas - Diagrama de perforación 4.1 m x 4.1 m	113
5.3 Análisis económico	115
Capítulo 6	119
6.1 Conclusiones	119
6.2 Recomendaciones	121
Bibliografía	122
ANEXO I PRUEBAS REALIZADAS CON LOS DIAGRAMAS PROPUESTOS	123
ANEXO II CATALOGOS DE EQUIPOS DE PERFORACION	165
ANEXO III CATALOGOS DE EXPLOSIVOS Y ACESORRIOS DE VOLADURA	172
ANEXO IV TABLAS DE COSTO DE METRO DE AVANCE	187



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de dureza de la roca.....	13
Tabla 2 Especificaciones técnicas del Emulex	28
Tabla 3 Especificaciones técnicas -Anfo	29
Tabla 4 Especificaciones técnicas – Cordón detonante de gramaje 5 y 40	30
Tabla 5 Especificaciones técnicas – Fulminante N°8	30
Tabla 6 Especificaciones técnicas – Mecha de seguridad.....	31
Tabla 7 Número de serie – detonadores no eléctricos	32
Tabla 8 Parámetros pos voladura	48
Tabla 9 matriz complejidad vs beneficio.....	61
Tabla 10 causas y soluciones del diagrama causa- raíz	67
Tabla 11 ponderación	68
Tabla 12 causas y soluciones del metodo.....	70
Tabla 13: KPI TEORICO	74
Tabla 14: Datos de perforación y carga explosiva-diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m	82
Tabla 15.KPI -DIAGRAMA ESTANDAR sección 3.8 m x 3.8 m.....	84
Tabla 16: Datos de perforación y carga de explosivos-prueba N° 1- sección 3.8 m x 3.8 m	86
Tabla 17: Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura- prueba N° 4- sección 3.8 m x 3.8 m.....	88
Tabla 18: Datos de perforación , carga de explosivos y post voladura- prueba N° 6- sección 3.8 m x 3.8 m.....	90
Tabla 19: Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura prueba 7- sección 3.8 m x 3.8 m.....	92
Tabla 20: Resumen de pruebas realizadas - sección 3.8 m x 3.8 m	94
Tabla 21: KPI estándar vs pruebas.....	94
Tabla 22: Datos de perforación y carga de explosivos diagrama estándar- sección 4.1 m x 4.1 m.....	99
Tabla 23: KPI REAL- sección 4.1 m x 4.1 m	100
Tabla 24: Datos de perforación y carga de explosivos prueba 1 - sección 4.1 m x 4.1 m	102
Tabla 25: Datos de perforación y carga de explosivos- prueba 6-- sección 4.1 m x 4.1 m	104
Tabla 26: Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura- prueba 8 - sección 4.1 m x 4.1 m.....	107
Tabla 27: Resumen de pruebas - sección 4.1 m x 4.1 m.....	109
Tabla 28: KPI estándar vs real -sección 4.1 m x 4.1 m	109
Tabla 29 Resultados de pruebas realizadas-sección 3.8 m x 3.8 m.....	110
Tabla 30 Resultados de pruebas realizadas- sección 4.1 m x 4.1 m.....	113
Tabla 31 Costo por metros de avance	115
Tabla 32 Costo de Explosivos y accesorios de voladura por frente.....	115
Tabla 33 Costo de acero de perforación por frente	116
Tabla 34 Incremento de metros de avance por optimización de eficiencia.....	116
Tabla 35 Costo por metro de avance de los diagramas propuestos vs estándar.....	117

Tabla 36 optimización de costo por metro de avance aplicado al plan de desarrollo 2023
..... 117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapas de referencias.....	4
Figura 2: Perteneencias de Ymad.....	5
Figura 3: Perteneencias de Ymad.....	6
Figura 4: Mapa Geológico local de YMAD	7
Figura 5: Basales sobre mineral.....	9
Figura 6: Basales sobre mineral y perforación de chimenea	9
Figura 7: Perforación de filas de producción	10
Figura 8: Apertura de rainura	10
Figura 9: Voladura de bloque 1 y limpieza	11
Figura 10: Relleno por etapas.....	11
Figura 11: Cartilla GSI aplicada en YMAD	16
Figura 12: Detalle de clase de roca y su correspondiente sostenimiento.	17
Figura 13: Detalle estándar de sostenimiento de labores del tipo +	18
Figura 14: Estándar de sostenimiento de labores de tipo T.....	19
Figura 15: Estándar de sostenimiento de labores lineales	20
Figura 16: Ciclo de perforación y voladura en Frentes de avance.....	21
Figura 17: Equipo de Perforación rotopercutiva.	24
Figura 18: Errores y defectos en la perforación.....	25
Figura 19: Corte en paralelo	26
Figura 20 Taco inerte TN	32
Figura 21 Mecánica de rotura por explosivo	36
Figura 22 Mecánica de Rotura. Zonas	37
Figura 23: Zonas de voladura, según Holmberg	40
Figura 24: Sección cuadrada de corte paralelo	41
Figura 25: Distancia de burden	43
Figura 26 Diagramas estándar.....	53
Figura 27 Diagramas estándar – Serie de retardo	53
Figura 28 Estándar 3.8 m x 3.8 m	55
Figura 29 Estándar 4.1 x 4.1	56
Figura 30 Diagrama causa-raíz.....	63
Figura 31 Capacitacion al personal.....	73
Figura 32: PANILLAS PARA TOMA DE DATO	76
Figura 33: Plantilla de diagrama propuesto 3.8m x 3.8 m	79
Figura 34: Distribución de carga	79
Figura 35: Serie de retardo	80
Figura 36: Medición de la longitud de taladros	80
Figura 37: Diagrama estándar perforado-Sección 3.8 m x 3.8 m	81
Figura 38: Fragmentación de la voladura – resultados post voladura –Diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m.....	82



Figura 39: Imagen de pata post voladura-Diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m .	83
Figura 40: Diagrama propuesto perforado - sección 3.8 m x 3.8 m	85
Figura 41: Carga de explosivo en el frente de trabajo	86
Figura 42: Fragmentación de la voladura – resultados post voladura- prueba N° 1- sección 3.8 m x 3.8 m	87
Figura 43 Serie de retardo propuesta.....	90
Figura 44: Panilla de diagrama 4.1 m x 4.1 m	96
Figura 45 Distribución de carga en los taladros	97
Figura 46: Serie de retardo estándar	97
Figura 47: Diagrama estándar perforado- sección 4.1 m x 4.1 m	98
Figura 48: Fragmentación de la voladura – resultados post voladura diagrama estándar- sección 4.1 m x 4.1 m	99
Figura 49 :Diagrama propuesto perforado- sección 4.1 m x 4.1 m	101
Figura 50: Fragmentación de la voladura – prueba 1 - sección 4.1 m x 4.1 m.....	102
Figura 51: Medición de longitud de taco.....	104
Figura 52: Fragmentación de la voladura – prueba 6 - sección 4.1 m x 4.1 m.....	105
Figura 53: Serie de retardo propuesta.....	106



ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1: Curvas de Esfuerzo-Deformación de diferentes tipos de roca	14
Grafica 2: Resultados de las voladuras para diferentes distancias de barrenos cargados.	38
Grafica 3: Relación entre la concentración lineal de carga y piedra máxima para diferentes diámetros de barrenos de expansión (Larsson y Clark).....	39
Grafica 4 : Niveles estratégico, operativo y soporte	50
Grafica 5 Proceso operativo.....	51
Grafica 6 Diagrama de Pareto.....	69
Grafica 7 DIAGRAMA DE GANTT	72
Grafica 8: Curva granulométrica-Diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m.....	83
Grafica 9: Curva granulométrica- prueba N° 1- sección 3.8 m x 3.8 m.....	87
Grafica 10:Curva granulométrica:- prueba N° 4- sección 3.8 m x 3.8 m.....	89
Grafica 11: Curva granulométrica- prueba N° 6- sección 3.8 m x 3.8 m.....	91
Grafica 12: Curva granulométrica prueba 7- sección 3.8 m x 3.8 m	93
Grafica 13 Curva granulométrica: diagrama estándar- sección 4.1 m x 4.1 m.....	100
Grafica 14: Curva granulométrica- prueba 1 - sección 4.1 m x 4.1 m.....	103
Grafica 15: Curva granulométrica- prueba 6- sección 4.1 m x 4.1 m.....	105
Grafica 16: Curva granulométrica - prueba 8 - sección 4.1 m x 4.1 m.....	107
Grafica 17 efectividad de avance vs longitud de perforación -avance- sección 3.8 m x 3.8 m	111
Grafica 18 Factor de carga vs proyección-fragmentación- sección 3.8 m x 3.8 m..	112
Grafica 19 Efectividad de avance vs longitud de perforación –avance- sección 4.1 m x 4.1 m	113
Grafica 20 Factor de carga vs proyección-fragmentación- sección 4.1 m x 4.1 m..	114
Grafica 21 OPTIMIZACION DE COSTO DE METRO DE AVANCE APLICADO AL LOM 2023	118
Grafica 22 OPTIMIZACION DE COSTO DE METRO DE AVANCE APLICADO AL LOM 2023	118



RESUMEN

El correspondiente trabajo final fue realizado entre los meses de Agosto y Noviembre del 2022, en el complejo minero YMAD, ubicado en los Nacimientos en el distrito Hualfin, Departamento Belén, Provincia de Catamarca.

Actualmente se está explotando **veta encuentro**, mediante el método de taladros largos (log hole).

El presente trabajo final tiene como objetivo la reducción de costos de perforación y voladura mediante la optimización de los diagramas de perforación en labores de preparación y desarrollo, para incrementar la eficiencia y disminución de costos operativos, en Mina Farallón Negro.

En primer lugar, se realiza el análisis de los estándares de perforación, carga y voladura empleados por la empresa y de esta manera tener como base de comparación con los resultados obtenidos en este trabajo. Además, mediante el seguimiento del proceso de perforación, se determinará los mayores problemas a la hora de realizar dicha actividad. Se comienza con la realización de 20 pruebas con los diagramas propuestos en Basales y acceso para diferentes secciones y tipo de roca, modificando los diagramas de perforación estándar, factores de carga y secuencia de salida.

Luego, se realiza el análisis de los resultados de las diferentes pruebas realizadas, teniendo en cuenta los siguientes indicadores de rendimiento: eficiencia de avance, condiciones de la labor, sobre excavación, proyección y fragmentación.

.Finalmente, se realiza el análisis económico, teniendo en cuenta los resultados obtenidos y LOM del año 2023, determinando el ahorro anual que se obtiene con la aplicación de los diagramas propuestos.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

YMAD (Yacimientos Mineros de Agua de Dionisio), es titular de una concesión minera de 344 Km² de superficie, allí se encuentran diferentes yacimientos y manifestaciones mineralizadas del tipo vetiforme; las mismas contienen oro, plata, cobre y molibdeno. El complejo minero se encuentra localizado en la Provincia de Catamarca, Argentina.

El presente trabajo final se desarrolla en la mina Farallón Negro (YMAD), el método de explotación que emplea actualmente es Long Hole, el cual consiste en **desarrollar** rampas de acceso en estéril hasta un determinado nivel, en el cual se accede por medio de un cruceo acceso hasta cortar la mineralización, una vez en la mineralización se ejecutan la galería basal (**preparación**) que tiene como objetivo delimitar las unidades básicas de explotación (UBE) con un nivel superior e inferior estos tienen una altura de 17 metros y una longitud de 30 metros aproximadamente. Las UBE, están en función directa de las condiciones geotécnicas del macizo rocoso y de la mineralización, la diferencia entre niveles es de 17 metros, las cámaras se minan en forma vertical y el mineral producto de la voladura se extrae por el nivel inferior con equipos cargador LHD a control remoto, mientras que el relleno se ingresa por en nivel superior.

Actualmente, el mineral de oro y plata proviene de veta Encuentro. La producción diaria es de 558 tn/día, de las cuales 327 tn corresponden a leyes bajas y las restantes 231 tn a leyes altas. Se consideran leyes altas aquellas leyes que superan los 3 gr/tn de Au, y leyes bajas entre 1,5 gr/tn y 3 gr/tn de Au

1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo final es obtener la reducción de costos operativos en mina, aplicando controles y seguimiento a las operaciones unitarias de perforación y voladura, con el objetivo de identificar desvíos y oportunidades para optimizar el proceso (estándares) e incrementar los rendimientos de las operaciones unitarias en cada una de ellas, logrando de esta manera que la empresa obtenga un mayor beneficio por metro de avance.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapeo de operación unitaria de perforación y voladura en desarrollo, preparación.
- Análisis de variables geométricas de los estándares de perforación y voladura.
- Identificación de problemas y consecuencias.
- Optimización de estándar de perforación y voladura.
- Implementación y evaluación de nuevo estándar de perforación y voladura.
- Evaluación técnico económica del proceso optimizado y su impacto en la cadena de valor.

1.3 ALCANCES

El presente trabajo de investigación es de alcance local, válido para el yacimiento YMAD, ya que se centra en el principal problema de la empresa que son los elevados costos de desarrollo, este estudio apunta a la reducción de costos de perforación y voladura, basado en la disminución del consumo de acero, explosivos, horas máquinas y mano de obra asociada.

1.4 Limitaciones

La complejidad de un minucioso control topográfico en las operaciones unitarias de desarrollo y preparación de la mina cada cierto periodo y la obtención de la información en forma y tiempo, son las principales limitaciones del estudio.

1.5 Metodología

La metodología seguida para el desarrollo del presente trabajo se detalla a continuación:

1- Análisis de la información.

- a- Recopilación de la información técnica y bibliográfica.
- b- Manuales y bibliografías relacionadas con el estudio

2- Seguimiento en sitio de operaciones unitarias (Mapeo).

- a- Perforación y voladura en desarrollo y/o preparación.

3- Identificación de problemas y consecuencias.

- a- Análisis de Causa raíz
- b- Análisis del diagrama de Pareto

4- Plan de implementación y factores claves de éxito

- a. Simulación con software Jk
- b. Implementación seguimiento en sitio del nuevo estándar de perforación y voladura
- c. Seguimiento de operaciones de carguío y voladura con registro fotográfico
- d. Digitalización de la información obtenida en el seguimiento.
- e. procesamiento de la información mediante software Split desktop
- f. Evaluación del rendimiento y la consecuencia.
- g. Evaluación económica del diagrama estándar vs el propuesto, teniendo en cuenta los costos de explosivos, aceros de perforación, horas máquina y mano de obra asociada.

7- Conclusión y recomendaciones del trabajo final.

- a- Presentación a la gerencia de operación los resultados del trabajo.

1.6 GENERALIDADES

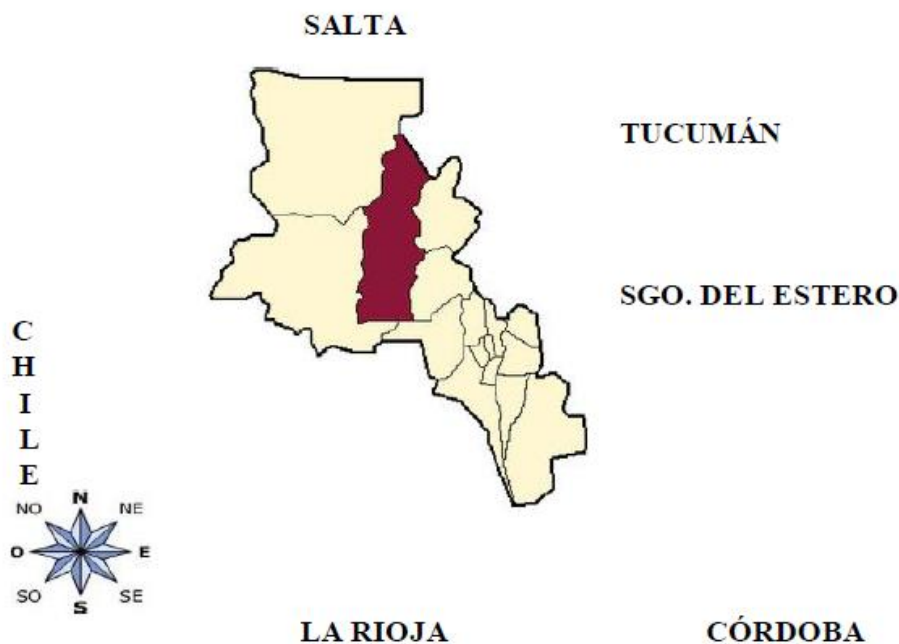
1.6.1 Ubicación geográfica del yacimiento

El distrito mineralizado Farallón Negro se localiza en la concesión minera de Yacimientos Mineros Aguas de Dionisio (YMAD), que tiene una superficie de 334 Km², ubicado en el distrito Hualfin- Los Nacimientos, Departamento Belén, Provincia de Catamarca, República Argentina, a una altura promedio de 2.600 m.s.n.m. Sus límites en coordenadas geográficas medias son: 27° 15 Y 27° 20 de latitud sur y 66° 35 y 66° 40 de longitud Oeste.

Se accede a través de la ruta nacional 40 empalmado posteriormente con la ruta provincial 35. Los centros poblados más próximos son: Los Nacimientos, a 25 km; Hualfin, a 35 km; Belén a 100 km; Santa María, a 120 km. y Andalgalá a 180 km.

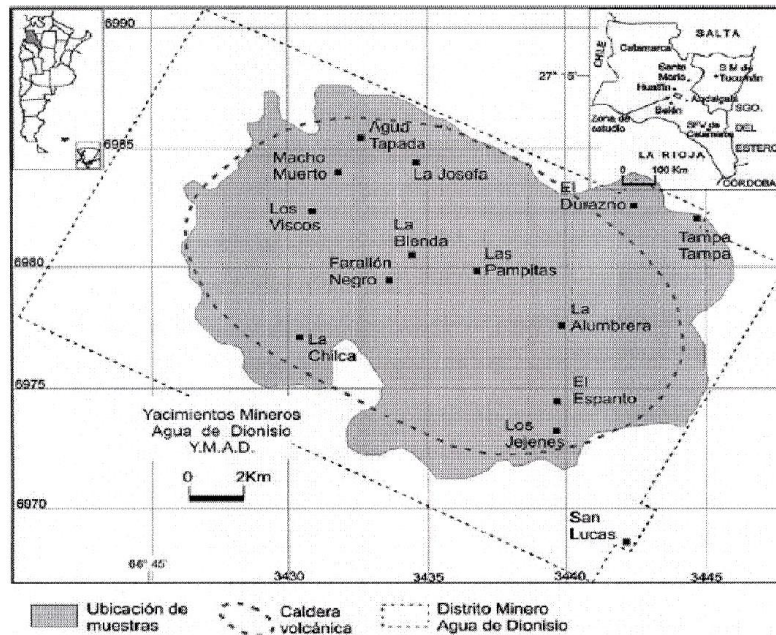
Figura 1: Mapas de referencias

Provincia de Catamarca – Dpto. Belén. Distrito Hualfin– YMAD.



Nota: Mapa referencial de la provincia de Catamarca – Belén –Ubicación del yacimiento minero

Figura 2: Pertenencias de Ymad



Nota: En la figura se muestra las pertenencias de Ymad.

1.6.2 Inicio de actividad e Infraestructura

Desde 1978 YMAD produce oro y plata que proviene de la explotación de los yacimientos del tipo vetiforme, habiendo desarrollado en Farallón Negro un complejo minero-industrial donde se realizan las actividades de extracción del mineral hasta la fundición del bullión.

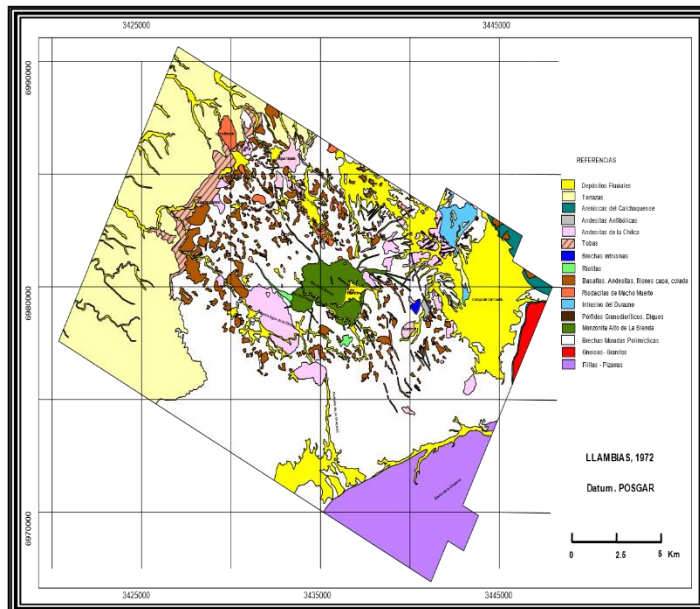
En el lugar se han desarrollado todas las infraestructuras necesarias para este trabajo que comprende: la mina, planta de beneficio, usina para la generación de electricidad, casas para familias y habitaciones para el resto del personal, talleres, laboratorio químico-metalúrgico, etc. también posee una capilla, hospital, escuela primaria, un destacamento de seguridad privada, servicios de telecomunicaciones, campos de deportes, comedores, almacenes de proveeduría, polvorines, depósitos de almacenamiento de agua, combustibles y los distintos talleres para el mantenimiento de los equipos.

1.6.3 Geología regional

El área se encuentra dentro de la Provincia Geológica de Sierras Pampeanas, con alturas que oscilan entre los 2.400 a 2.900 m.s.n.m. El depósito está emplazado en el Complejo Volcánico Farallón Negro, el cual está formado por una serie de rocas extrusivas de naturaleza andesítica-dacítica. Es interpretado como un extenso estratovolcán de aproximadamente 16 km de diámetro y 6.000 m de altura.

Las unidades geológicas que están comprendidas dentro del área de reserva de YMAD pertenecen en su casi totalidad al Complejo Volcánico de Farallón Negro, de edad Terciaria. Las rocas más antiguas afloran al SE y al E, son filitas y pizarras y gneises, esquistos inyectados y granitos porfiroides que pertenecen al basamento cristalino de las sierras pampeanas de edad precámbrica.

Figura 3: Pertenencias de Ymad



Nota: En la figura se puede visualizar la geología regional de Ymad

1.6.4 Geología local

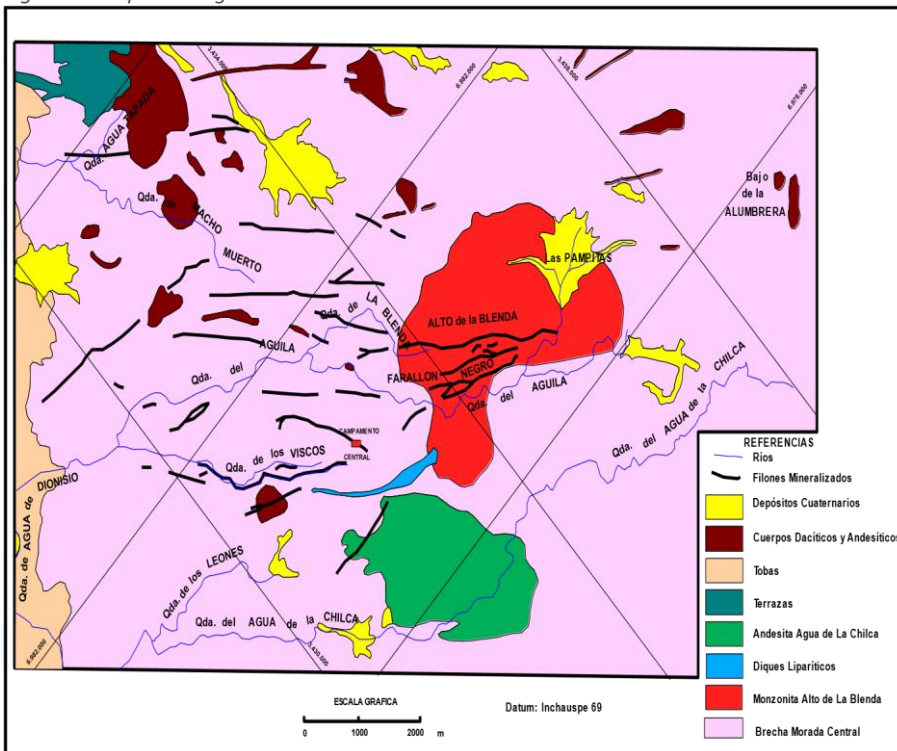
Litología

Los cuerpos intrusivos relacionados con la mineralización, consisten en una serie de pórfidos dacíticos. La mineralización también se extiende a las andesitas que fueron instruidas por estos pórfidos. Se pueden distinguir un total de cinco intrusiones de pórfido dacíticos, formando un stock principal.

Los distintos pórfidos pueden ser distinguidos por sus variedades texturales y contenido de fenocristales de plagioclasas, biotita y anfíboles de hasta unos pocos milímetros en su máxima dimensión, en una matriz fina, cristalina de cuarzo y feldespato. Prominentes ojos de cuarzo pueden aparecer en algunas variedades de pórfido.

También pueden aparecer localmente, abundantes fragmentos angulosos de venas de cuarzo.

Figura 4: Mapa Geológico local de YMAD



Nota: En la figura se puede visualizar la geología local de Ymad

Estructura y textura

La potencia de las vetas es variable desde unos 50 cm hasta 10 m de espesor, tienen estructuras en rosario a causa del ensanchamiento y acortamiento de las fracturas principales, tanto en el sentido del rumbo como en su profundidad. Las grandes fracturas tienen un rumbo regular NO-SE y sus buzamientos varían de 60° a 90°, predominando las inclinaciones hacia el SE. Un sistema menor de fracturas que acompañan a la veta en forma paralela formando una red de pequeñas vetas que se entremezclan entre sí. La textura más difundida es la bandeada asimétrica con alteración de óxido de Manganeso, cuarzo, bandas de limonita o alteración de bandas de

carbonatos de calcio (calcita) y de manganeso (mangano-calcita y rodocrosita). También se encuentran texturas drusiformes (principalmente de cuarzo), fibrosas radiales (pirolusita y minerales de Mn), en escarpela y arriñonada (psilomelano)

Mineralogía

Los principales elementos que componen las vetas son:

- *Manganeso formado por:* Óxido de Mn (pirolusita, criptomelano, manganita) y carbonatos (mangano-calcita y rodocrosita).
- *Oro:* formando aleación natural con la plata en forma de electrun acompañando a los óxidos de manganeso, cuarzo y carbonatos. Otros de los minerales que se encuentran en pequeñas cantidades son la pirita, generalmente como roca de caja y como producto de alteración de la misma, calcopirita, galena y blenda.

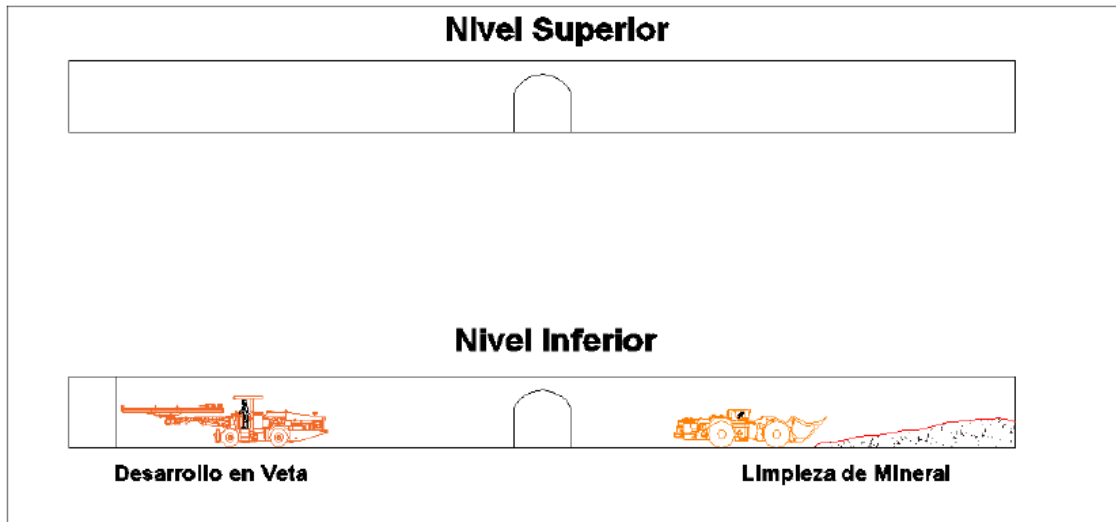
1.6.5 Método de Explotación y Concentración de Mineral

El método de explotación utilizado actualmente es el de Perforación de Cámaras mediante Tiros Largos, el mismo consiste en realizar las labores de desarrollo (Rampa y Cruceros) para acceder al cuerpo mineralizado, una vez realizadas estas labores, se prosigue con las labores de preparación (basales), las cuales consisten en la apertura de dos galerías basales sobre mineral en diferentes niveles, desde las cuales se realizan perforaciones verticales de longitud de 11 metros en veta. Este material es luego retirado por palas cargadoras de bajo perfil, las cuales son operadas por telecomando para mayor seguridad (debido a la presencia de cámaras abiertas), transportando el mineral a bolsillos, en donde camiones volquetes con capacidades de 10 a 20 toneladas lo extraen a superficie. Cuando se ha explotado la cámara completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril, de tipo detrítico, proveniente de canteras ubicadas en superficie y/o de labores de desarrollo; dicho material es ingresado al interior de mina por medio de chimeneas de relleno o camiones; esto sirve para el sostenimiento de los hastiales, como así también, de piso de trabajo para explotar la franja superior. El mineral minado es clasificado en Alta Ley (3–5 gr/t) y Baja Ley (0.8–3 gr/t), para luego ser enviado a Planta de Beneficio en donde se divide en dos procesos de concentración, en la figura se hace referencia al método de explotación

A continuación se detalla la secuencia de explotación mediante Tiros Largos:

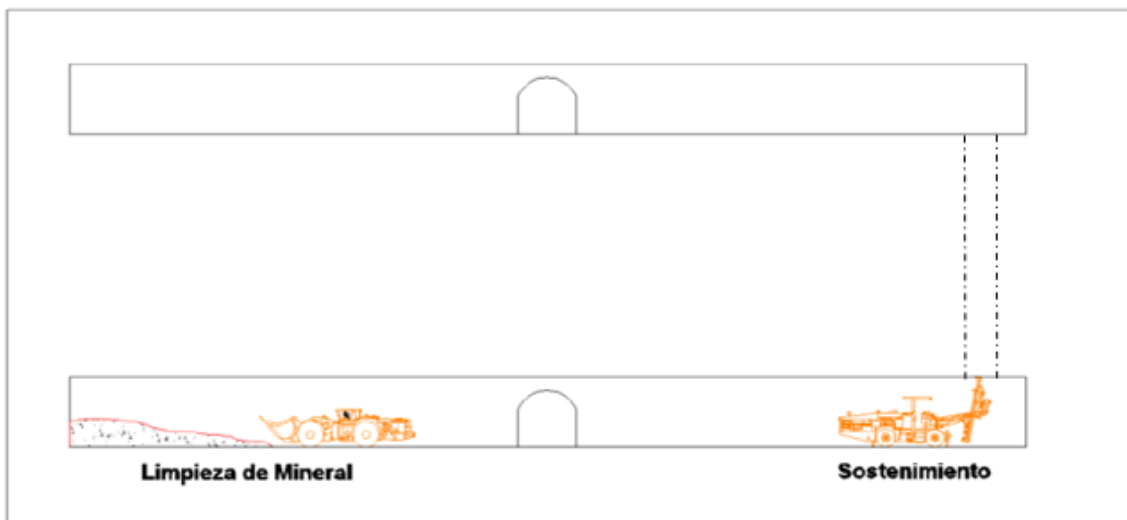
- 1- Se realizan las dos galerías basales sobre mineral. Luego se conectan ambas mediante una chimenea, que puede ser perforada desde el nivel inferior o superior

Figura 5: Basales sobre mineral



Nota: Apertura de las labores de preparación (Basales)

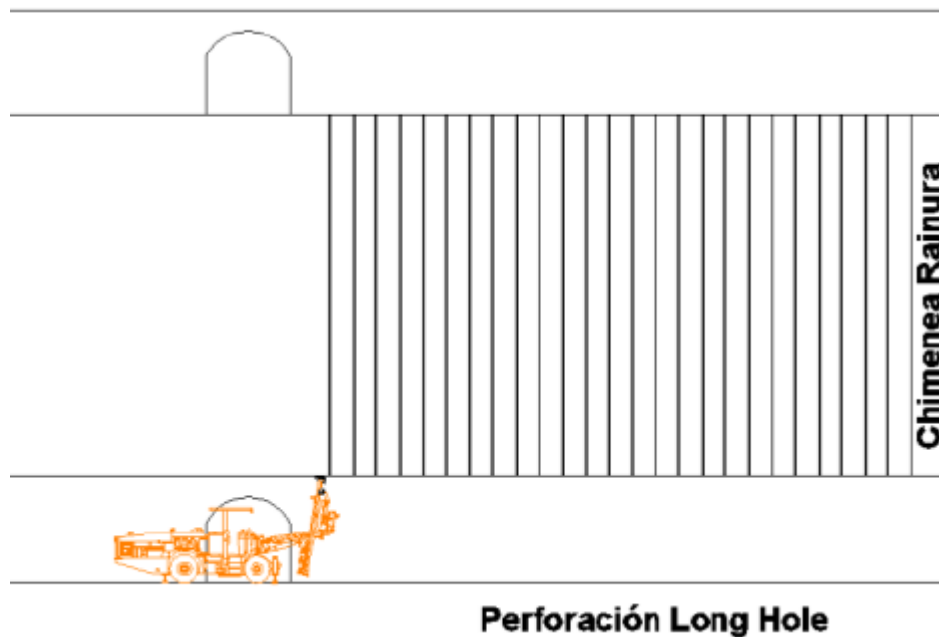
Figura 6: Basales sobre mineral y perforación de chimenea



Nota: Perforación de la chimenea para la conexión de ambas basales.

- 2- Se perforan las filas de producción, esto puede ser antes o después de la apertura de la rainura. Dependiendo de las características de la veta, pueden ser verticales paralelos o en abanico

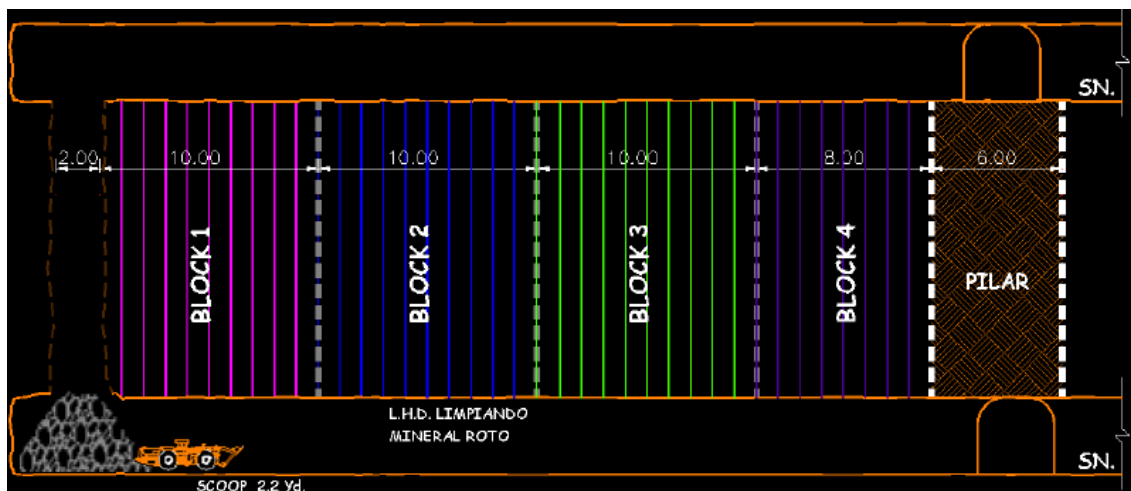
Figura 7: Perforación de filas de producción



Nota: Perforación de filas de producción mediante Simba. .

3- Para generar la conexión entre ambos basales se realiza la voladura de la rainura, generando la primera cara libre de la cámara. Se extrae el mineral con palas de bajo perfil con tele comando.

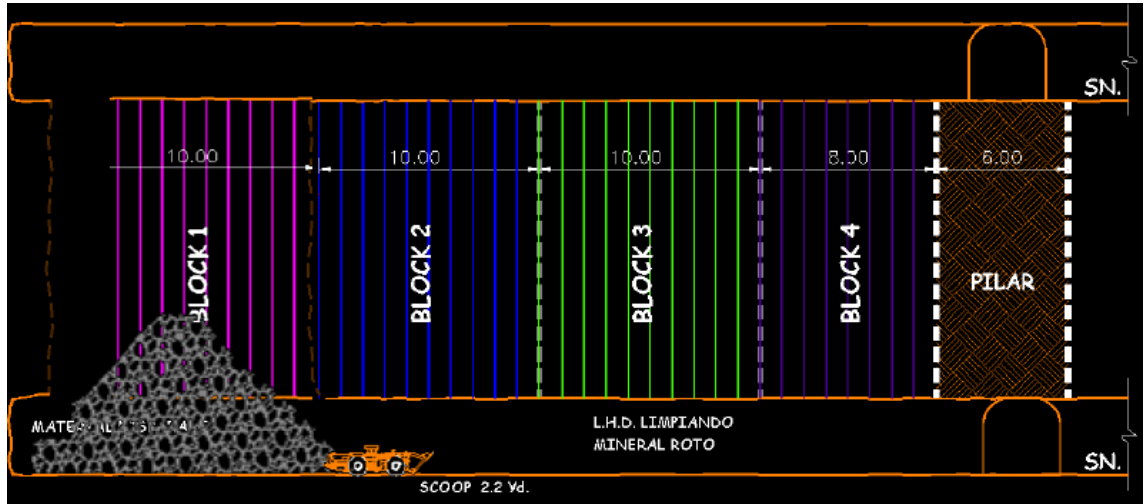
Figura 8: Apertura de rainura



Nota: Apertura de la rainura, generando de esta manera la cara libre.

- 4- Se procede a la explotación de la cámara mediante voladuras de las filas de producción, con posterior extracción de mineral.

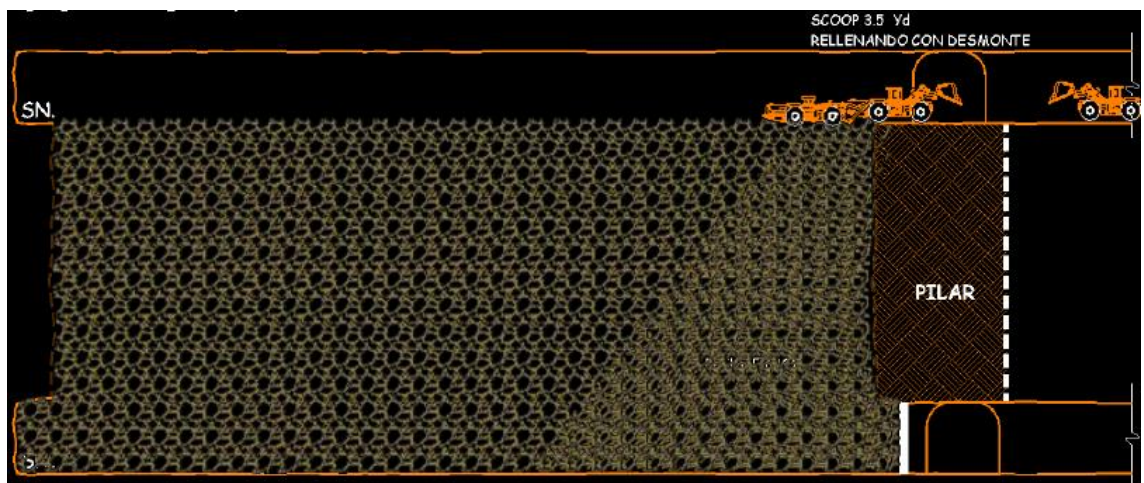
Figura 9: Voladura de bloque 1 y limpieza



Nota: Voladura de las filas de producción.

- 5- Una vez realizada la explotación de la cámara se procede al relleno de la misma con material estéril, es decir relleno detrítico. Dependiendo las condiciones puede ser relleno en boca a medida que se avanza con la explotación de la cámara, o bien al finalizar la explotación se realiza una tranca en el nivel inferior, con posterior ingreso de relleno como indica la figura.

Figura 10: Relleno por etapas



Nota: Una vez finalizada la explotación de la cámara, se procede a la realización del relleno de la misma con material detrítico.



- 6- Una vez rellena la cámara, el nivel superior sirve de piso para continuar explotando la veta en forma ascendente.

El mineral minado es clasificado en Alta (3–5 gr/tn) y Baja (0.8–3 gr/tn) ley para luego ser enviado a Planta de Beneficio en donde se divide en dos procesos de concentración, el mineral de alta ley es tratado a través de lixiviación por agitación convencional con solución cianurada, y el mineral de baja ley se procesa en pilas de lixiviación de aproximadamente 30 m de ancho, por 50 m de largo y 2 m de altura. Las soluciones ricas recuperadas de ambos procesos se envían a la etapa de extracción de los metales de interés económico (Oro y Plata), aplicando el método Merrill-Crowe, el cual utiliza polvo de Zinc para precipitar mediante reacciones de óxido-reducción los iones de Au y Ag contenidos en las soluciones de lixiviación, para posterior fundición y formación del Bullión.

Para la comercialización de ambos metales, en la planta ubicada en San Fernando del Valle de Catamarca, se realiza una última etapa de Electro-Refinación y Fundición, obteniéndose de ella lingotes de oro (60 kg/mes) y granallas de plata (350400 kg/mes). La producción anual de la mina es de 240.000 tn de mineral de baja ley, y 80.000 tn de alta ley.

1.7 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.7.1 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LA ROCA

Las características geo mecánicas, además de las condiciones estructurales de la roca, determinan el tipo de explosivo a emplear para provocar una voladura eficiente y económica. Por ello, es muy importante que además de conocer las propiedades del explosivo se tenga en cuenta el grado de afectación que puedan presentar algunos parámetros de la roca como:

1.7.1.1 Dureza

Se entiende por dureza la resistencia de una capa superficial a la penetración en ella de otro cuerpo más duro.

En una roca la dureza es función de la composición de los granos minerales constituyentes, de la porosidad de la roca y del grado de humedad. A continuación se detalla la clasificación de la roca de acuerdo a su dureza y resistencia a la compresión

Tabla 1 Clasificación de dureza de la roca

Clasificación	Dureza de Mohs	Resistencia a la compresión (MPa)
Muy dura	> 7	>200
Dura	6 – 7	120 – 200
Medio dura	4,5 – 6	60 – 120
Medio blanda	3 – 4,5	30 – 60
Blanda	2 – 3	10 – 30
Muy blanda	1– 2	<10

Nota: Clasificación de roca de acuerdo a su dureza y resistencia a la compresión. Manual de perforación y voladuras de rocas, C. López Jimeno, (1.994).

1.7.1.2 Resistencia mecánica

Es la propiedad de una roca de oponerse a su destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica.

Las rocas oponen una resistencia máxima a la compresión; comúnmente, la resistencia a la tracción no pasa de un 10 a un 15% de la resistencia a la compresión. Esto se debe a la fragilidad de las rocas, a la gran cantidad de defectos e irregularidades que presentan y a la pequeña cohesión entre las partículas constituyentes.

Entre los minerales integrantes de las rocas el cuarzo es el más sólido, por ello, cuanto mayor es su contenido la resistencia aumenta.

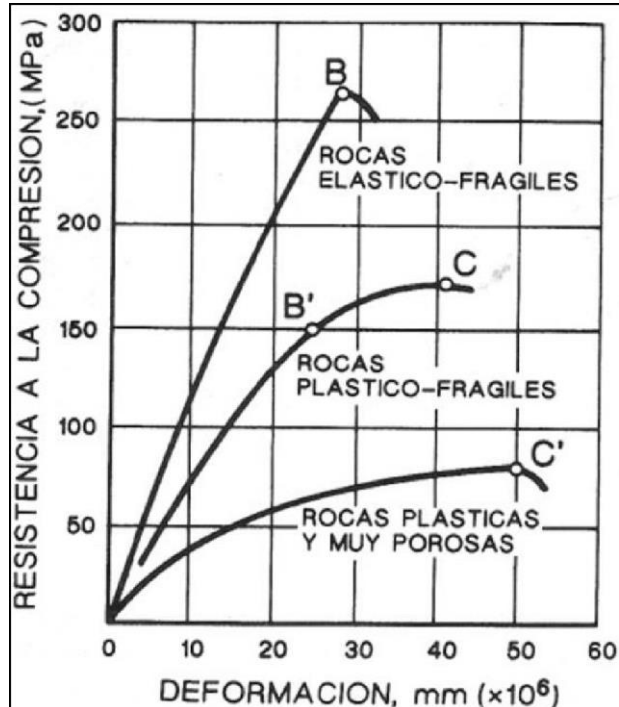
1.7.1.3 Elasticidad y plasticidad

La mayoría de los minerales constituyentes de las rocas tienen un comportamiento elástico-frágil, que obedece a la Ley de Hooke, y se destruyen cuando las tensiones superan el límite de elasticidad, pasando a tener un comportamiento plástico, este depende de la composición mineral de las rocas y disminuye con el incremento del contenido de cuarzo, feldespato y otros minerales duros. Las arcillas húmedas y algunas rocas homogéneas poseen altas propiedades plásticas.

Según el carácter de deformación, en función de las tensiones provocadas para cargas estáticas, se consideran tres grupos de rocas:

- Las elasto-frágiles o que obedecen a la Ley de Hooke;
- Las plástico-frágiles, a cuya destrucción antecede la deformación plástica;
- Las altamente plásticas o muy porosas, cuya deformación elástica es insignificante.

Grafica 1: Curvas de Esfuerzo-Deformación de diferentes tipos de roca



Nota: Figura referenciando esfuerzo – deformación de distintos tipos de roca. Manual de perforación y voladuras de rocas, C. López Jimeno, (1.994)

1.7.1.4 Abrasividad

Es la capacidad de las rocas para desgastar la superficie de contacto de otro cuerpo más duro, en el proceso de rozamiento durante el movimiento.

Los factores que elevan la capacidad abrasiva de las rocas son las siguientes:

- La dureza de los granos constituyentes de la roca, aquellas que contienen cuarzo son sumamente abrasivas.
- La forma de los granos, cuando son más angulosos son más abrasivos que los redondeados.
- El tamaño de los granos.
- La porosidad de la roca.
- La heterogeneidad se da en rocas poliminerales, que aunque éstas tengan igual dureza, son más abrasivas, pues van dejando superficies ásperas con presencia de granos duros, por ejemplo, los granos de cuarzo en un granito.

1.7.1.5 Estructura

Las propiedades estructurales de los macizos rocosos, tales como esquistosidad, planos de estratificación, diaclasas y fallas, así como el rumbo y el buzamiento de éstas, son factores a tener en cuenta en el diseño de perforación y voladura.

1.7.2 CLASIFICACION GEO MECANICA

Para unificar un criterio acerca de la calidad de roca, YMAD adopta un sistema de clasificación de macizo rocoso propuesto por Hoek y denominado GSI (Geological Strength Index, y en español Índice de Resistencia Geológica). Este sistema de clasificación contempla las condiciones de fracturamiento de la roca, su resistencia, y las condiciones de las discontinuidades presentes en el sector evaluado.

Figura 11: Cartilla GSI aplicada en YMAD

MINA FARALLÓN NEGRO SOSTENIMIENTO SEGÚN GSI MODIFICADO DESARROLLOS AVANCE Y MINERAL		CONDICIÓN SUPERFICIAL DE DISCONTINUIDADES			
CLASE / TIPO FORTIFICACIÓN LABORES DE AVANCE (ESTERIL) 3,50 - 5,50 A Frontes: Sano Sistemático. B Intersecciones (SS 2.10 m-Ma). Según estándar. C Frontes: (SS, He, Hy 2.10 m -Malla). Grilla 1.30 m x 1.30 m. D Intersecciones (He, Hy 2.10 m-Ma). Según estándar. E Frontes: Sección Completa (Ship 5 Cm - Malla con He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30 x 1.30 m, a 1.5 m del piso. F Inter T y X: Sección Completa (Ship 5 a 7.5 Cm - Malla con He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30x1.30 m, a 1.5 m del piso. G Sostentamiento Triaxial. H Ship 5cm - Ma con Hy 2.1m - Ship 5 cm LABORES DE MINERAL 3,50 - 5,50 C Frontes: (SS, He, Hy 2.10 m -Malla). Grilla 1.30 m x 1.30 m. D Intersecciones (He, Hy 2.10 m-Ma). Según estándar. E Frontes: Sección Completa (Ship 5 Cm - He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30 x 1.30 m, a 1.5 m del piso. Adicional Malla. F Inter T y X: Sección Completa (Ship 5 a 7.5 Cm -He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30x1.30 m, a 1.5 m del piso.	MUY BUENA (Resistencia muy alta, roca fresca) Superficie discontinuidad muy rugosa, sin relleno natural o, cerrada, permeabilidad <1m. Rec: > 250 MPa. Se astilla con golpes de paqueta.	BUENA (Resistencia alta, roca levemente alterada) Superficie discontinuidad rugosa, relleno duro <5mm levemente abertura <0.01mm, permeabilidad 1a,3m. Rec: 100 - 250 MPa. Se rompe con 3 o más golpes de paqueta.	REGULAR (resistencia media, le ve a moderada alterada) Superficie discontinu. Agrum. rugosa. Relleno duro >5mm Moderadamente alter. abertura 0.01a1mm. Pera. 3a10m. Rec: 50 - 100 MPa. Se rompe con 1 a 2 golpes de paqueta.	(resistencia baja, MALA a roca blanda, cicatrizada, muy alterada) Discontinuidad lisa. Relleno blanco <5mm duro Moderadamente alter. Abertura 1 a 5mm. Pera. 10a20m. Rec: 25 a 50 MPa. Se indenta superficialmente con punta de paqueta.	
ESTRUCTURA LEVEMENTE FRACTURADO (MASIVA) Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre si. ROD : > 75 % (2 a 5 fracturas/metro) Espaciamiento > 0.60 m	LF/MB	LF/B	LF/R		
FRACTURADO EN BLOQUES Muy bien trabada, no perturbada, bloques cubicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales. ROD 50 - 75. (6 a 11 fracturas/metro) Espaciamiento de 0.20 a 0.60 m	F/MB	F/B	F/R	F/M	
MUY FRACTURADA. Moderadamente trabada, parcialmente perturbada, bloques angulosos, formados por cuatro o mas sistemas de discontinuidades. ROD : 25 - 50. (12 a 20 fracturas/metro) Espaciamiento 0.06 a 0.20 m.	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/M	
FRACTURADO Y PERTURBADO Plagado y/o afectado por fallas. Muchos sistemas de discontinuidades interceptados formando bloques angulosos o irregulares. ROD 0 - 25. (Mas de 20 fractur./metro) Espaciamiento entre 0.06 a 0 m.	FP/MB	FP/B	FP/R	FP/M	

Nota: Cartilla del sistema de clasificación de macizo rocoso (SGI) utilizado en el yacimiento de Farallón Negro.

Figura 12: Detalle de clase de roca y su correspondiente sostenimiento.

CLASE / TIPO	FORTIFICACIÓN LABORES DE AVANCE (ESTERIL) 3,50 - 5,50
A	Frentes, Saneo Sistemático. Intersecciones (SS 2.1 m+Ma). Según estándar.
B	Frentes, (SS, 2.10 m). Grilla 1.30 m x 1.30 m. Intersecciones (SS, 2.10 m+Ma). Según estándar.
C	Frentes, (SS, He, Hy 2.10 m +Malla). Grilla 1.30 m x 1.30 m. Intersecciones (He, Hy 2.10 m+Ma). Según estándar.
D	Frentes: Sección Completa (Shfp 5 Cm + Malla con He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30 x 1.30 m, a 1.5 m del piso. Inter T y X: Sección Completa (Shfp 5 a 7.5 Cm + Malla con He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30x1.30 m, a 1.5 m del piso.
E	Sostenimiento Trietápico. Shfp 5cm + Ma con Hy 2.1m + Shfp 5 cm
	LABORES DE MINERAL 3,50 - 5,50
C	Frentes, (SS, He, Hy 2.10 m +Malla). Grilla 1.30 m x 1.30 m. Intersecciones (He, Hy 2.10 m+Ma). Según estándar.
D	Frentes: Sección Completa (Shfp 5 Cm + He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30 x 1.30 m, a 1.5 m del piso. Adicional Malla. Inter T y X: Sección Completa (Shfp 5 a 7.5 Cm +He, Hy 2.10 m). Grilla 1.30x1.30 m, a 1.5 m del piso.
SS= Splitset, He= Helicoidales, Hy=Hydrabolt, Ma= Malla, Sh fp= Shotcrete mas fibra de polipropileno. BT= Boveda Total, SC= Sección Completa, S= Sistemático, L=Longitud.	

Nota: Brinda detalles respecto a la clase de roca y cuál es el tipo de sostenimiento a aplicar en cada caso

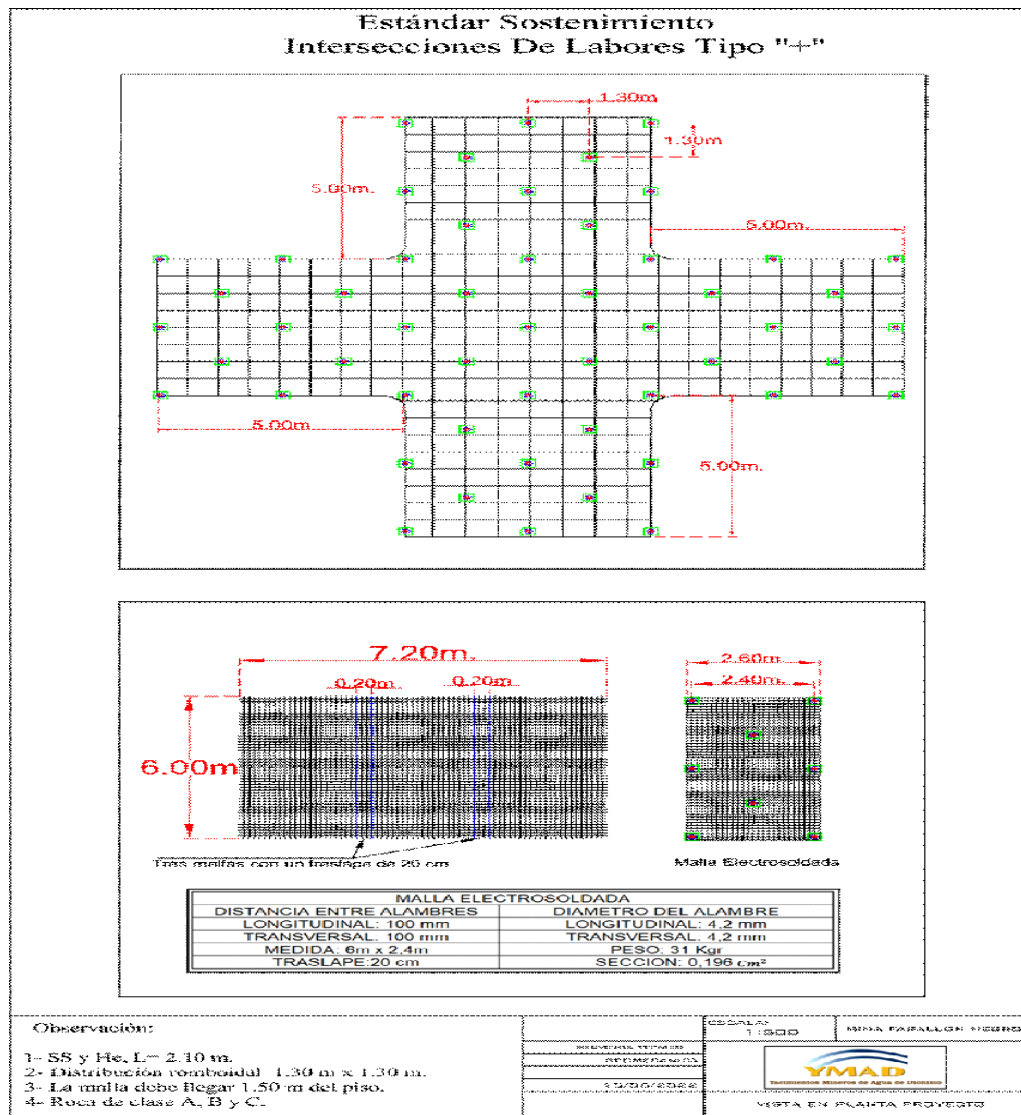
Inter T y X. Intersecciones generadas por el cruce de dos excavaciones.

Inter T es una intersección en donde las excavaciones que se cruzan forman una T.

Inter X es una intersección en donde las excavaciones que se cruzan forman una X.

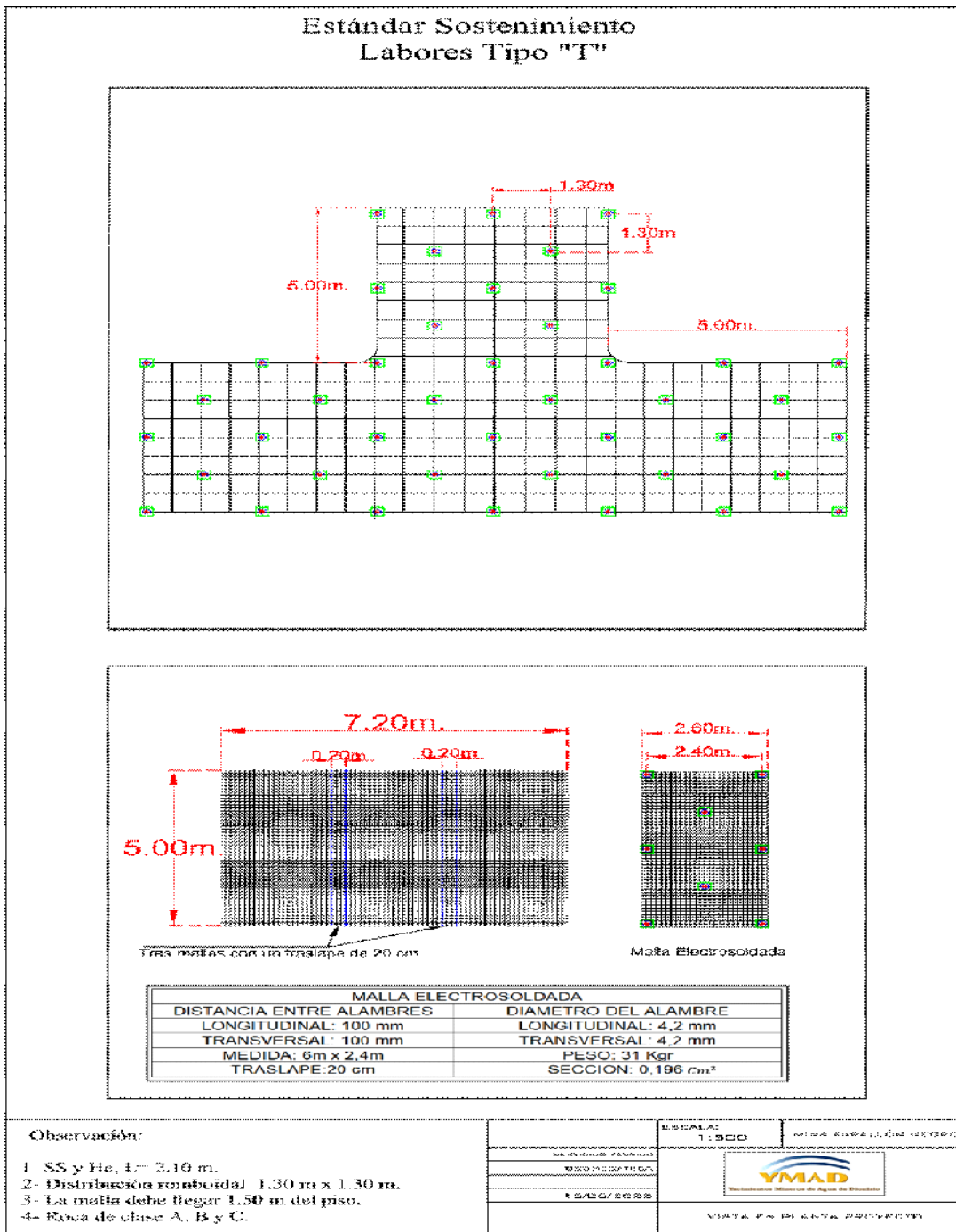
Se adjunta estándar de sostenimiento con Malla para intersección y labores lineales.

Figura 13: Detalle estándar de sostenimiento de labores del tipo +



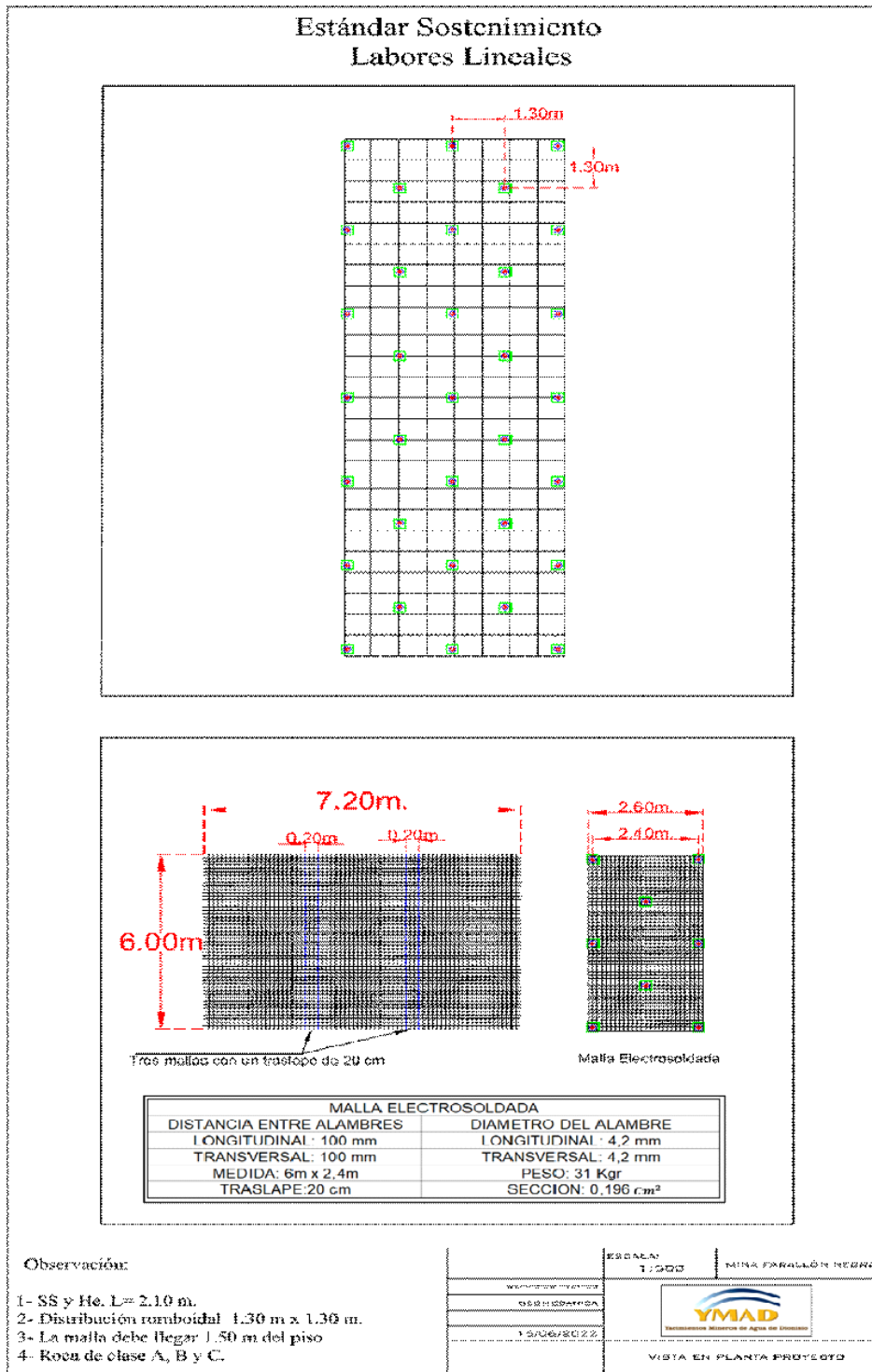
Nota: Brinda detalles respecto al sostenimiento a aplicar en caso de intersecciones de labores de tipo +

Figura 14: Estándar de sostenimiento de labores de tipo T



Nota: Brinda detalles respecto al sostenimiento a aplicar en caso de intersecciones de labores de tipo T

Figura 15: Estándar de sostenimiento de labores lineales



Nota: Brinda detalles respecto al sostenimiento a aplicar en caso de intersecciones de labores de tipo lineal.

1.7.3 CICLO DE AVANCE

El ciclo básico de avance se compone de las siguientes operaciones:

Figura 16: Ciclo de perforación y voladura en Frentes de avance.



Nota: Se puede visualizar el ciclo de perforación y voladura en frentes de avance. Cabe aclarar que la operación de shotcrete se realiza únicamente en tipo de roca D y E en caso de labores de estéril y en mineral en D. En otros casos la fortificación se realiza con Split set o helicoidal y malla según los estándares de geo mecánica, que se puede visualizar en la figura 6.

- Perforación: Para esta tarea se utiliza una perforadora frontal “Jumbo”, se efectúan los taladros que alojarán los explosivos a detonar posteriormente
- Carguío de explosivos: Consiste en la colocación del explosivo en los taladros con los retados correspondientes.
- Voladura: consiste en la iniciación de la carga explosiva. Se bloquean todos los accesos que lleven hacia la zona donde se efectuará el disparo.
- Ventilación del frente: Una vez volado el frente, se debe esperar hasta que la concentración de gases tóxicos alcance valores normales
- Limpieza: El mineral fragmentado se carga utilizando un LHD y se transporta hasta un sector de acopio.
- Saneo: Utilizando un acuñador de aluminio, se golpean las paredes del frente y roca caja con el fin de detectar posibles fragmentos de roca sueltos que puedan desprenderse y provocar algún tipo de accidente.
- Sostenimiento: Dependiendo de la calidad geo mecánica de la roca, previa evaluación se determina un tipo de sostenimiento, que va desde pernos, pernos con mallas, y bajo condiciones más adversas la aplicación shotcrete (hormigón proyectado).

- Replanteo: posterior a la etapa de sostenimiento, se realiza el levantamiento topográfico, marcas de gradiente, puntos y dirección de la labor.

1.7.4 PERFORACIÓN

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. El objetivo es generar las condiciones óptimas para distribuir la energía en el macizo rocoso y poder desprender la roca la cual debe cumplir determinadas condiciones (fragmentación, sobre excavación, proyección),

Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la broca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado. La eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo. En perforación tienen gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca (que influye en la facilidad y velocidad de penetración) y la abrasividad. Esta última influye en el desgaste de la broca y por ende en el diámetro final de los taladros cuando ésta se adelgaza.

Para conseguir una voladura eficiente la perforación es tan importante como la selección del explosivo, por lo que este trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado.

Colocar perforación rotopercutiva a continuación y ponga una imagen de un jumbo no de un martillo.

1.7.4.1 Perforación por rotopercucion

Normalmente la calidad de los taladros a ser perforados está determinada por cuatro condiciones: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad.

a. Diámetro, depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado. Como regla general, el de “menor diámetro factible” será el más adecuado y económico de realizar.

b. Longitud, Influye mucho en la elección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro).

c. Rectitud, varía con el tipo de roca, método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineamiento para que el explosivo sea apropiadamente distribuido.

En la mayoría de los trazos de perforación el paralelismo entre taladros es de vital importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura.

d. Estabilidad, los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo. En terrenos sueltos tienden a desmoronarse por lo que puede ser necesario revestirlos interiormente con tubos especiales para poderlos cargar o hacer otro taladro adyacente al obturado.

El principio de perforación de estos equipos se basa en el impacto de una pieza de acero (pistón) que golpea a un útil (barra) que a su vez transmite la energía al fondo del barreno por medio de un elemento final (broca). Los equipos rotopercutivos se clasifican en dos grandes grupos según donde se encuentre colocado el martillo:

- Martillo en cabeza. En estas perforadoras dos de las acciones básicas, rotación y percusión, se producen fuera del barreno, transmitiendo a través de una espiga y del varillaje hasta la broca de perforación. Los martillos pueden ser de accionamiento neumático o hidráulico.
- Martillo en fondo. La percusión se realiza directamente sobre la broca de perforación, mientras que la rotación se efectúa en el exterior del barreno. El accionamiento del pistón se lleva a cabo neumáticamente mientras que la rotación puede ser neumática o hidráulica.

La perforación por rotopercusión se basa en la combinación de las siguientes acciones: percusión y rotación. La percusión se basa en los impactos producidos por el golpeteo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje (en el martillo en cabeza) o directamente sobre ella (en el martillo de fondo). Mientras que la rotación consiste en hacer girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.

Las ventajas principales, que presentan la perforación rotopercutiva son:

- Es aplicable a todos los tipos de rocas, desde blandas a duras.
- La gama de diámetros de perforación es amplia.
- Los equipos son versátiles, pues se adaptan bien a diferentes trabajos.
- Necesitan un solo hombre para su manejo y operación.
- El mantenimiento es fácil y rápido.
- El precio de adquisición no es elevado.

En virtud de esas ventajas y características, los tipos de obras donde se utilizan son:

- En obras públicas subterráneas; túneles, cavernas de centrales hidráulicas, depósitos de residuos, etc., y de superficie; carreteras, autopistas, excavaciones industriales, etc.
- En minas subterráneas y en explotaciones a cielo abierto de tamaño medio y pequeño.

Empuje: Para mantener en contacto el útil de perforación con la roca se ejerce un empuje sobre la sarta de perforación.

Barrido: El fluido de barrido permite extraer el detritus del fondo del barreno.

Figura 17: Equipo de Perforación rotopercutiva.

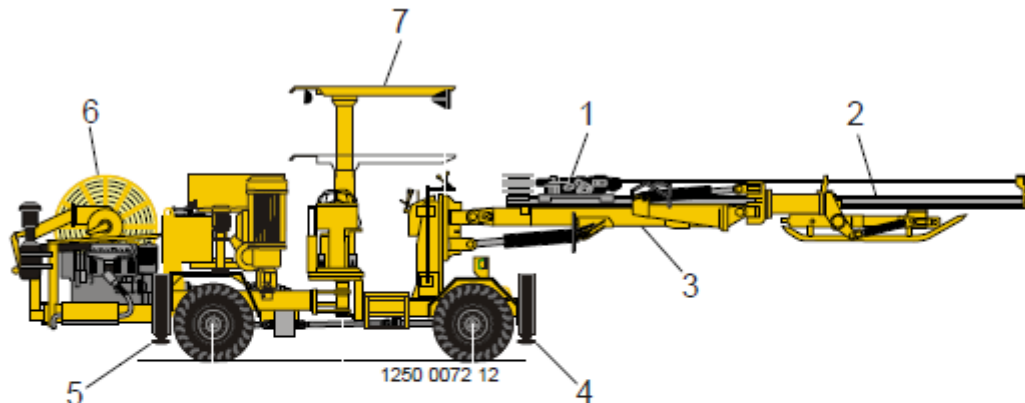


Figura: Boomer/Rocket Boomer con vehículo portador DC10 y DC11

- | | |
|---|-------------------------|
| 1 | Perforadora |
| 2 | Dispositivo de avance |
| 3 | Brazo |
| 4 | Pata de apoyo delantera |
| 5 | Pata de apoyo trasera |
| 6 | Tambor de cable |
| 7 | Techo de protección |

Nota: Se puede visualizar el Boomer utilizado en la perforación de frente tanto en las labores de preparación y desarrollo.

1.7.4.2 Errores y defectos en la perforación

A continuación se muestran los errores en la perforación, de los cuales son causantes de trabajo de mala calidad en avances.

I. Taladro de alivio de diámetro muy pequeño

Los errores son significativos, especialmente si afectan el arranque del disparo.

II. Desviación en el paralelismo

En este caso el burden no se mantiene uniforme, resulta mayor al fondo lo que afecta al fracturamiento y al avance.

Este problema es determinante en los arranques y en la periferia (techos) de túneles y galerías.

III. Espaciamientos irregulares entre taladros

Propician fragmentación gruesa.

IV. Irregular longitud de los taladros

Influye en el avance (especialmente si el de alivio es muy corto) y también determina una nueva cara muy irregular.

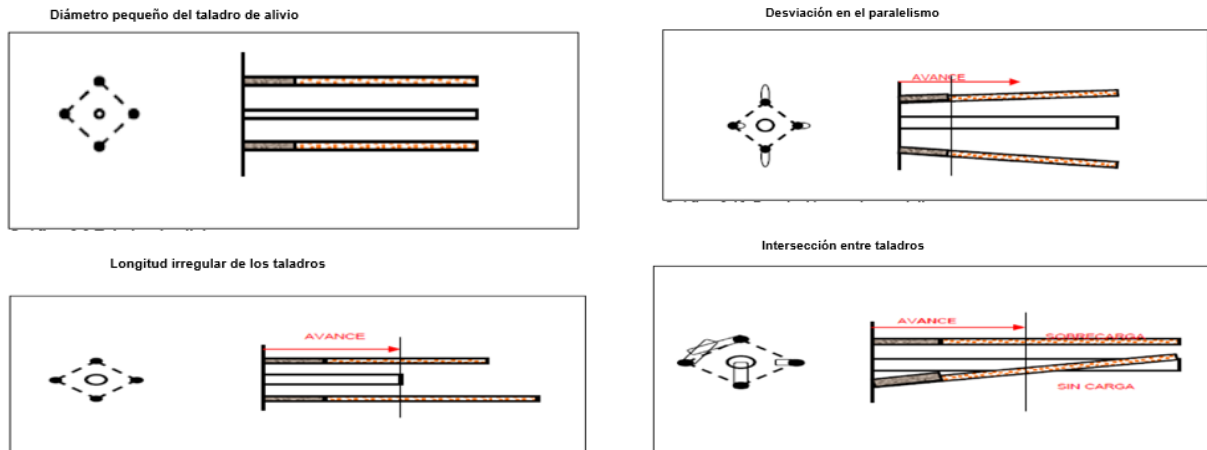
V. Intersección entre taladros

Afecta la distribución de la carga explosiva en el cuerpo de la roca a romper.

VI. Sobre carga (excesiva densidad de carga)

Mayor número de taladros que los necesarios o diámetros muy grandes; pueden determinar sobrecarga, que golpeará a la roca circundante.

Figura 18: Errores y defectos en la perforación



Nota: Se puede visualizar algunas de las fallas en la perforación (Manual práctico de voladura Exa, 2001).

1.7.4.3 Diagrama de perforación

El principio de la palabra voladura de túneles reside, por tanto, en la apertura de una cavidad inicial, denominada corte, cuele o arranque, destinada a crear una segunda cara libre de gran superficie para facilitar la subsiguiente rotura del resto de la sección, de modo que los taladros del núcleo y de la periferia pueden trabajar destrozando la roca en dirección hacia dicha cavidad.

Al formarse la cavidad el frente cerrado del túnel se transforma en un “banco anular”, donde los factores de cálculo para el destroce serán semejantes a los empleados en un banco de superficie, pero como ya se mencionó, exigiendo cargas considerablemente mayores para desplazar el material triturado.

1.7.4.3.1 Corte quemado (Burn cut)

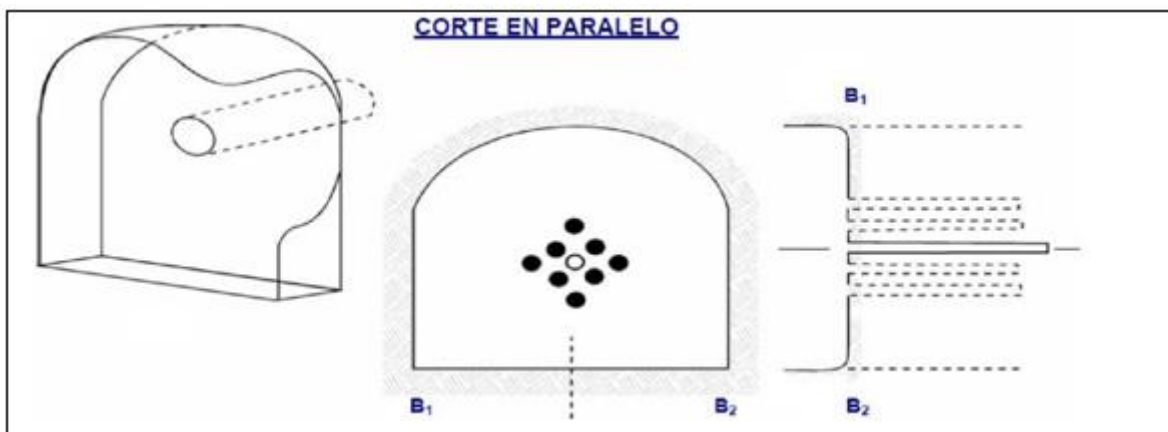
Comprende a un grupo de taladros de igual diámetro perforados cercanamente entre sí con distintos trazos o figuras de distribución, algunos de los cuales no contienen carga explosiva de modo que sus espacios vacíos actúan como caras libres para la acción de los taladros con carga explosiva cuando detonen.

El diseño más simple es de un rombo con cinco taladros, cuatro vacíos en los vértices y uno cargado al centro. Para ciertas condiciones de roca el esquema se invierte con el

taladro central vacío y los cuatro restantes cargados. También son usuales esquemas con seis, nueve y más taladros con distribución cuadrática, donde la mitad van con carga y el resto vacío, alternándose en formas diferentes usualmente triángulo y rombos, esquemas más complicados, como los denominados cortes suecos, presentan secuencias de salida en espiral o caracol.

Como los taladros son paralelos y cercanos, las concentraciones de carga son elevadas, por lo que usualmente la roca fragmentada se sinteriza en la parte profunda de la excavación (corte), no dándose así las condiciones óptimas para la salida del arranque, como por lo contrario ocurre con los cortes cilíndricos.

Figura 19: Corte en paralelo



Nota: Se puede visualizar la distribución de taladros de un corte en paralelo (Manual práctico de voladura Exa , 2001)

1.7.4.4 Accesorios de perforación

Barras:

Son varillas de acero acoplables que transmiten el impacto del martillo a la broca, ubicada en uno de sus extremos, las barras pueden ser tubulares, hexagonales, rígidas etc. y sus acoplamientos de rosca corrida, como roscado, cono de embone liso, etc.

Brocas:

Las que se emplean en la perforación rotopercutiva en la mina son las brocas a botones. Algunas características de diseño son las siguientes:

- Las varillas se atornillan hasta el fondo de la rosca de la broca con el fin de que la transmisión de la energía de impacto sea lo más directo posible sobre la roca.
- Las brocas disponen de una serie de orificios centrales y laterales por lo que se inyecta el fluido de barrido para remover el detrito y poseen unas hendiduras por las que pasan y ascienden las partículas de roca producida.

Las brocas se diseñan con una pequeña conicidad, siendo la parte más ancha a la que está en contacto con la roca, con el fin de contrarrestar el desgaste que sufre este accesorio y evitar un ajuste excesivo con las paredes del barreno.

1.8 EXPLOSIVOS

Son compuestos o mezclas de sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso, que por medio de reacciones químicas de óxido-reducción, son capaces de transformarse en un tiempo muy breve, del orden de una fracción de micro segundo, en productos gaseosos y condensados, cuyo volumen inicial se convierte en una masa gaseosa que llega a alcanzar altas temperaturas y en consecuencia elevadas presiones.

Así, los explosivos comerciales son una mezcla de sustancias, combustibles y oxidantes, que incentivadas debidamente, dan lugar a una reacción exotérmica muy rápida, que genera una serie de productos gaseosos a alta temperatura y presión, químicamente más estables, y que ocupan un mayor volumen, aproximadamente 1.000 a 10.000 veces mayor que el volumen original del espacio donde se alojó el explosivo.

Los procesos de reacción según su carácter físico-químico y el tiempo en que se realizan se catalogan como:

a) Combustión: se define como toda reacción química capaz de desprender calor pudiendo o no, ser percibida por nuestros sentidos, y que presenta un tiempo de reacción bastante lenta.

b) Deflagración: proceso exotérmico en el que la transmisión de la reacción de descomposición se basa principalmente en la conductividad térmica. Es un fenómeno superficial en el que el frente de deflagración se propaga por el explosivo en capas paralelas, a una velocidad baja, que generalmente no supera los 1.000 m/s.

c) Detonación: proceso físico-químico caracterizado por su gran velocidad de reacción y por la formación de gran cantidad de productos gaseosos a elevada temperatura, que adquieren una gran fuerza expansiva. Los explosivos, como los accesorios de voladura utilizados actualmente en la mina Farallón Negro son provisto por Austin Powder y Fabricaciones militares que provee el anfo a granel.

1.8.1 CLASIFICACIÓN DE EXPLOSIVOS

Los explosivos químicos industriales se clasifican en dos grandes grupos, según su velocidad de detonación:

- Altos explosivos, sensibles al fulminante (Nº 8).
- Agentes de voladura, no sensibles al fulminante (Nº 8).

1.8.1.1 Altos explosivos

Son explosivos de alta potencia, donde la onda de choque producida por los gases en expansión se mueve más rápido que la velocidad del sonido. Los altos explosivos empleados en Farallón Negro son:

- Emulex 2 Plus es una emulsión sensible al detonador que se caracteriza por más alto contenido de energía y presión de detonación que los explosivos de

emulsión estándar. El explosivo es de color gris, ya que contiene aluminio para mejorar el desplazamiento.

- Emulex 2 Plus puede ser utilizada como reemplazo de la dinamita y barros explosivos en voladuras de canteras o de túneles. También es adecuada para su uso como booster de explosivos menos sensibles como agentes de voladura (Ej. ANFO).

BENEFICIOS

- Su alta energía permite ampliar el patrón de perforación para voladuras más económicas.
- Desarrolla un volumen de gas excelente para el desplazamiento.
- Baja cantidad de humos tóxicos.
- Excelente resistencia al agua.
- Mejora el manipuleo debido a la rigidez de los cartuchos.
- Buenas características de acoplamiento cuando el diámetro del producto aplicado es adecuado al diámetro del barreno.

Tabla 2 Especificaciones técnicas del Emulex

Especificaciones técnica del EMULEX 2 PLUS			
Diametro(mm)	32 mm	38 mm	>= 40 mm
Densidad nominal (g/cm ³)	1.1	1.13	1.17
Balance de oxígeno(%)		-1.4	
Calor de explosion (kj/kg)		845	
Volumen de gases (l/kg)		3978	
potencia en el peso relativa (Anfo=100)		113	
Potencia en el volumen relativa (Anfo=0.85 g/cm ³)		165	
Velocidad de detonacion nominal (m/s) sin confinar	4200	4500	5000

Nota: Se observa en la tabla 2 las especificaciones técnicas del explosivo, en cuanto a su diámetro como así también su velocidad de detonación, densidad, entre otros parámetros.

1.8.1.2 Agente de Voladura

Son aquellos explosivos industriales, cuyas mezclas no llevan ingredientes intrínsecamente explosivos.

El agente explosivo utilizado en la mina es:

- **ANFO:** Las Nagolitas son una serie de agentes de voladura a base de nitrato de amonio y gasoil.

Por su composición se recomienda su utilización en perforaciones sin agua.

Se recomienda utilizarlo en zonas con buena ventilación en minería subterránea.

Ventajas:

- Utilización del 100% de la perforación
- Bajo costo
- Facilidad de carga
- Excelente volumen de gases
- Muy seguro

Presentación: se entregan en bolsas de 25kg de polietileno y polipropileno para proteger el producto de la humedad.

Iniciación: es insensible a los detonadores y deben ser iniciadas con un alto explosivo (gelamón, gelatina, booster).

Seguridad: son explosivos de baja de sensibilidad al golpe y fricción, haciendo su transporte, almacenamiento y manipulación más segura.

Vida útil: Se recomienda su uso en un plazo de 3 meses.

Tabla 3 Especificaciones técnicas -Anfo

Detalle	Unidad	Requisito
Velocidad de detonacion	m/seg	2600-3000
Densidad aparente	gr/cm3	0.7-0.85
Diametro critico	mm	38
Resistencia al agua		Nula
Balance de oxigeno	%	0.64
Volumen de gases	l/kg	968
Potencia relativa	%	100

Nota: En la tabla 3 se observa las especificaciones técnicas del explosivo

1.8.2 ACCESORIO DE VOLADURA

Son una gama diversa de suministros explosivos que se utilizan en una operación de voladura haciendo que este resulte más eficiente y productivo. Los que posee la mina son:

- **Cordón detonante:** posee un núcleo de pentrita protegido por una serie de capas a base de cintas y fibras de polipropileno, donde éste es recubierto mediante una capa extruida de PVC (cloruro de polivinilo).

Dentro de sus propiedades está el ser flexible, su resistencia al agua y su grado de resistencia a la tracción, lo que le permite un manejo confiable, gracias a la calidad de las materias primas que lo componen.

Se fabrican diversos tipos, de acuerdo a la carga de pentrita en su núcleo.

Ventajas: Resistente al agua y a la abrasión y fabricados con colores vivos para su fácil identificación.

Iniciación: El producto es sensible a la iniciación con detonador nº 8 y/o con otro cordón detonante.

Vida útil: Se recomienda su uso en un plazo de 60 meses.

En la mina poseen cordones detonantes de gramaje de 5 y 40.

Tabla 4 Especificaciones técnicas – Cordón detonante de gramaje 5 y 40

Producto	Núcleo de pentrita (g/m)	Velocidad de detonación m/seg)	Material de recubrimiento
5	5	6500	PVC
40	40	6500	PVC

Nota: Tabla con las respectivas especificaciones técnicas del cordón detonante del 5 y 40

- **Fulminante común N°8:** está constituido por una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva un explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo.

Tabla 5 Especificaciones técnicas – Fulminante N°8

Fulminante 8 - 45 mm	
Longitud del fulminante (mm)	45
Diametro del fulminante (mm)	6.3
Resistencia la humedad relativa del 100% por 24 horas	Detona
Resistencia al impacto 2 kg/1 m	No detona
Sensibilidad a la chispa de la mecha de seguridad	Buena

Nota: Tabla con las respectivas especificaciones técnicas del fulminante N°8

- **Mecha de Seguridad:** es un componente del sistema tradicional de iniciación. Se caracteriza por ser flexible y posee un núcleo central de pólvora, el cual transmite el fuego hasta el fulminante, a una velocidad uniforme; está recubierta por varias capas de diferentes materiales que garantizan la continuidad de la combustión y compactación.

Estos componentes se encuentran protegidos por un recubrimiento de material plástico.

Todo el conjunto asegura que la Mecha de Seguridad tenga una excelente impermeabilidad, resistencia a la humedad, a la abrasión y a los esfuerzos

mecánicos, aún en las condiciones más exigentes; así como evita que el fuego se transmita de uno a otro tramo de mecha de Seguridad cuando están cerca, minimizando la producción de chispas laterales.

Tabla 6 Especificaciones técnicas – Mecha de seguridad

Mecha de seguridad	
Núcleo de pólvora (g/m)	6
Tiempo de combustión (seg/m)	150-165
Longitud de chispa (mm)	50
Diámetro Externo (mm)	5.2
Impermeabilidad	Muy buena

Nota: Tabla con las respectivas especificaciones técnicas de la mecha de seguridad.

- **Detonadores No Eléctricos:** utilizado para iniciación de cargas explosivas. Posee una etiqueta colorida para una mejor visualización de los tiempos de retardo, y su fulminante con carga reforzada permite una mejor iniciación de los explosivos.

Contar con detonadores que poseen tiempos de retardos, es de gran utilidad debido a que permiten un mayor control en el diseño de secuencia de salida de los tiros, logrando así mayor eficiencia en las diferentes técnicas de voladuras.

Este detonador presenta un elevado nivel de seguridad y practicidad en su aplicación debido a la presencia del conector "J" desarrollado especialmente para usarse en cordón detonante de bajo gramaje.

En la mina poseen detonadores no eléctricos del tipo ms, es decir, intervalos de corto tiempo, cuyos retardos varían unos de otros cada 25 milisegundos. La serie utilizada en las voladuras van del 1 al 18, con excepción de los detonadores 13, 15 y 17 que no se posee en stock.

Tabla 7 Número de serie – detonadores no eléctricos

N° de serie	Tiempo (milisegundos)
1	25
2	50
3	75
4	100
5	125
6	150
7	175
8	200
9	225
10	250
11	275
12	300
14	350
16	400
18	450

Nota: Serie de detonadores no eléctrico con sus tiempos respetivos de retardo

- **Taco Inerte:** es una pasta o barro “inerte” a base de arcillas para utilizar en el retaque o sellado de pozos con el objetivo de mejorar la eficiencia de la voladura. Poseen una longitud de 30 cm.

Presentación: El producto se entrega envasado en film de polietileno de 60µm, en cajas de cartón corrugado con una capacidad de 40 unidades.

Figura 20 Taco inerte TN



Nota: Taco inerte TN 32. Los cuales son utilizados para el retacado.

1.8.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS EXPLOSIVOS

Son las propiedades que identifican a cada explosivo y que se emplean para seleccionar el más adecuado para una voladura determinada. Entre ellas mencionamos las siguientes:

1.8.3.1 Potencia y Energía

Se define como la energía (en forma de energía potencial), que posee almacenada determinado explosivo, para producir efectos mecánicos, desarrollada por unidad de tiempo.

La potencia de un explosivo se puede expresar a través del *valor fuerza* que se define como una medida de la energía entregada por él. Debemos tener en cuenta que el objetivo buscado durante la aplicación de explosivos es la obtención de trabajo útil.

1.8.3.2 Velocidad de Detonación

Es la velocidad a la que la onda de detonación se propaga en forma interna y a lo largo del explosivo, y por lo tanto es el parámetro que define el ritmo de liberación de energía.

La alta velocidad a la que detona un explosivo es lo que brinda utilidad práctica, ya que la energía desprendida en la reacción no es muy grande.

Una buena velocidad de detonación, asegura un importante o efectivo rompimiento de roca. Los factores que afectan a la velocidad de detonación son:

- Densidad de carga del explosivo
- El confinamiento
- El diámetro del explosivo
- La velocidad de iniciación de cebado
- El envejecimiento del explosivo

1.8.3.3 Densidad

La densidad de la mayoría de los explosivos varía entre 0,8 a 1,6 g/cm³.

La densidad puede ser analizada desde dos aspectos, el de mayor densidad y el de menor densidad.

□ A mayor densidad:

- > poder rompedor - Disminución de la energía - > energía de iniciación para reaccionar

-

□ A menor densidad:

Problemas en los agentes de voladuras:

En el caso de los agentes de voladuras la densidad es crítica, ya que la carga se vuelve sensible al cordón detonante y en vez de iniciarse desde el fondo con la carga de cebado, la columna detona desde la boca de contacto con el cordón.

Como regla general los explosivos más densos, gelatinosos, hidrogeles y emulsiones, se destinan para carga de fondo, que es donde se requiere una mayor concentración de la energía, mientras que los de menor densidad, A.N.F.O. y pulverulentos se emplean como complemento en la carga de columna.

1.8.3.4 Presión de detonación y presión de explosión

La *presión de detonación*, es una medida que corresponde a la presión que se genera en la zona de reacción. Es un excelente indicador de la capacidad de un explosivo para producir roturas o fragmentación.

Por otro lado, la *presión de explosión*, es la ejercida por los gases de reacción, que si bien producen fragmentación de las rocas, es útil en el empuje de las mismas.

1.8.3.5 Resistencia al agua

Es la habilidad para resistir una prolongada exposición al agua sin perder sus características, es decir su capacidad para rechazar la penetración del agua.

La unidad de medida empleada es la de “horas”.

Los explosivos de fase continua como las dinamitas plásticas y las emulsiones son resistentes al agua debido a que prácticamente no tienen poros a través de los cuales podría filtrarse. Por otro lado, en los explosivos granulares que se desmenuzan fácilmente se referirá a la capacidad de sus granos de no disolverse por el agua, o de rechazar su penetración internamente, manteniéndose detonables aún a pesar de ella.

1.8.3.6 Sensibilidad

Se define como la reacción del explosivo frente a un estímulo externo, estos estímulos pueden ser intencionales para obtener una determinada respuesta o bien accidentales. Los distintos tipos de sensibilidad a tener en cuenta son: al detonador N°8, a la fricción, al choque y al calor.

1.8.3.7 Transmisión

Es la capacidad de un explosivo de transmitir una reacción explosiva y es expresada como la distancia en cm, a través del aire a la cual puede detonar un cartucho sin iniciador por medio de la onda de detonación transmitida desde un cartucho a otro sin confinamiento. Es lo que se conoce como iniciación por *simpatía*.

Dependiendo del tipo de explosivo las distancias máximas en las que se produce detonación por simpatía están entre 2 a 8 veces su diámetro.

1.8.3.8 Resistencia a las bajas temperaturas

Cuando la temperatura ambiente está debajo de los 8 °C los explosivos que contienen nitroglicerina tienden a congelarse, lo que se previene añadiendo a la nitroglicerina una cierta cantidad de nitroglicol, que hace bajar su punto crítico de congelación a unos 20°C bajo cero.

Con el frío extremo la dinamita se endurece pero no pierde sus propiedades de detonación. Al contrario, la mayoría de hidrogeles y emulsiones sensibles al detonador suelen perder sus cualidades explosivas y no detonar.

Al disminuir la temperatura las dinamitas tienden a congelarse, apareciendo los primeros cristales de nitroglicerina, en esta situación el manipuleo de los explosivos en ese estado de cristalización los hace altamente sensibles y peligrosos a los golpes y fricciones.

1.8.3.9 Vida útil

Se refiere al tiempo que un explosivo puede ser almacenado sin que sus propiedades o seguridad sean afectadas. Dicho tiempo dependerá del tipo de explosivo y de las condiciones de temperatura y humedad existentes, en su almacenamiento.

1.9 MECANICA DE LA ROTURA DE ROCAS

En la detonación de un explosivo podrían diferenciarse dos fases:

- Una primera fase, representada por la presencia de una onda de detonación de mayor o menor velocidad, característica representativa en gran medida del poder rompedor del explosivo.
- Una segunda fase, representada por la formación de un gran volumen de gases a elevada temperatura.

Cuando el explosivo se encuentra confinado dentro de un barreno y se detona, se genera una onda de detonación que se propaga a través de la roca circundante. En un punto próximo al barreno esa onda de detonación produce un efecto de compresión al llegar al mismo, pero al sobrepasarlo, ese esfuerzo se convierte en un esfuerzo de tracción. Esta primera onda de choque recorre la roca circundante a velocidades entre 3.000 y 5.000 m/s.

La resistencia a tracción de la roca es del orden de 10 a 100 veces menor que su resistencia a compresión. Será más fácil, por tanto, producir su rotura por un efecto a tracción. Con esta consideración puede decirse que la fragmentación de la roca se debe a estos dos fenómenos:

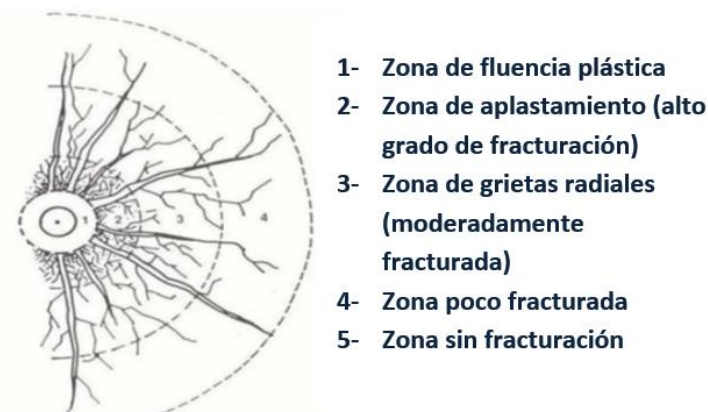
- Reflexión de las ondas de compresión
- Expansión de los gases

Cuando una onda de compresión llega desde un medio de mayor impedancia característica a otro de menor impedancia, parte de ella se transmite a éste como onda de compresión, pero otra parte se refleja hacia atrás como onda de tracción.

Para observar el mecanismo de fracturación de la roca, se puede realizar un ensayo consistente en la detonación de un único barreno, sin ningún tipo de cara libre, de modo que se concluye que en la zona anexa al barreno se han producido los siguientes fenómenos que se puede apreciar en la imagen 18. CUAL

- Ensanchamiento del barreno por rotura plástica de la roca, motivado por el efecto de compresión de la onda de detonación.
- Creación de fisuras (a veces microfisuras) generadas por ese efecto de tracción de la onda de detonación. Estas fisuras son de tipo radial y a veces muy difíciles de observar.

Figura 21 Mecánica de rotura por explosivo

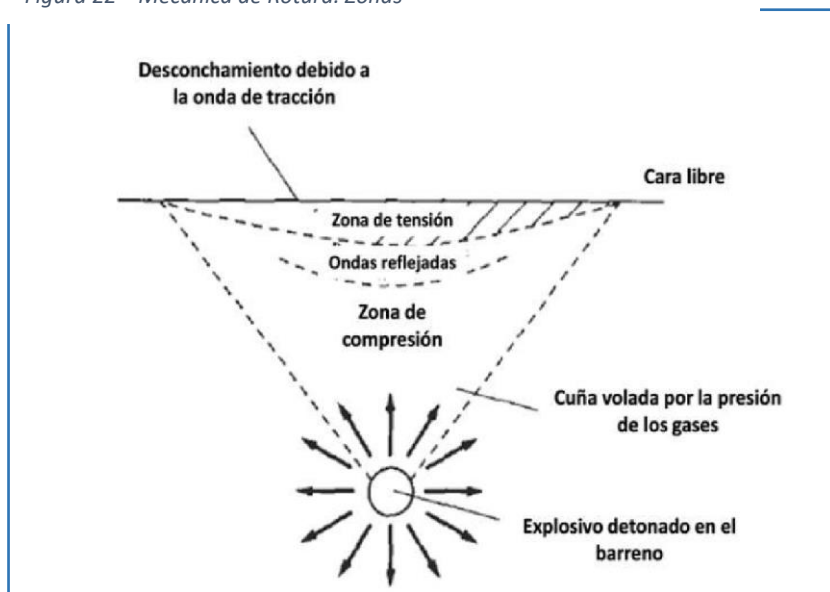


Nota: Descripción grafica de la ruptura por el explosivo

Esta primera etapa es básica para la rotura de la roca. En ella es empleada la parte de energía del explosivo que corresponde a la onda de detonación y que no alcanza valores superiores al 10% de la energía total del explosivo, ni aún en el caso de explosivos de elevado poder rompedor.

En el caso de existencia de una cara libre en las proximidades del barreno, la onda de choque será reflejada en esa superficie, produciendo sobre ella un esfuerzo de tracción, encontrando la roca una libertad de desplazamiento que permite la ampliación del radio fisurado de la roca en esa cara libre en tanta mayor profundidad cuanto mayor es la carga y su grado de confinamiento, mayor potencia y poder rompedor del explosivo y menor es la distancia a la cara libre.

Figura 22 Mecánica de Rotura. Zonas



Nota: Descripción grafica de la ruptura por zonas.

A esta primera fase de formación de grietas y desconchamiento le sigue una segunda fase, más lenta, en la cual los gases del explosivo a elevada presión y temperatura penetran por estas fisuras originalmente creadas por la onda de detonación, abriéndolas totalmente y lanzando la roca hacia adelante en su frente libre.

1.10 VOLADURA EN MINERÍA SUBTERRÁNEA (Preparación y Desarrollo)

1.10.1 Generalidades

Las voladuras en minería subterránea se caracterizan por no tener, inicialmente, una superficie libre de salida salvo el propio frente de ataque, que es también la única superficie factible para la perforación.

Los taladros solamente pueden ser perforados en forma perpendicular a la cara libre o con una pequeña inclinación. En tales condiciones los tiros no pueden arrancar la roca, debido a la falta de cara libre, por ello se dedica un cierto número de taladros (que se disparan primero) específicamente para abrir una cavidad inicial cuyas paredes actuarán como caras libres para los tiros subsiguientes, lo que se denomina “arranque”

1.10.2 Diseño geométrico de los diagrama de perforación

En cuanto al diseño, el cuele cilíndrico más empleado es el de cuatro secciones, ya que es el más sencillo de replanteo y ejecución. La metodología de cálculo de esquemas y cargas de este cuele y del resto de las zonas de un túnel corresponde a las teorías suecas, actualizadas recientemente por Holmberg (1982), y simplificada por Oloffsson (1990), en estas se determina un Burden, considerando el diámetro del barreno vacío (cara libre).

Definiciones:

Burden o Piedra (B); Es la variable más importante y crítica en el diseño de malla de toda voladura y es la distancia medida perpendicularmente desde el centro del taladro cargado con mezcla explosiva a la cara libre (barreno vacío).

Barreno o Taladro (D1): Agujero que se hace en la roca y que se llena de material explosivo para volarla.

Barreno Vacío o de Expansión (D2): Agujero que se hace en una roca, habitualmente de mayor diámetro que los barrenos que emplean carga, y los cuales se utilizan como cara libre en los diseños de voladuras de túneles.

Concentración lineal de carga (Q1): Es la relación de kilogramos de explosivos empleados por metro lineal de perforación, se expresa en Kg/m.

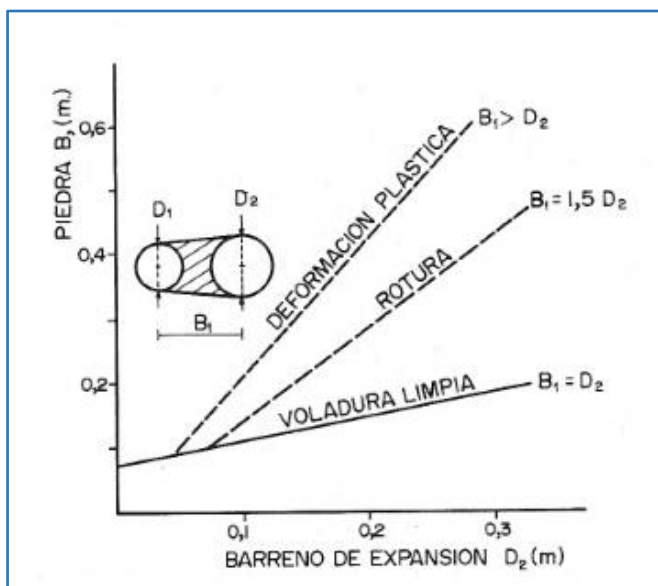
Consideraciones:

La distancia entre D2 (barreno de expansión) y los barrenos de la primera sección, no debe exceder de “1,7 D2” para obtener una fragmentación y salida satisfactoria de la roca (Langefors y Kilhstrom, 1963). Las condiciones de fragmentación varían mucho, dependiendo del tipo de explosivo, características de la roca y distancia entre el barreno cargado y el vacío.

$$B = 1.7 D_2$$

Tal como se refleja en la Ilustración 14, para piedras mayores de “2 D2” el ángulo de salida es demasiado pequeño y se produce una deformación plástica de la roca entre los dos barrenos. Incluso si la piedra es inferior a “D2”, pero la concentración de carga es muy elevada se producirá la sinterización de la roca fragmentada y el fallo del cuele. Por eso, se recomienda que las piedras se calculen sobre la base de $B_1 = 1,5 D_2$,

Grafica 2: Resultados de las voladuras para diferentes distancias de barrenos cargados.

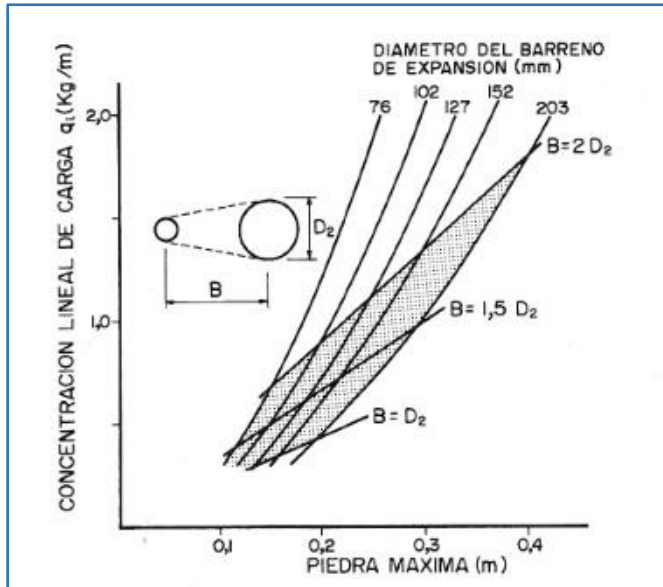


Nota: Grafica que representa la relación entre la piedra y el barreno de expansión

Frecuentemente, los valores posibles de las concentraciones lineales de carga están bastante limitados, por cuanto no existe una variedad amplia de explosivos

encartuchados. Esto significa que para una concentración lineal fijada de antemano, puede determinarse la dimensión de la piedra a partir de la ecuación anterior, si bien el cálculo resulta un poco más complejo.

Grafica 3: Relación entre la concentración lineal de carga y piedra máxima para diferentes diámetros de barrenos de expansión (Larsson y Clark)



Nota: Grafica que representa la relación entre la piedra y la concentración lineal de carga.

Gustafsson (1973) sugiere que la piedra para cada sección se calcule con, “ $B_2 = 0,7 B$ ”, siendo B_2 (piedra corregida). Una regla para determinar el número de secciones, es que la longitud del lado de la última sección «B» no sea menor que la raíz cuadrada del avance. El método de cálculo del resto de las secciones es el mismo que el aplicado para la segunda sección.

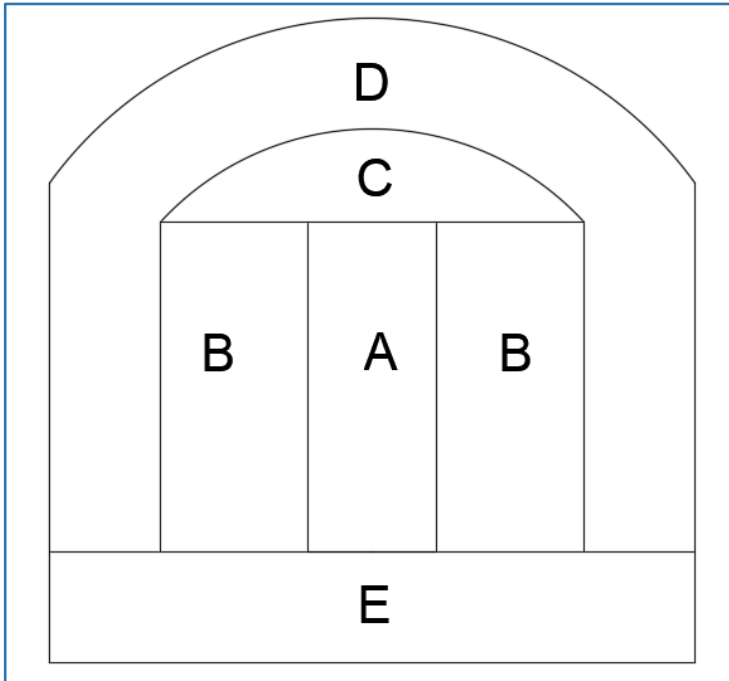
1.10.3 Procedimiento de Cálculo y diseño de parámetros de Perforación y Voladura (Método Holmberg).

La necesidad de construir túneles de dimensiones grandes hace necesario el uso de taladros de diámetros cada vez mayores y el uso de mezclas explosivas de mayor cantidad. Holmberg ha dividido el frente en cinco secciones (A, B1, B2, C, D y E), cada una de las secciones debe ser tratada de forma especial durante los cálculos.

- Sección A de corte (cut)
- Sección B de tajeo (stopping section)
- Sección C de alza (stopping)
- Sección D de contorno (contour)
- Sección E de arrastre o Zapateras (lifters)

La siguiente figura muestra sección del túnel mostrando las diferentes secciones establecidas por Holmberg.

Figura 23: Zonas de voladura, según Holmberg



Nota: Representación de las diferentes zonas **según** Holmberg

Los cálculos se llevan de acuerdo con el siguiente algoritmo:

- Cálculo para determinar el avance
- Cálculo para el corte :
- Primer cuadrante
- Segundo cuadrante
- Tercer cuadrante
- Cuarto cuadrante
- Cálculo de arrastre
- Cálculo de taladros de contorno (piso)
- Cálculo de taladros de contorno (paredes)
- Cálculo de zonas de tajeo (stopping)

1.10.3.1 Cálculo de corte

El tipo de corte será elegido de acuerdo con el equipo de perforación disponible, ancho de túnel y avance deseado.

1.10.3.2 Avance por disparo (H)

Este parámetro está restringido por el diámetro del taladro vacío y por la desviación, el avance esperado es de 95% de la profundidad del taladro, este puede ser expresado de la siguiente manera.

$$h = 0.15 + 34.1s - 39.4s^2$$

Donde:

H = profundidad del taladro (m)

\varnothing = diámetro del taladro vacío (m)

$l = 0.95 \times H$

Esta ecuación es válida solamente para condiciones en que la desviación de la perforación no sea mayor a 2%.

El diámetro de taladro vacío equivalente se obtiene a partir de la siguiente relación:

$$\varnothing = \sqrt{(n \times d0)}$$

Donde:

d0 = diámetro de taladro vacío equivalente

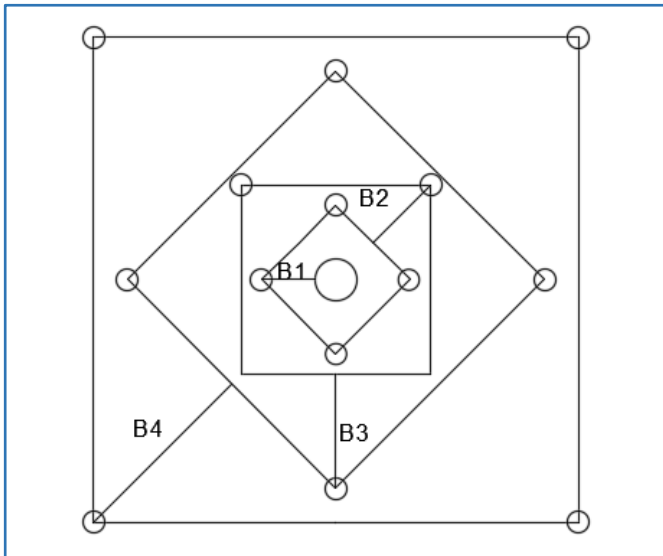
n = número de taladros vacíos en el corte

\varnothing = diámetro del taladro vacío equivalente

1.10.3.3 Diseño en el corte

Cálculo para el caso de sección cuadrada de corte paralelo

Figura 24: Sección cuadrada de corte paralelo



Nota: Representación la sección cuadrada

1.10.3.4 Cálculo de burden en el primer cuadrante

$$B1 = 1.5 x s \quad \text{Si la desviación de los taladros es (0.5% a 1\%)} \\ B1 = 1.7x s - F \quad \text{Si la desviación del taladro es > a 1\%}$$

Donde:

B1 = burden en el primer cuadrante

F = máxima desviación de la perforación (m) $F = \alpha XH + \beta$

α = desviación angular (m/m)

β = desviación en el collar o empate (m)

A- Concentración de carga en el primer cuadrante Langenfors y Kihlstrom (1963) han establecido un modelo matemático para el cálculo de carga en el primer cuadrante.

$$q1 = \frac{d}{0.032} x \frac{3}{2} \left(\frac{B}{\phi} \right)^{3/2} x \left(B - \frac{\phi}{2} \right)$$

Donde:

q1 = concentración de carga en (kg/m)

d = diámetro de taladro de producción (m)

Esta relación es válida solo para taladros de diámetro $d \leq 11/4$

Para diámetros mayores y en general para diámetros de cualquier tamaño, la concentración de carga es como sigue y puede ser reescrito de la siguiente manera

$$q1 = 55 d \left(\frac{B}{\phi} \right)^{3/2} x \left(B - \frac{\phi}{2} \right) x \frac{C/0.4}{SANFO}$$

Donde:

SANFO = Potencia por relativo de al ANFO

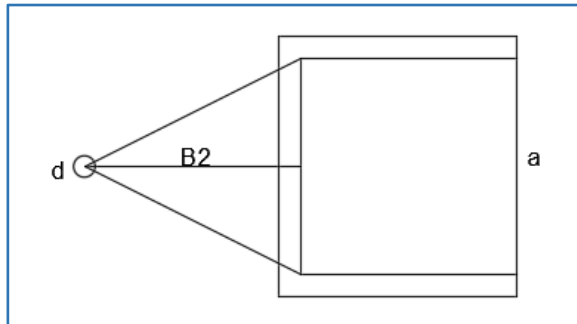
C = Constante de roca, se refiere a la cantidad de explosivo necesario para mover 1 m³ de roca.

C ∈ [0.2 – 0.4] para condiciones en las cuales se desarrolló el modelo

1.10.3.5 Cálculo de burden en el segundo cuadrante

Luego de disparar el primer cuadrante, queda una abertura rectangular de ancho “a”

Figura 25: Distancia de burden



Nota: Representación de la distancia que queda después de disparar el primer cuadrante

$$a = (B1 - F) \sqrt{2}$$

Si se conocen “B” y “a” la concentración de carga se determina de la siguiente manera.

$$q_2 = (32.3 \times d \times c \times B) / (SANFO ((\text{sen arc tan}(a/2b)))^{3/2}) \quad (\text{kg/m})$$

En cambio sí son conocidas la concentración de carga, ancho y burden, en el segundo cuadrante se puede determinarse en función de ancho y concentración de carga.

$$B = 8.8 \times 10^{-2} (a \times q_2 \times SANFO / d \times c)^{1/2} \quad (\text{m})$$

Sustituyendo 8 y 9 en 10 el burden en el burden en el segundo cuadrante es

$$B = 10.5 \times 10^{-2} ((B1 - F)(q_2 \times SANFO) / d \times c)^{1/2}$$

$$B2 = (B - F)$$

Restricciones para calcular B

$$B \leq 2a$$

Si no ocurriera deformación plástica, concentración de carga es: q

$$q_2 = 32.3 \times d \times c \times 2a / SANFO \text{ sen}(\text{arctang} 1/4)^{3/2}$$

$$O$$

$$q_2 = 540 (d \times c \times a / SANFO) \quad (\text{Kg/m})$$

Si no satisface la restricción para la deformación plástica, es mejor elegir otro explosivo con una potencia por peso más baja para mejorar la fragmentación.

El ángulo de apertura debe ser menor a 90°

$$B^2 > a/2$$

Gustaffson propone que el burden para cada cuadrante debe ser.

$$B = 0.7 a$$

El número de cuadrángulos en el corte se determina mediante la siguiente regla: “el número de cuadrángulos en el corte es que la longitud del lado del ultimo cuadrángulo “a” no debería ser mayor que la raíz cuadrada del avance H”

$$a \leq \sqrt{H}.$$

El cálculo para el resto de los cuadrantes es lo mismo.

1.10.3.6 Arrastres

El burden se determina usando la misma fórmula para voladura de bancos.

$$B = 0.90 (q \times SANFO / C \times f (S/B))^{1/2}$$

Donde:

C = constante de la roca

$$C = \begin{cases} \check{C} + 0.05 & B \geq 1.4 \text{ m} \\ \check{C} + (0.07/B) & B < 1.4 \end{cases}$$

$$\check{C} = 0.4$$

f = factor de fijación

f = 1 para taladros verticales

f < para taladros inclinados

S/B = relación espaciamento burden

Esta fórmula es usada para casos en que $B \leq 0.6 H$; para otros casos es necesario bajar la concentración de la carga.

Número de taladros de arrastre está dado por:

$$N = (\text{anchodetunel} + 2H \text{sen} / B + 2)$$

α = ángulo de la desviación del fondo del taladro $\alpha = 3^\circ$

1.10.3.7 Espaciamiento de los taladros (S)

$$S = \text{ancho del tunel} + 2Hsen(N - 1)$$

Espaciamiento para los taladros de la esquina.

$$S1 = S - Hsen\alpha$$

Burden práctico (B1) en función de α y F está dado por:

$$B1 = B - Hsen\alpha - F$$

Longitud de la carga de fondo (hb) necesario para eliminar los toes está dado por:

$$Hb = 1.25 \times B1$$

Longitud de la carga de columna (hc)

$$Hc = H - hb - 10d$$

Por lo general se recomienda carga de columna de 70% de la carga de fondo.

Taladros de tajeado (stopping) zona B y C

Para calcular la carga y el burden es utiliza los mismos métodos y formulas usados para los arrastres con la diferencia siguiente.

En la sección B: $f = 1.45$ y $S/B = 1.25$

En la sección C: $f = 1.20$ y $S/B = 1.25$

La concentración de carga de columna debe ser igual al 50% de la concentración de carga de fondo (qb)

Taladros de contornos zona D

Si el disparo no requiere de una voladura controlada, burden y espaciamiento son determinados de acuerdo a lo establecido por zona de arrastre con la diferencia que $f = 1.2$ y $S/B = 1.25$ y la concentración de carga de columna es igual a 50% de la concentración de carga de fondo.

Si se usa voladura controlada (smooth blasting) los daños en el techo y las paredes se minimizan. Experiencias de campo que el espaciamiento es función general del diámetro

$$S = Kd$$

Donde:

K = es una constante y $K \in (15 - 16)$ para la relación $S/B = 0.80$ se debe usar La concentración de carga mínima por metro de taladro también es función del diámetro del taladro.

$$q = 90d^2 \text{ (kg/m) si } d \leq 0.15$$

1.10.4 Distribución de carga

Es la parte activa del taladro de voladura, también denominada “longitud de carga” donde se produce la reacción explosiva y la presión inicial de los gases contra las paredes del taladro. Es importante la distribución de explosivo a lo largo del taladro, según las circunstancias o condiciones de la roca. Usualmente comprende de 1/2 a 2/3 de la longitud total y puede ser continua o segmentada.

Así pueden emplearse cargas sólo al fondo, cargas hasta media columna, cargas a columna completa o cargas segmentadas según los requerimientos incluso de cada taladro de una voladura.

La columna continua normalmente empleada para rocas frágiles o poco competentes suele ser del mismo tipo de explosivo, mientras que para rocas duras, tenaces y competentes se divide en dos partes: La carga de fondo y la carga de columna.

a. Carga de fondo: Es la carga explosiva de mayor densidad y potencia requerida al fondo del taladro para romper la parte más confinada y garantizar la rotura al piso, para, junto con la sobre perforación, mantener la rasante, evitando la formación de resaltos o lomos y también limitar la fragmentación gruesa con presencia de bolones

b. Carga de columna: Se ubica sobre la carga de fondo y puede ser de menos densidad, potencia o concentración ya que el confinamiento de la roca en este sector del taladro es menor, empleándose normalmente ANFO convencional. La altura de la carga de columna se calcula por la diferencia entre la longitud del taladro y la suma la carga de fondo más el taco.

c. Cargas segmentadas o espaciadas: Normalmente se emplean cargas continuas en barrenos de pequeña o mediana longitud, pero en barrenos largos o en aquellos que se requiera disminuir la energía pero manteniéndola distribuida en toda su longitud, se emplean cargas espaciadas con tacos inertes intermedios y con un iniciador en cada una para garantizar su salida. Estas cargas pueden ser del mismo tipo de explosivo o emplearse uno de mayor densidad o potencia en la primera carga al fondo. Las salidas pueden ser simultáneas o con diferentes tiempos de salida para cada una, mediante retardos en orden ascendente o descendente, según el diseño de la voladura o los efectos que se quieran obtener.

d. Carga específica: Llamado también consumo específico o factor de carga es la cantidad de explosivo necesaria para fragmentar 1 m^3 . Se expresa en kg/m^3
La carga específica es una excelente unidad referencial para el cálculo de la carga total de un disparo, pero no es el mejor parámetro de por sí, ya que la distribución de este explosivo en la masa de la roca mediante los barrenos tiene gran influencia en los efectos de fragmentación y desplazamiento, es decir, en el resultado de la voladura.

Así, a igualdad de carga específica, una voladura efectuada con barrenos de pequeño diámetro muy próximos entre sí resultará con mejor fragmentación que si se utilizan barrenos de gran diámetro pero más espaciados.

Usualmente se determina con base en la cantidad de explosivo utilizado por m³ de roca volada en varios disparos, incluso diferenciando varios tipos de roca, considerando valores promedio para el cálculo de los disparos subsiguientes.

1.10.5 Evaluación de la voladura

Una voladura se evalúa por los resultados obtenidos. Para calificarla se consideran los siguientes aspectos:

1. El volumen o tonelaje del material movido deberá ser igual o cercano al volumen teórico calculado previamente considerando el esponjamiento del material roto.

2. El avance del frente disparado deberá ser al menos igual a la profundidad de los taladros.

$$\% Avc = \left(\frac{DAvr}{DRp} \right) * 100$$

Donde:

(DAvr): Distancia real de labor avanzada.

(DRp): Distancia perforada.

3. En galerías y túneles es indispensable mantener el nivel del piso para el drenaje de agua y una operación eficiente de carga y transporte. La periferia en los túneles deberá ser igual a la proyectada; si resulta menor, requerirá ensanche adicional (desquinche). Por otro lado, si sobrepasa el límite especificado resultarán problemas de costo, y en ciertos casos problemas de estabilidad y gastos de sostenimiento.

4. El grado de fragmentación del material disparado o el tamaño promedio requerido de los fragmentos depende de los requerimientos, pero por lo general la fragmentación demasiado gruesa o demasiado menuda son inconvenientes.

Debe observarse el porcentaje de roca triturada de gran tamaño que tendrán que ser reducidos

Posteriormente. La fragmentación tiene relación directa con la facilidad de paleo y transporte y con sus costos.

5. La sobrerotura afectan la estabilidad de la nueva cara libre de voladura (frente) y puede generar problemas de sobre tamaños. Además debilita y agrieta a la roca remanente en toda la periferia, afectándola a profundidad, con el riesgo de colapso del techo o paredes. Aparte de condiciones geológicas de incompetencia, debilidad estructural y alto grado de fracturamiento, tienen responsabilidad en este problema el

exceso de carga explosiva y/o el encendido instantáneo o con tiempos muy cortos entre taladros, debido al fuerte golpe que producen.

6. El desplazamiento y acumulación del material volado, debe ser adecuado para facilitar las operaciones de carga y acarreo. La forma de acumulación se proyecta de acuerdo con el tipo de equipo que se va a emplear en la limpieza del disparo.

La forma aproximada de los montículos de detritos se consigue con el trazo de perforación y con el diagrama del tendido de iniciación, distribución de los retardos y de la disposición de las caras libres. Así, una distribución con amarres en “V” resulta en un montículo central, mientras que un amarre en líneas longitudinales resultará en acumulación a lo largo de toda la cara del frente disparado.

7. Costo de la voladura. Para determinar el costo total de una voladura, además del costo de perforación (aire, barrenos, aceite, depreciación de la máquina, etc.) costo de explosivos, accesorios y planilla del personal, se deben tener en cuenta los costos de carguío y acarreo del material triturado, más los adicionales de voladura secundaria. Todos ellos, aparte del avance y del volumen o tonelaje movido, representan el real rendimiento o resultado económico de la voladura.

8. Factor de carga línea (Fc), este factor es el que determina la cantidad de Kilogramos de explosivos utilizados por metro de avances, se utiliza para conocer la cantidad de kilogramos por metro de avance que se emplearan para el desarrollo de una galería o labor sus unidades son (Kg/m). Se emplean las siguientes fórmulas para determinarlo.

$$F_c = \frac{\text{Kg de explosivos}}{\text{mts perforados o mts volados}}$$

Donde:

Kg de Explosivos: Kg de carga de Fondo + Kg de carga de columna

Tabla 8 Parámetros pos voladura

Evaluacion de voladura	
Fragmentacion	
Muy fragmentado	menor a 10 cm
Buena	10 cm - 12 cm
Regular	12 cm - 30 cm
Mala	mayor a 30 cm
Proyeccion	
Muy Buena	menor 15 m
Buena	15 m - 25 m
Mala	mayor 25 m

Nota: El cuadro nos indica los parámetros dentro de los cuales deberían estar tanto el de fragmentación como proyección, para que la voladura sea óptima. Dichos datos fueron proporcionados por la empresa.



CAPÍTULO 2

2.1 MAPEO DE LAS OPERACIONES UNITARIAS

En esta etapa empleamos la técnica de mapa de proceso que nos permite representar gráficamente las operaciones y estructura que se emplean en YMAD, en los distintos niveles estratégico, operativo y soporte, de forma tal que nos permita identificar aspectos relevantes de una manera rápida y simple.

Comparar y contrasta el flujo actual del proceso contra el flujo ideal, para identificar oportunidades de mejora. Identificar lugares y posiciones de donde los datos adicionales pueden ser recopilados e investigados y ayudar a entender el proceso completo, lo que me permitió comprender de forma rápida y amena los procesos que se desarrollan actualmente.

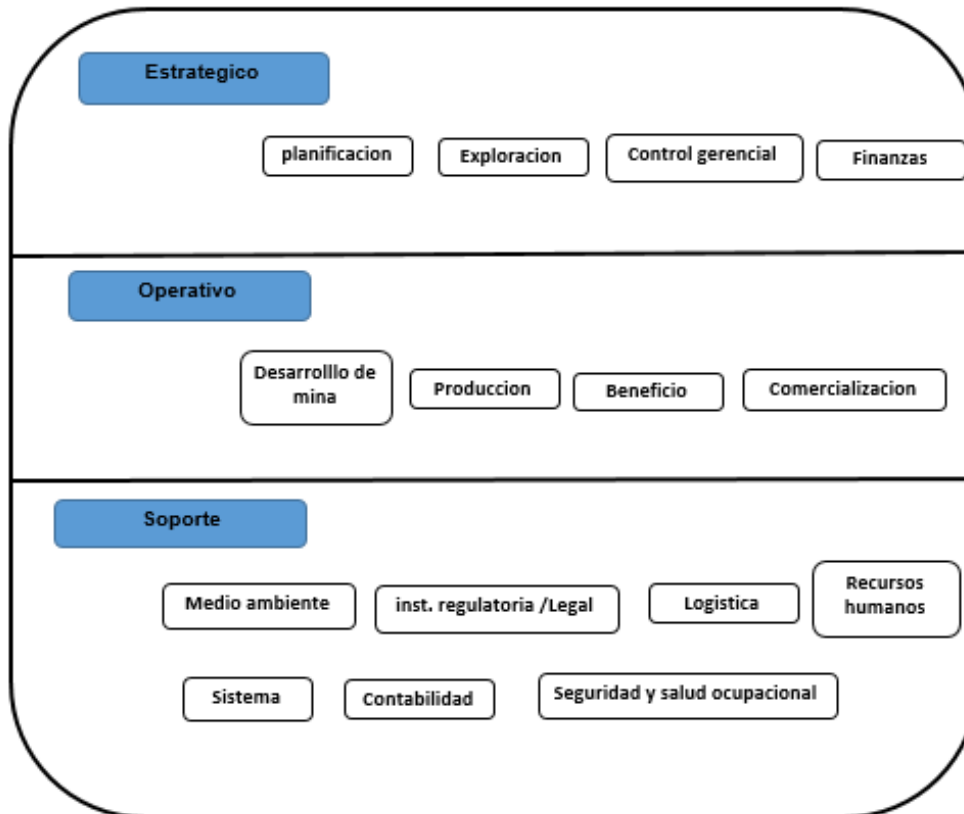
En el gráfico 4 representamos el nivel estratégico, operativo y soporte. A continuación se realiza una descripción de los distintos niveles.

La área estratégica está basado en lograr los objetivos de la empresa, mediante el análisis y mejora de las operaciones y establecer planes de corto, mediano y largo plazo que se cumplan para lograr los objetivos propuestos.

El proceso operativo se encarga de llevar a cabo el cumplimiento de los planes delineados por el área estratégica, la parte de operaciones se encarga de cumplir con el tonelaje requerido por la planta de proceso.

La parte de soporte es la encargada de dar las herramientas necesarias para que el proceso se pueda llevar a cabo.

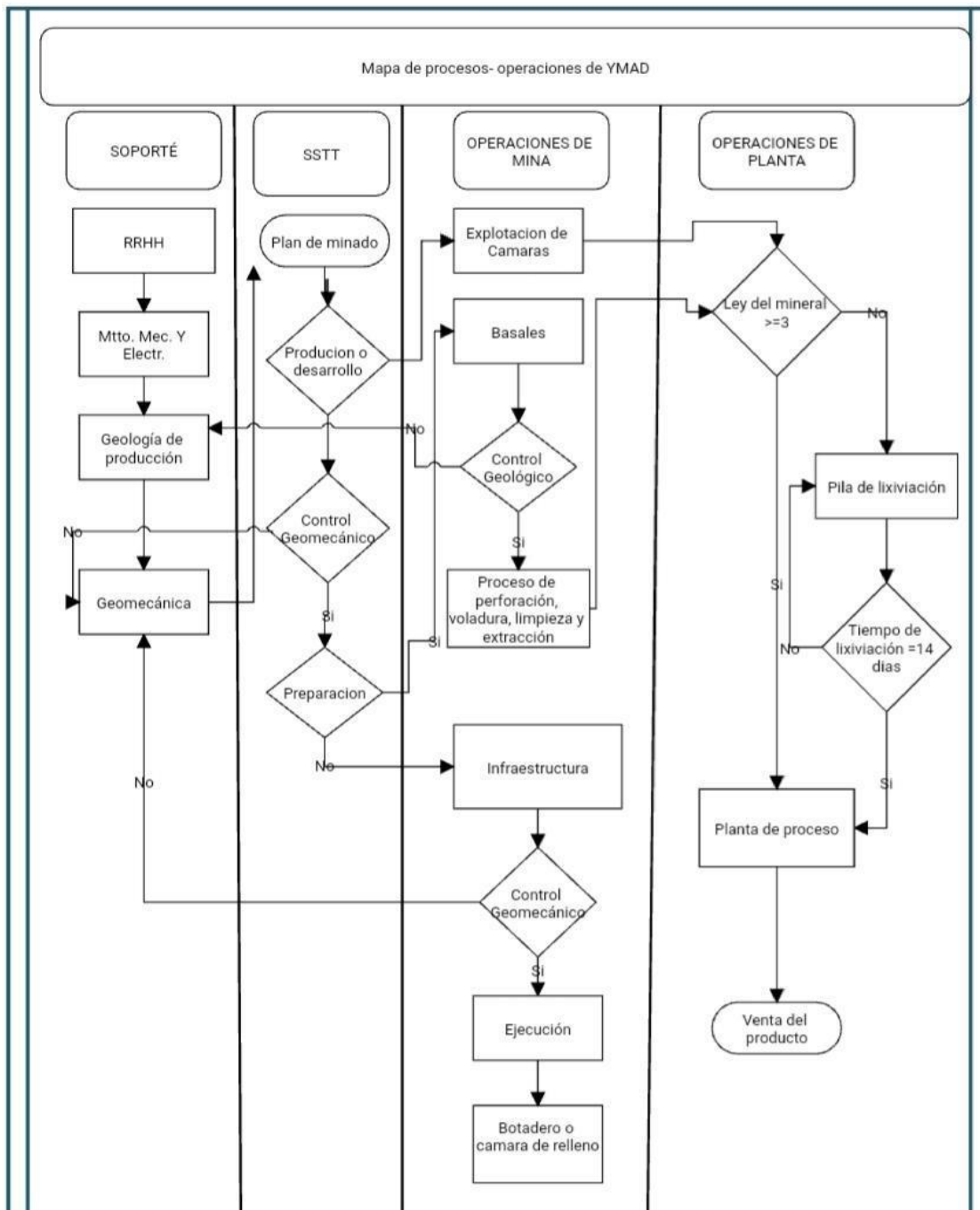
Grafica 4 : Niveles estratégico, operativo y soporte



Nota: Se puede visualizar los distintos niveles de la empresa (YMAD)

Nuestro caso está focalizado en el proceso operativo, el cual es clave para el proceso productivo 18000 Oz/anual de YMAD, ya que si no se cuenta con desarrollos, preparación e infraestructura no se dispondrá de sectores para explotación de cámaras de producción, por tal motivo es importante contar con la información de los distintos sectores tanto de la parte estratégica como la de soporte la cual podemos visualizar en el siguiente gráfico de procesó operativo.

Grafica 5 Proceso operativo



Nota: Se puede visualizar el mapa de proceso de la parte operativa de la empresa.

En dicho mapa de proceso se puede visualizar las diferentes tareas del proceso, las cuales están separadas por bloques según al área que pertenecen, mediante este diagrama de flujo (Mapa de proceso) se puede identificar ciertas actividades críticas del proceso operativo. A continuación se describe las distintas áreas y la información recopilada de cada una de ellas.

2.1.1 Servicio técnico

Esta área está conformada por planificación, Topografía y Geotecnia, dicho sector se encarga de la planificación de las labores que se realizarán tanto a corto, mediano y largo plazo, la información otorgada por esta área fue los diagramas estándar de perforación como así también su secuencia de disparo, la clasificación geomecánica de los sectores de estudio, la planilla de metros de avances. A continuación se puede visualizar los diagramas estándar.

2.1.2 Mantenimiento mecánico

Este sector se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente los servicios requeridos de mantenimiento preventivo y correctivos de equipos. En dicho sector se brindó la información necesaria para tener un mejor panorama de las distintas fallas de los equipos de perforación como así también los mantenimientos realizados.

2.1.3 Finanzas

Área basada en la gestión de costos, en este caso me proporcionó la información necesaria de los costos de insumos para el cálculo del costo de metro de avance

2.1.4 Recursos Humanos

Esta área se enfoca en la gestión de los recursos humanos de la organización, tales como la administración y planificación de los viajes desde el domicilio del trabajador hasta las instalaciones de la mina y viceversa, la gestión de contratos, la planificación de vacaciones, etc.

2.1.5 Operaciones de minas

Se encarga de la ejecución de los planes tanto de producción como avance desde la perforación del frente hasta la extracción del material, enfocado en cumplir correctamente los requerimientos de planta de beneficio. En este sector se indagó sobre las distintas operaciones unitarias, como así también se presencié la ejecución de estas. Las cuales se describen a continuación.

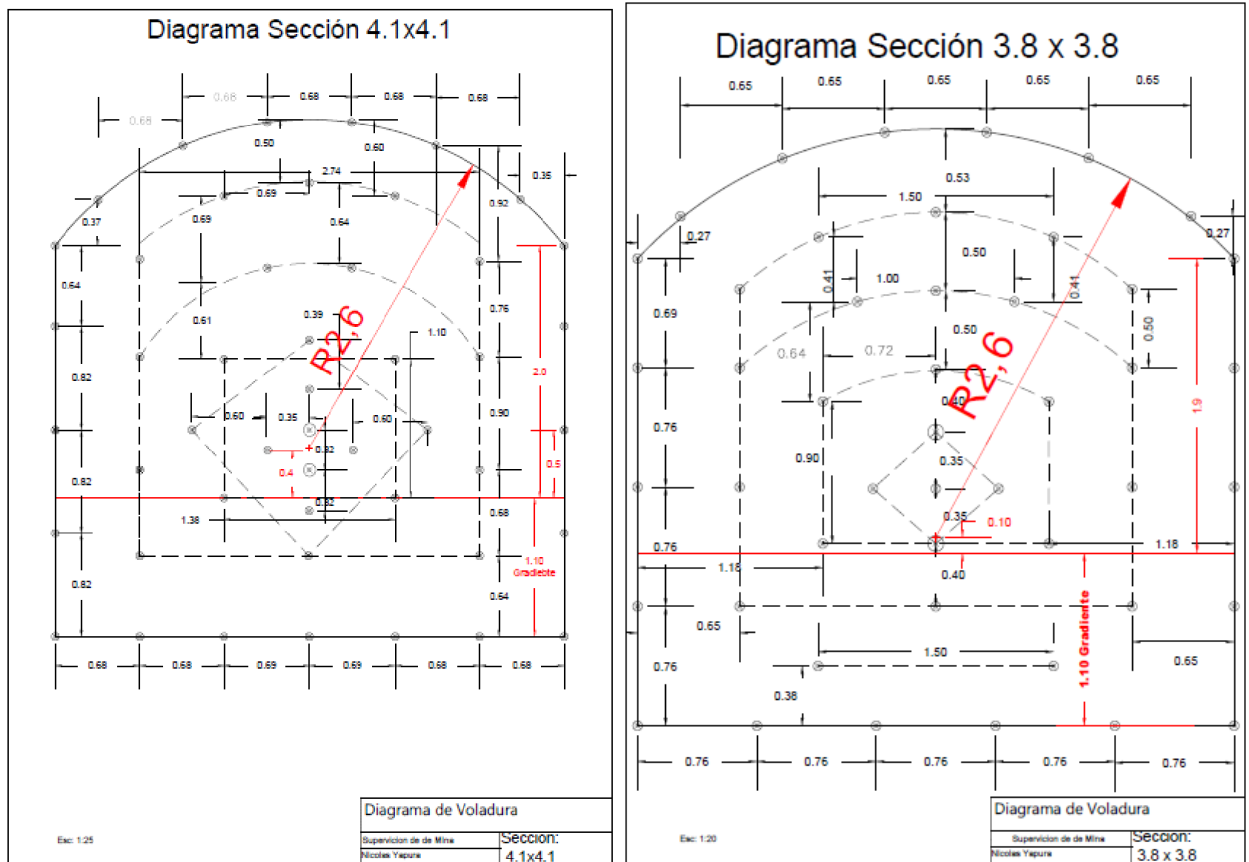
2.1.5.1 Perforación de frentes (labores de desarrollo y preparación)

Se realiza a sección completa, para la apertura de una nueva galería o nivel. Se perforan barrenos en paralelo, separados aproximadamente entre 50 y 80cm en la corona, mientras que en el contorno los taladros tienen menos distancia, para evitar irregularidades, dando a la parte superior del rajo una forma abovedada. El perforista deberá contar con el diseño de la malla de perforación para iniciar su tarea, se estaciona el jumbo lo más cerca posible del frente o sección a perforar para evitar extender demasiado el brazo. El equipo tomará la posición correcta a ambos lados del frente, utilizando como referencia las marcas que nos representan el perfil a perforar, de esta manera la perforación a realizar se encontrara en el frente marcado y solicitado. Una vez nivelado el equipo se preparan y se colocan los accesorios de perforación (broca,

barras, adaptador de culata). Se conectan los servicios de agua desde la red de alimentación y energía eléctrica. Verificando que el cable y manguera de agua se encuentren colgados en los ganchos. Se pone en marcha el sistema electrohidráulico, compresor, bomba de agua y se encienden las luces de operación. Se deben controlar las presiones hidráulicas de trabajo de la perforadora y presión de agua, y el flujo de la misma a través del tren de perforación.

El diagrama de perforación empleado en los frentes está diseñado de acuerdo a la sección y dureza de la roca. Esto se puede observar en el gráfico número 18 , tanto el diagrama para una sección de 3.8 m x 3.8 m como así también la de 4.1 m x 4.1 m.

Figura 26 Diagramas estándar



Nota: Se visualiza los diagramas estándar para una sección 3.8 m x 3.8 m y 4.1 m x 4.1 m

2.1.5.2 Carga de explosivo

La carga de explosivo en la malla perforada es diferenciado en los hastiales y corona, esto se debe principalmente para evitar la sobre excavación, lo que se realiza es un recorte, la cual consiste, en cargar de la siguiente manera: un Emulex cebado, dos Emulex y cordón de 40 gr/m en los taladros de contorno y en cuanto a los demás taladros se realizada con un Emulex cebado y anfo. En la figura 19 se puede identificar la carga y secuencia de salida.

Figura 27 Diagramas estándar – Serie de retardo

Diagrama Sección 3.8 x 3.8

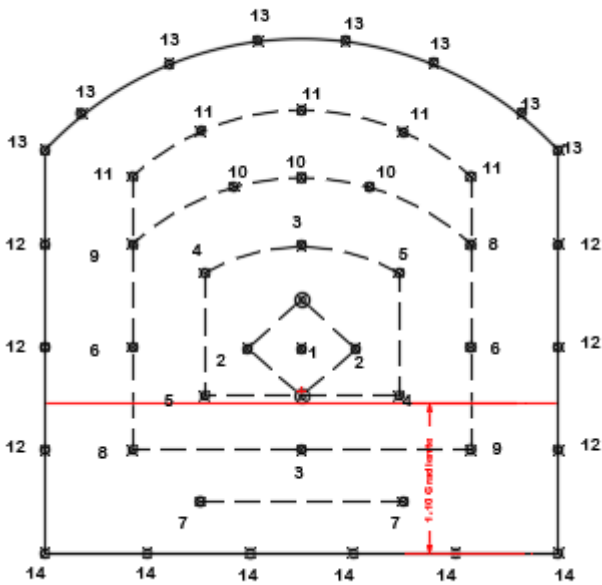
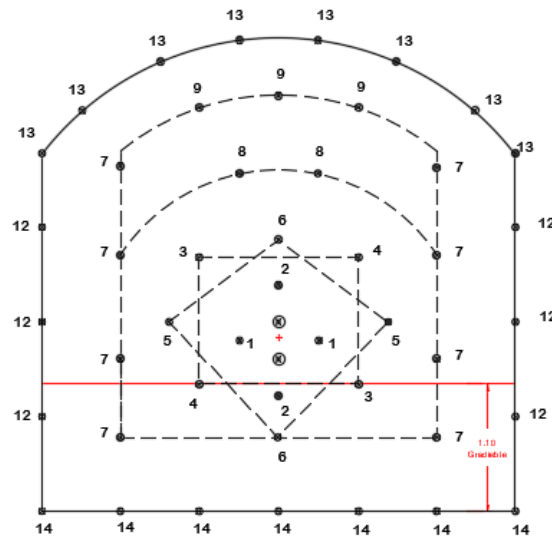


Diagrama Sección 4.1x4.1



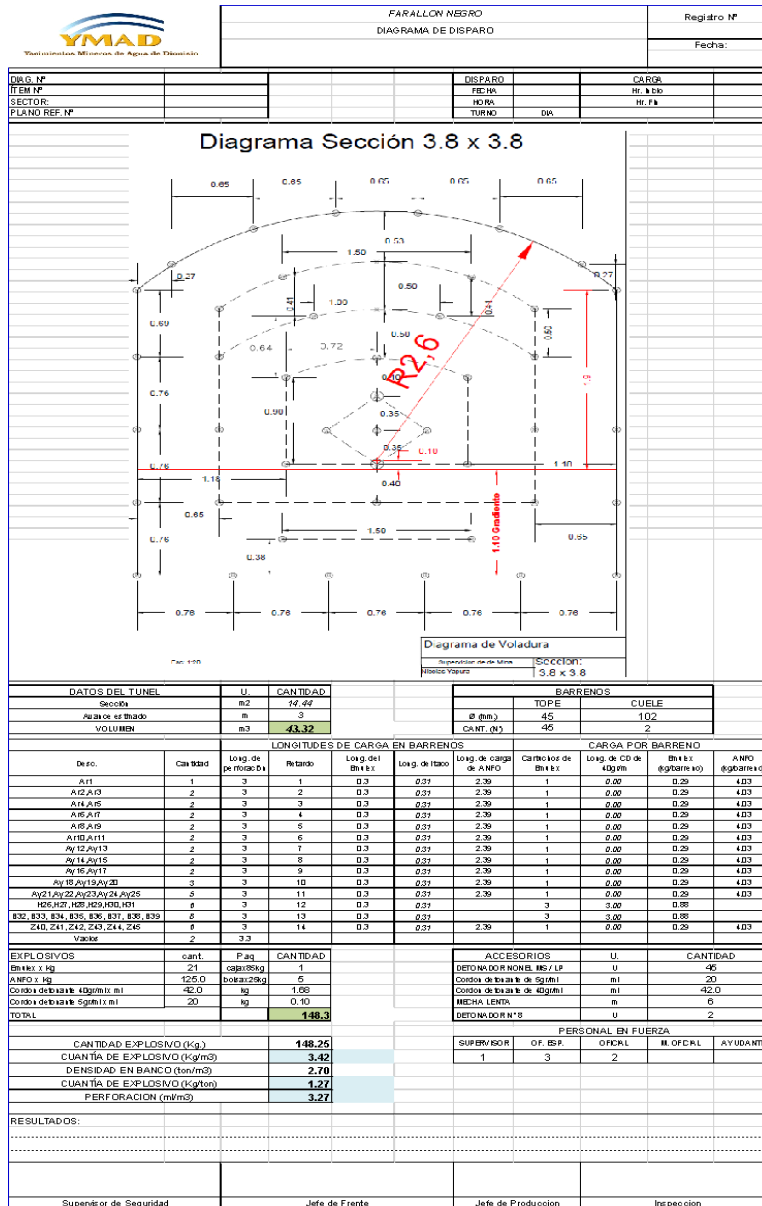
Nota: Serie de retardo utilizada por la empresa



Reducción de Costos Operativos en Mina Farallón Negro – Optimizando Estándares de Perforación & Voladura en Desarrollo - Preparación



Figura 28 Estándar 3.8 m x 3.8 m

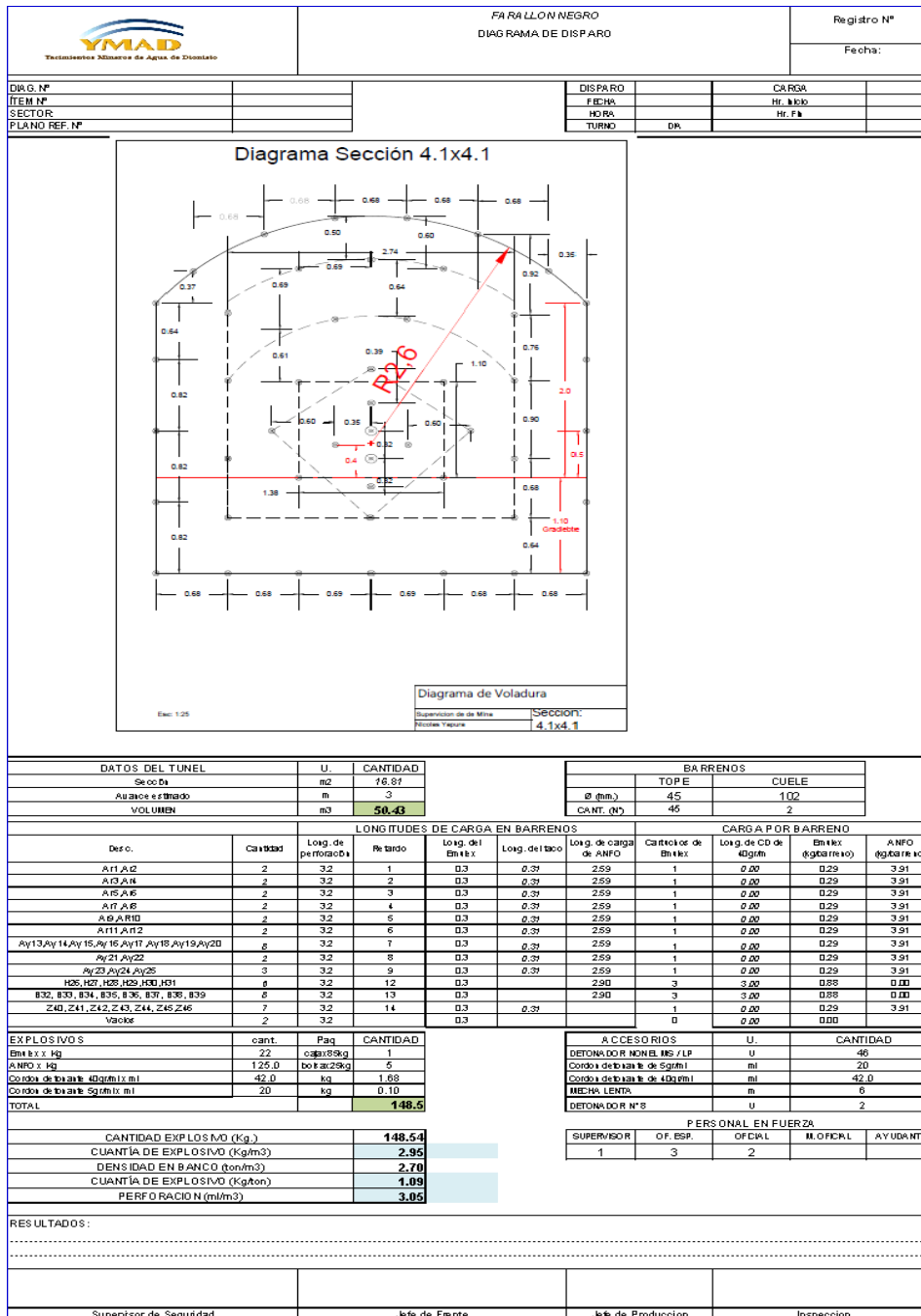




Reducción de Costos Operativos en Mina Farallón Negro – Optimizando Estándares de Perforación & Voladura en Desarrollo - Preparación



Figura 29 Estándar 4.1 x 4.1



2.1.5.3 Ventilación

En los sectores volados se debe esperar un lapso de una hora con el fin de evacuar los gases nocivos para la salud producto de la detonación.

La mina tiene un sistema de ventilación natural y en caso que esta no sea suficiente se complementa con ventiladores impelentes de alta presión, renovando el aire viciado a través de las chimeneas y galerías.

2.1.5.4 Saneamiento y/o tojeo

Una vez que la zona de voladura está en condiciones atmosféricas aceptables, se procede a la tarea de saneamiento, la cual tiene como finalidad de controlar e identificar tojos o rocas sueltas producto de la voladura que son potencial de ocasionar daños a las personas y equipos, por este motivo se efectúa dicha tarea

2.1.5.5 Sostenimiento y/o fortificación

Luego del estudio geotécnico realizado por el departamento de geomecánica, en el cual por medio de distintos parámetros se clasifica el macizo (dureza, familia de fracturas, relleno, etc.) Se realiza el sistema de fortificación adecuado para dicho macizo. Como fortificación, sobre todo en las rampas principales se observaron cerchas de acero y madera, aunque por lo general por ser una roca competente no necesita fortificación; por otra parte, en galerías se suele hacer un sistema de sostenimiento con Split set y mallas de acero, excepto en ciertos casos que ponen cintas strap de sostenimiento y en situaciones con mayor cantidad de fallas, y por lo tanto mayor inestabilidad, se agrega pernos helicoidales con resina.

El procedimiento consiste en perforar con un jumbo, levantar la malla manualmente por los operarios, ayudado por puntales, para luego ir poniendo uno a uno los Split set con percusión (sin rotación).

2.1.5.6 Carga y transporte

El sistema de extracción mineral utilizado por la minera Farallón Negro es mediante el uso de camiones y palas cargadoras LHD.

Se realiza la limpieza con las cargadoras frontales de bajo perfil, llevando este material (mineral y/o estéril) hacia los bolsillos de acopio, posteriormente se carga en los camiones con distintos de acopio mineral puede ser stock de planta de proceso, stock de lixiviación y/o botadero o cámara de relleno.

2.1.5.7 Relleno en Mina

El relleno en mina tiene como finalidad y/o objetivo estratégico, primero estabilizar sectores que están activos en producción y en segundo lugar generar condiciones para continuar con la explotación de las cámaras de minado, cabe mencionar que las condiciones que se mencionan son las que se detallan a continuación.

- a) Acceso estable para el ingreso y egreso de los equipos y personas.
- b) altura según el perfil de equipo.

- c) Pisos nivelados para realizar la extracción de mineral post voladura.

Ya que el método de explotación que emplea YMAD es una variante del corte y relleno.

2.1.6 Operaciones de planta

El método utilizado por esta planta es el de lixiviación en tanques de agitación. El mineral extraído clasificado como alta ley ingresa a un circuito de conminución (trituradora de mandíbula y luego a una de hidrocono) una vez finalizada esta etapa se envía el mineral dosificado con cal al molino de bolas(en donde no solo se muele el mineral de dicha cinta, sino que se le suministra una solución de cianuro de sodio con el fin de comenzar la lixiviación del oro y la plata) en el cual tiene un tiempo de residencia , dicho material es enviado a clasificadores (hidrociclones) la descarga vuelve al molino y el rebalse es enviado a un circuito de espesadores (lavado en contracorriente), El rebalse del espesador, el que constituye la solución rica en Au y Ag, pasa al clarificador donde se siguen eliminando las partículas sólidas. Luego se bombea al tanque de solución rica donde se junta con la solución rica de playas. En este momento empieza el proceso llamado Merrill Crowe (creadores), donde como primer paso ingresa al filtro metport, que es un filtro clarificador que elimina las partículas en suspensión, valiéndose para ello de una capa de tierra de diatomea. Luego pasa a ser bombeado a las torres desoxigenadoras para eliminar la presencia de moléculas de O₂, y así evitar que nuevamente los metales de interés reaccionen con el cianuro residual evitando su precipitación en las etapas posteriores, además de provocar la pasivación de la superficie de zinc. También evita la formación de carbonato de calcio (al eliminar el CO₂) que obstruye los filtros con los precipitados. La solución pasa por un conducto hacia el embudo dosificador de cinc, donde se le suministra este (3.6 a 5.4 kg/h) y acetato de plomo (para que la precipitación de oro y plata sea más completa y rápida, ayudando al mismo tiempo a la eficiencia del cinc). Luego de esto pasa a una serie de filtro prensa para que finalmente el oro y la plata y alguna impureza (Cu, Zn, Fe) ya precipitados quedan retenidos en los filtros de cosecha. El líquido de rebalse se recircula al espesador N°4.

La cosecha se realiza manualmente y posteriormente, dicha cosecha se manda a fusión. El proceso de fusión comienza con un cuarteo de la cosecha y se lo envía al laboratorio donde se le realizan análisis para determinar la cantidad de carga fundente (Bórax 50%, sílice 25%, 15% de nitrato de sodio, y 5% de carbonato de sodio). El precipitado cuenta con un 50% de humedad y la cantidad que se manda a fusión es de 1 tn, donde se utilizan 3 hornos con un crisol de 300 puntos cada uno, los cuales funcionan con gas-oil donde la temperatura óptima para la fusión es aproximadamente 1100 °C. Por diferencia de densidades se separa el oro y la plata de las impurezas y se forma un bullión con un porcentaje aproximado de 10% oro y 87% de plata y un restante de impurezas. Este bullión es comercializado en Suiza.

CAPÍTULO 3

3.1 Problemas principales en la operación de mina

Mediante el análisis del mapa de proceso se identificaron los problemas principales que tiene YMAD en la operación de mina en desarrollo y preparación.

Para identificar la problemática se analizó la información recopilada de las distintas áreas en conjunto con gerencia y superintendencia de mina, en donde se planteó los distintos desvíos que tienen mayor relevancia en la operación.

Del análisis se consideraron tres problemas que afectan al cumplimiento de los objetivos estratégico, siendo estos: (a) bajo rendimiento de avances en desarrollo y preparación de mina, (b) sobre excavación de labores; (c) incremento del costo por metro desarrollado y/o en preparación. Dichos problemas se detallan a continuación

3.1.1 Problema 1: Bajo rendimiento en desarrollo y preparación

Para la Gerencia de mina de YMAD, en operaciones de mina se miden los resultados obtenidos en los avances de los distintos frentes en mineral y estéril en forma diaria, los que al finalizar el primer semestre los rendimientos de los desarrollo y preparación son del ochenta y ocho por ciento (88%), lo cual no es un resultado satisfactorio para el giro del negocio, ya que dicho retraso o desvió compromete el plan de producción del último trimestre del año 2022.

Es primordial poder resolver el bajo rendimiento en los frentes de desarrollo y preparación ya que de este modo, se podrá tener una mayor flexibilidad en la ejecución de los planes de producción aportando las onzas anuales presupuestadas en el Budget 2022.

El no resolver este problema de bajo rendimiento ocasionara un incremento de sobre costo de 3819 USD/m de avance afectando el giro del negocio en el mediano y corto plazo (al mencionar el giro de negocio se hace referencia a las pérdidas económicas que se incurrirá el no resolver dicha problemática, lo cual también ocasiona el no cumplimiento con los planes delineados en forma y tiempo)

Para resolver este problema se analizará la información recopilada de los distintos departamentos y se cruzara con la información recopilada de la ejecución, para dicho análisis se emplearán herramientas de gestión y análisis tales como mapa de proceso, análisis de causa – raíz, Pareto.

3.1.2 Problema 2: Sobre excavación de labores

La mina Farallón Negro, cuenta con distintas labores para poder explotar su recurso, entiéndase como labor a una excavación que tiene como objetivo fundamental brindar acceso a los distintos niveles tanto a las personas como a los equipos para continuar con un proceso de explotación en forma continua y segura tanto para los colaboradores como así también con los activos de la compañía.

Las labores de desarrollo están dispuestas en estéril y las de preparación en mineral, estas labores tienen distintas características geomecánicas que influyen en el diseño de los estándares tanto de perforación como de fortificación, identificándose en la ejecución de estas labores un sobre ruptura y/o sobre excavación de los hastiales y corona el cual está cuantificado en un diecinueve por ciento (18%).

El no resolver este problema implica que en las operaciones unitarias de extracción, acarreo, fortificación y ciclo de desarrollo y preparación se incrementa en un 32% que implica un sobre costo en las operaciones unitarias además genera una condición subestándar de seguridad.

Para resolver este problema se evaluará la en campo las operaciones y la información recopilada será tratada con herramientas de gestión y se compartirá con la jefatura y superintendencia de mina para realizar un plan de acción con el fin de reducir la sobre excavación en las labores.

3.1.3 Problema 3: Incremento de costo por metro de desarrollado y preparación.

YMAD en su operación de mina Farallón Negro tiene al finalizar el primer semestre del año 2022 un costo promedio por metro de desarrollo y preparación de 3819 USD/M lo cual está por fuera del presupuesto Budget 2022 en un treinta y dos por ciento, este desvió en el presupuesto compromete el giro del negocio en el corto plazo.

El no resolver y/o no involucrarse en este problema ocasionara a YMAD una pérdida al finalizar el segundo semestre de 3.000.053 USD.

Para resolver este desvió de sobre costo por metro de avance en desarrollo y preparación es fundamental realizar un análisis de causa raíz e identificar los principales causantes que provocan el incremento del costo por metro y realizar un plan de acción que involucre a los principales responsables de la operación.

3.2 Matriz de Complejidad versus Beneficio

La matriz de complejidad versus beneficio se utilizó con el objetivo de priorizar los problemas más graves que fueron determinados en YMAD Farallón Negro; y con este fin en conjunto con los dos representantes de la empresa se seleccionó los siguientes factores de evaluación:

- Complejidad: Factor que indica qué tan complicado es buscarle una solución factible al problema identificado.
- Beneficio: Factor que indica qué tan idóneo es lograr brindarle una solución factible al problema hallado y cómo impactaría en la organización.
- Criticidad: Factor que indica cuán grave es el problema de acuerdo con la priorización establecida.

Una vez establecidos los factores a considerar, se decidió asignar los puntajes para la complejidad y el beneficio, y por último obtener el peso asignado a cada problema según el que resultara como el más crítico de acuerdo con el puntaje; los resultados se muestran en la Tabla 9. Es importante indicar en este punto que se asumió en reuniones con los representantes de la empresa que al factor complejidad se le asignara una ponderación con valor de 3 cuando se tratase de una complejidad mayor, con valor de 2 cuando se tratase de una complejidad media y con valor de 1 cuando se tratase de una complejidad menor. También se acordó que el factor beneficio se le asignara un peso relativo a cada problema que va desde 0.0 (cuando se tratase de un problema no importante) hasta 1.0 (cuando se tratase de un problema muy importante) y que la sumatoria de todos los pesos asignados a los problemas debe ser igual a 1.0.

Tabla 9 matriz complejidad vs beneficio

Matriz de Complejidad versus Beneficio

Problema	Beneficio	Complejidad	Criticidad
1- Bajo Rendimiento por metro de avance	0,60	3	1,80
2- Sobre excavación en avance	0,25	2	0,50
3- Sobre costo por metro de avance	0,15	3	0,45

Nota. Para obtener el resultado de la criticidad de cada problema se acordó multiplicar el valor del beneficio por el valor de la complejidad.

3.2.1 Problema Principal

Como se puede apreciar en la Tabla 9, el problema más importante por el que está atravesando la Mina Farallón es el bajo rendimiento por metro de avance con un resultado de criticidad de 1.80, seguido del problema sobre excavación en labores de desarrollo y preparación con un resultado de criticidad de 0.50 y por último se obtuvo el sobre costo por metro de avance en desarrollo y preparación es el tercer problema según el valor de criticidad de 0.45.

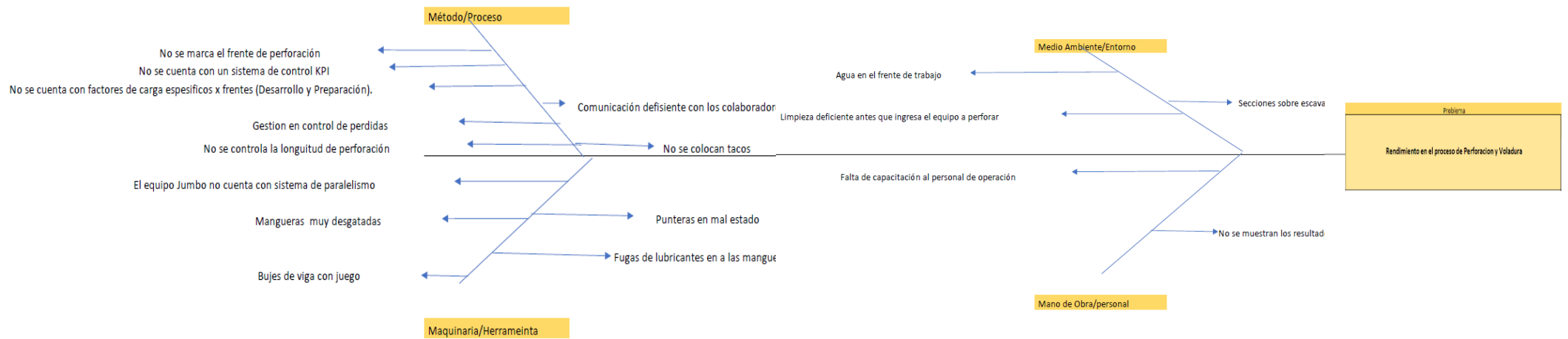
El problema más crítico es el bajo rendimiento por metro de avance y un control inadecuado en las operaciones unitarias de perforación, carga y voladura ocasionando los dos problemas siguientes tales como sobre excavación y sobre costo por metro de avance.



3.3 Análisis de Causas

Para realizar el análisis de las posibles causas se empleó la herramienta de Ishikawa, en donde se definió con la Jefatura de Mina de YMAD Farallón Negro los siguientes aspectos a analizar aspectos: (a) método y/o proceso; (b) medio ambiente y/o entorno; (c) Maquina y/o herramienta y (d) mano de obra y/o persona, en el Diagrama de Ishikawa, el cual se usó para detallar cada una de los asuntos referidos a profundidad (ver Figura 30).

Figura 30 Diagrama causa-raíz



3.3.1. Método y/o Proceso

Los problemas identificados referidos al método fueron, en primera instancia la falta de marcación de la malla de perforación, esto ocasiona no respetar las distancias entre taladros establecidos por servicio técnico, las cuales están obtenidas en base a un determinado autor y por ende no respetan la distancia crítica del burden, la cual es uno de los factores importantes en la voladura, en este sentido cada perforista se basa en su experiencia a la hora de la perforación. El marcado de malla determina la orientación de la perforación, si esta actividad no se realiza correctamente repercute en una mala ejecución del proyecto. Además no cuentan con un sistema de control de KPI de la voladura, el cual es importante este control para que la empresa logre los resultados deseados y poder comprender donde están los problemas y como poder mejorar el rendimiento.

Otra causa que fue observada es que el factor de carga varían de un turno a otro, por lo cual no respetan un estándar, de igual manera en la gestión de stock de explosivos y accesorios, llevando a no tener una organización adecuada en esta tarea, al no contar con un estándar, esto impacta directamente en el rendimiento de la voladura,

La comunicación deficiente entre el equipo de trabajo, es otro de los problemas observados, esto impacta directamente en la eficiencia de la realización de las tareas. Por último, también se observó la falta de control de la longitud de perforación y la no colocación de tacos, la utilización de este es esencial para lograr el máximo rendimiento de la columna explosiva y de esta manera obtener los resultados deseados en la voladura.

3.3.2 Medio ambiente y/o entorno:

Entiéndase como medio ambiente al entorno de trabajo en los frentes de las labores de preparación y desarrollo, los problemas detectados en este entorno son: limpieza deficiente antes que ingresa el equipo a perforar, lo cual provoca retrasos en las operaciones de perforación, como así también al haber material en los frentes de trabajo esto causa la rotura de los flexibles de la perforadora al estar en contacto estos con el material a perforar (estéril o mineral).

Otro de los problemas observados, es el agua en los frentes de trabajo, que proviene del abastecimiento a la perforadora, lo cual retrasa la operación de la carga de explosivos, cabe destacar que la zona más crítica para la carga es la zapatera, debido a que se utiliza como carga de columna el “Anfo” este es higroscopio (capacidad de absorber humedad) por lo tanto, pierde sus propiedades como explosivo, causando un bajo rendimiento en la voladura.

3.3.3 Maquinaria y/o herramienta:

Con respecto a la maquinaria utilizada para la ejecución de trabajos, se observaron los siguientes inconvenientes: Se produce una asimetría entre los taladros en longitud y ángulo, esto se debe a que no se tiene un sistema de paralelismo calibrado de la perforadora, debido a fallas en el tiempo, asimismo algunos operarios no utilizan guidores, provocando no solo la generación de tacos sino también una sobre excavación de la labor y por consiguiente un aumento en el consumo de elementos de sostenimiento, aumentando el metro cuadrado a sostener.

Por otra parte se observó el desgaste de los flexibles y de la puntera del equipo, ocasionando la rotura imprevista de estos mismos, lo cual provoca la detención del equipo para su reparación, retrasando de esta manera la operación, como así también los gastos incurridos en este imprevisto.

3.3.4 Mano de obra y/o persona:

Los problemas detectados en este caso, son los referidos a la falta de capacitación del personal de trabajo en la ejecución adecuada de las tareas. La capacitación siempre es necesaria, ya que permite comprender la función o rol que le compete a cada uno de los empleados en el equipo de trabajo. Cuando no hay entendimiento de las funciones, se provocan situaciones riesgosas, ya que las actividades mineras en cuanto a seguridad son de alto riesgo.

Otras de las falencias es la falta de comunicación de las tareas ejecutadas. Los operarios siempre deben conocer, cuáles fueron las debilidades y fortalezas en la ejecución de las mismas. Esto llevara a que se mejoren diariamente y haya una mayor eficiencia en cada una de las operaciones planificadas.

3.4 Criterio de Evaluación

El diagrama de Ishikawa, se utilizó con el objetivo de detectar las posibles causas del bajo rendimiento, sobre excavación y cómo repercute en el costo por metro. La causas de dicho problema fueron agrupada en cuatros aspectos principales

- Método
- Medio ambiente
- Máquina
- Mano de obra



Una vez identificada las causas en cada uno de los cuatro aspectos, se plantean soluciones para cada una de los problemas, en función de los siguientes puntos a evaluar los cuales se detallan a continuación.

- 1-¿Es un factor que lleva al problema?
- 2-Esto, ¿Ocasiona directamente el problema?
- 3- Si esto es eliminado ¿se corrige el problema?
- 4-¿Se puede plantear una solución factible?
- 5-¿Se puede medir si la solución funcionó?
- 6-¿La solución es de bajo costo?

El criterio que se establece con la superintendencia de mina y jefatura para cuantificar el impacto que tiene cada una de las soluciones en los distintos aspectos se detalla a continuación:

- Alto 3.
- Medio 2.
- Bajo 1.

La evaluación y cuantificación de cada una de las soluciones se puede identificar en la tabla 11, gracias a esta valorización identificamos los aspectos que tienen mayor impacto en el problema principal del bajo rendimiento en los avance en desarrollo y preparación como así también la sobre excavación y finalmente el sobre costo por metro de avance.



Tabla 10 causas y soluciones del diagrama causa- raíz

Causa	Soluciones
Método	Soluciones
No se marca el frente de perforación	Colocar en el procedimiento que se debe marcar el frente y divulgar al personal.
No se cuenta con un sistema de control KPI	Se generan KPI operativos que serán brindados una vez culminada la tesis
No se cuenta con factores de carga específicos x frentes (Desarrollo y Preparación).	Calcular factor de carga específico
Gestión en control de perdidas	Capacitar al personal (Supervisión y jefatura) en control de pérdidas
No se colocan tacos	Capacitar al personal de carga de explosivo la importancia del empleo de este producto
No se controla la longitud de perforación	La supervisión debe controlar en forma aleatoria la longitud de perforación
Maquinaria	
El equipo Jumbo no cuenta con sistema de paralelismo	Brindar al operador atacadores de madera para que controle el paralelismo y la supervisión debe controlar en forma aleatoria
Mangueras muy desgastadas	Controlar en forma programada la carga de los acumuladores (alta y baja), están en función del tipo de roca a perforar.
Bujes de viga con juego	Cambiar bujes según programa de mantenimiento
Punteras en mal estado	Solicitar cambios de puntera
Fugas de lubricantes en a las mangueras	Realizar cambios de mangueras en mantenimiento programado y/o correctivo
Mano de Obra	
Falta de capacitación al personal de operación	
No se muestran los resultados al personal	Mostrar al personal los avances del trabajo realizado
Medio Ambiente	
Agua en el frente de trabajo	Compra de chulengos de mayor capacidad para la más rápida evacuación del agua
Limpieza deficiente antes que ingresa el equipo a perforar	Mayor supervisión de la limpieza en frente de trabajo
Secciones sobre escavada	Realización de voladura controlada (precorte)



Tabla 11 ponderación

Criterios						Tot al
1-¿Es un factor que lleva al problema?	2-Esto ¿ocasiona directamente el problema?	3-Si esto es eliminado ¿se corrige el problema?	4-¿Se puede plantear una solución factible?	5-¿Se puede medir si la solución funciona?	6-¿La solución es de bajo costo?	
2	2	1	3	2	2	12
1	1	1	2	3	3	11
3	2	2	3	3	2	15
2	1	2	3	3	3	14
3	3	2	3	3	3	17
3	2	2	3	3	3	16
						85
3	3	2	3	3	3	17
2	2	1	2	2	2	11
2	2	2	1	2	2	11
2	2	1	2	2	2	11
2	2	2	2	2	2	12
						62
2	2	2	2	2	1	11
1	1	1	2	3	3	11
						22
2	2	2	2	2	3	13
2	2	2	2	2	1	11
2	2	2	2	2	3	13
						37

3.5 Plan de acción

Para que una empresa crezca de manera adecuada y sólida, es necesario contar con las herramientas de planificación adecuadas, las que se emplearán en forma estratégica para alcanzar los objetivos en un tiempo establecido por la organización.

Emplearemos el principio de Pareto que establece que el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas, dicho principio lo podemos ver en el gráfico 6. De dicho análisis, observamos que el mayor problema está focalizado en el aspecto del método.

Grafica 6 Diagrama de Pareto

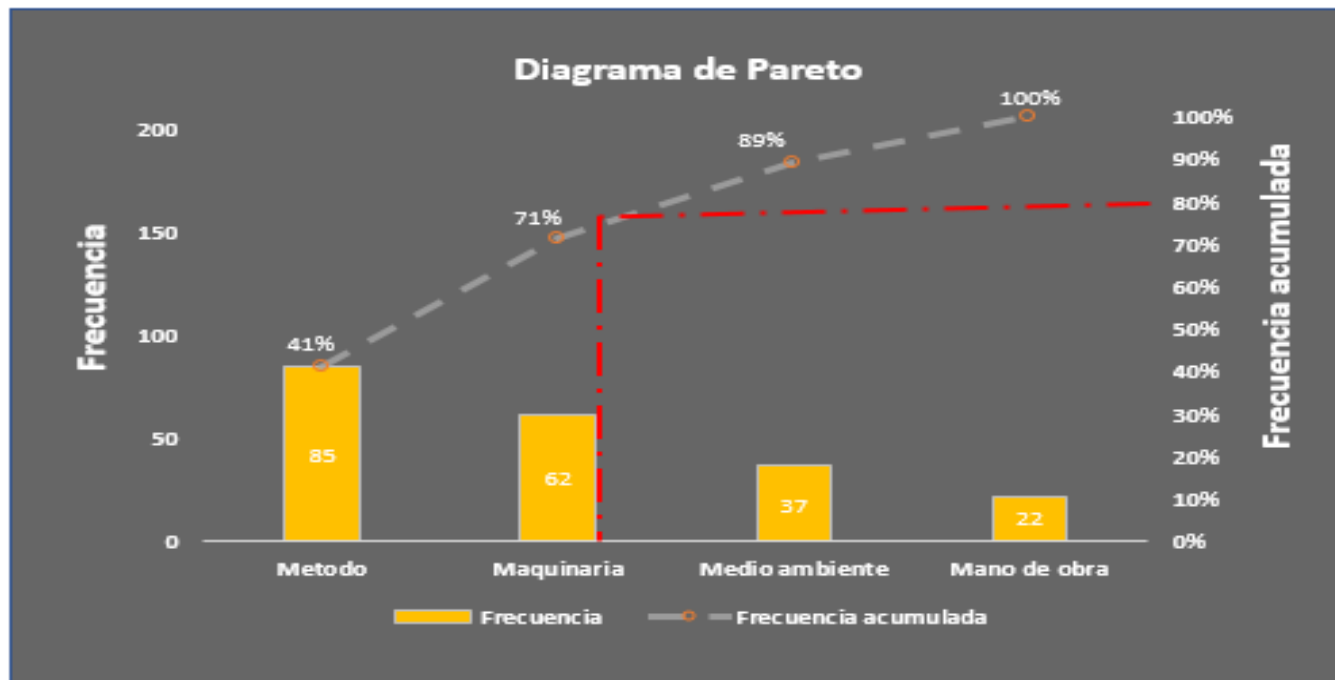


Tabla 12 causas y soluciones del método

Causa	Soluciones
Método	Soluciones
No se marca el frente de perforación	Colocar en el procedimiento que se debe marcar el frente y divulgar al personal.
No se cuenta con un sistema de control KPI	Se generan KPI operativos que serán brindados una vez culminada la tesis
No se cuenta con factores de carga específicos x frentes (Desarrollo y Preparación).	Calcular factor de carga específico
Gestión en control de perdidas	Capacitar al personal (Supervisión y jefatura) en control de pérdidas
No se colocan tacos	Capacitar al personal de carga de explosivo la importancia del empleo de este producto
No se controla la longitud de perforación	La supervisión debe controlar en forma aleatoria la longitud de perforación

Se genera un plan acción con el fin de poder abordar los problemas en forma estratégica y poder obtener los resultados satisfactorios. En una **primera fase** se revisará el procedimiento “PO-MI-28- PERFORACION MECANIZADA DE FRENTES “ , en cual se verificará si se encuentra el marcado de los frente, en el caso que no se contemple esta tarea ,se deberá agregar que es fundamental realizar el marcado de la malla de perforación en las labores de preparación y desarrollo ; en la **segunda fase** en delineamiento con jefatura de mina se coordinará generar KPI ,referentes al rendimiento de avance, sobre excavación, proyección y fragmentación ; en la **tercera fase** en conjunto con supervisión de mina se establece brindar capacitación al personal en control de pérdida como así también en la importancia de la utilización del taco. En la **cuarta fase** en coordinación con la superintendencia de mina se planifican ejecutar 20 pruebas de voladura en distintos frentes de desarrollo y preparación en veta encuentro superior e inferior.



CAPITULO 4

PLAN DE IMPLEMENTACION Y FACTORES CLAVES DE EXITO

Para que una empresa crezca de manera adecuada y sólida, es necesario contar con las herramientas de planificación estratégica que le permitan conseguirlo.

Un plan de implementación es una herramienta administrativa que establece el camino para conseguir los objetivos planteados de un determinado plan de acción. Los planes de implementación sustentan el buen funcionamiento de una empresa y su crecimiento. De lo contrario, podría crecer por un camino no previsto, estancarse o decaer. Asimismo, sirve para organizar y dar prioridad a ciertas tareas para concretar un proyecto de cualquier índole.

Con respecto a los factores claves de éxito son aquellos elementos de vital importancia para que el plan de implementación se realice de manera exitosa. Es importante que la empresa identifique estos factores y se asegure que se utilicen de manera efectiva con el propósito de mejorar los rendimientos de un determinado proceso, estos factores son los siguientes:

- Claridad en los objetivos planteados.
- Compromisos por parte del grupo de trabajo a desarrollar el plan de implementación.
- Tener una buena comunicación y coordinación fluida con el equipo de trabajo.
- La empresa tiene que prestar atención en dos partes del proceso de comunicación: las comunicaciones iniciales de lanzamiento, que establecerán los objetivos que deben alcanzarse, y las comunicaciones mientras se desarrolla el plan de implementación, que es la parte en la que progresan los factores clave de éxito.
- Un buen trabajo en equipo es la clave del éxito; cuando todo el personal colabora eficazmente se pueden discutir más ideas y opiniones y descubrir la mejor manera para alcanzar el éxito.

4.1 El plan de implementación (Gantt)

En el gráfico de Gantt 7 se muestran las cuatro alternativas de solución a los problemas de YMAD Farallón negro, con su respectivo tiempo de implementación en cada una de las fases.

Grafica 7 DIAGRAMA DE GANTT

Actividades	Periodo			
	Mes			
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Analisis del procedimiento "PO-MI-28- PERFORACION MECANIZADA DE FRENTES".				
En delineamiento con jefatura de mina se coordinara generar KPI				
Capacitación al personal en control de pérdida como así también en la importancia de la utilización del taco.				
Realización de 20 pruebas de voladura en distintos frentes de desarrollo y preparación en veta encuentro superior e inferior .				

- **Fase uno:** Se analiza el procedimiento **"PO-MI-28- PERFORACION MECANIZADA DE FRENTES"**.

En base al análisis realizado se detectó que no se considera como tarea el marcado de la malla de perforación en los frentes de preparación y desarrollo, por lo que se recomienda agregar al procedimiento, con el fin de tener una adherencia al estándar; como así también controlar la sobre excavación, obtener un rendimiento aceptable y no generar condiciones subestándar de seguridad.

En conjunto con la supervisión y Jefatura de mina, se brinda la difusión del procedimiento a los colaboradores de los distintos turno, con el fin de sensibilizar a los operadores que ejecutan dicha tarea, como así también explicar los puntos contraproducentes y los beneficios que generan tener una buena perforación y adherida a un estándar. En la figura 31 se puede identificar la participación de los operarios y supervisión en dicha difusión.

Figura 31 Capacitación al personal



- **Fase dos:** Se delinearán los KPI referentes al rendimiento de avance, sobre excavación, proyección y fragmentación.

En conjunto con el equipo de servicio técnico y jefatura de mina, se acordaron los KPI que se llevará el control en los frentes de desarrollo y preparación de mina según un cálculo efectuado para cada sector de la operación.

Cabe destacar que también se acordó el criterio que se tomará para medir las pruebas ejecutadas en los distintos sectores donde se efectuarán las mismas.

- El rendimiento de avance que solicita la gerencia es del 90%, ya que un bajo rendimiento en los avances tanto en desarrollo como de preparación implica que no se liberarán los sectores planificados para producción poniendo en juego el giro del negocio.

Actualmente YMAD Farallón negro está obteniendo rendimientos por debajo de lo esperado. Estos rendimientos son registrados y medidos por el departamento de topografía cada vez que se realizan un avance.

- En cuanto a la proyección de las voladuras en frentes de desarrollo y preparación en reunión tenida con la Jefatura de mina se acuerda reducir la proyección a 25 metros, esta solicitud tiene como propósito no dañar los servicios como así también salvaguardar la fortificación del sector y disminuir los tiempos en remediación del sector y agilizar el ciclo de avances en general.

Para verificar la proyección de la voladura, se toma como referencia el frente volado y se identifica hasta donde fue proyectada y se mide con instrumentos de medición “distanciometro”, estas distancias se registran en una base de datos que le sirve a la jefatura para tomar decisión.

- La superintendencia de planta solicita tener una fragmentación que se adecue al proceso de lixiviación y tratamiento de alta ley, con lo cual también se tiene un ahorro de energía.
En este caso se realiza controles de fragmentación in situ mediante material fotográfico post voladura y se emplea software Split – desktop para procesar la imagen y obtener de esta manera la curva granulométrica del material volado.
- Sobre excavación: lo que solicita la mina es el 5% con el fin de evitar un sobre costo en la fortificación, además genera una condición subestándar de seguridad.

Mediante los indicadores planteados por la jefatura de mina, servicio técnico y superintendencia de planta se busca optimizar, tomar decisiones en forma y tiempo con el fin de generar valor en YMAD. En la tabla 13 se puede visualizar los mismos.

Tabla 13: KPI TEORICO

KPI	
Parametros	Teorico
Rendiminto de avance	90%
Proyeccion	menor 25 m
Fragmentacion	10 cm -12 cm
Sobre excavacion	5%

- **Fase tres:** capacitación al personal

En conjunto con supervisión de mina se establece brindar capacitación al personal en control de pérdida, con el fin de maximizar los beneficios de la empresa mediante una mejor gestión de las pérdidas evitables y de esta manera sensibilizar al personal en buenas prácticas en el proceso de perforación y carga & voladura en frentes de avance. Al hablar del control de pérdidas se hace referencia a un conjunto de herramientas administrativas utilizadas en un sistema de gestión que permite a una empresa minimizar los riesgos que conllevan perdidas sustanciales e importantes afectando no solo a los procesos de la misma, sino también a varios procesos del sistema integrado de gestión. El control de pérdida se debe efectuar mediante la mejora continua, con el fin de reducir el riesgo de pérdida.

La implementación del programa de control de pérdidas solo es efectivo cuando la implementación del plan se lleva a cabo de manera eficaz, cumpliendo con los objetivos planteados.

Por lo tanto el control de pérdidas se enfoca arduamente en cuidar los intereses de la empresa y por ello la forma de evaluación de control y mitigación de riesgo se enfoca en maximizar los beneficios de una empresa mediante una gestión de pérdidas.

- **Fase cuatro:** Realización de pruebas con los diagramas propuestos

En coordinación con la jefatura se planificaron ejecutar 20 pruebas en los sectores ACC2544, N2580 SE en veta encuentro superior y N2390 SE en veta centro inferior, para lo cual se diseñaron dos diagramas de perforación, uno para una sección 3.8 m x 3.8 m y otro para 4.1 m x 4.1 m.

Para dicho estudio se basó tomando como línea base los dos diagramas estándar brindado por la empresa YMAD, para tener un punto de comparación con los diagramas propuesto a la hora de realizar el análisis técnico y económico.

El procedimiento empleado fue:

- Marcación del diagrama en el frente de trabajo: utilizando cinta métrica para ubicar los puntos de perforación y pintura en aerosol.
- Perforación: se presencié con el fin de supervisar que se respeten los parámetros de los diagramas planteados y que se mantenga un buen paralelismo.
- Carga de explosivos: se presencié esta operación para controlar que se cumpla con la cantidad de explosivos indicada en el diagrama y la secuencia de encendido de cada taladro.
- Disparo de la voladura.
- Ventilación: las voladuras se disparan a la salida de cada turno, por lo que el tiempo de ventilación es siempre de 2 horas.
- Análisis de resultados post voladura: se ingresó con el supervisor de turno para observar los resultados de proyección y fragmentación. Se tomaron fotografías del material volado empleando un objeto de referencia, para luego analizar la granulometría mediante el Spit - Desktop
- Análisis de las condiciones de contorno del techo y de los hastiales.

Para el registro de las pruebas se tomaron datos de campo, junto con su respectiva fotografía para analizar la fragmentación. Para esto se confeccionó unas planillas, las cuales se pueden visualizar en la figura 32.

Las distintas variables que se registraron fueron:

- **Geometría de Perforación**
- **Longitud de perforación**
- **Factor de carga**
- **Secuencia de encendido**
- **Avance efectivo**
- **Granulometría**
- **Condiciones de la labor**
- **Sobre excavación**

Figura 32: PANILLAS PARA TOMA DE DATO

Planilla de perforacion			Control de Voladura	
Fecha			Fecha	
Turno			Turno	
Sector			Sector	
Tipo de material			Tipo de material	
Tipo de roca			Tipo de roca	
Altura del tope			Altura del tope	
Ancho del Tope			Ancho del Tope	
Longitud de perforacion			Densidad de la roca (tn/m3)	
Diametro de perforacion			Longitud de perforacion	
Perforista			Avance	
Equipo			Efectividad	
			Volumen (m3)	
			Tonelaje	
			Peso total del explosivo (kg)	
			Factor de carga (kg/tn)	
			Factor de carga (kg/m3)	

Explosivos utilizados				
Carga de fondo (Emulex)	Peso x unidad (kg)	Unidades utilizadas(kg)	Peso(kg)	
Carga de columna (Anfo)	Peso x unidad (kg)	Unidades utilizadas(kg)	Peso(kg)	
Accesorios	Cordon Det 5 gr/m		Longitud utilizada	Peso(kg)
	Cordon Det 40 gr/m			
	Cordon Det 60 gr/m			
	Mecha de seguridad			
	Detonador no elect. 4.8m		Cantidad	
	Capsula detonante N° 8			
	Taco			

4.2 Pruebas del diagrama de perforación en una sección de 3.8 x 3.8

4.2.1 Descripción geomecánica de las labores

Los sectores donde se realizaron las pruebas tienen la siguiente caracterización geomecánica, que se utilizó para el diseño de los diagramas:

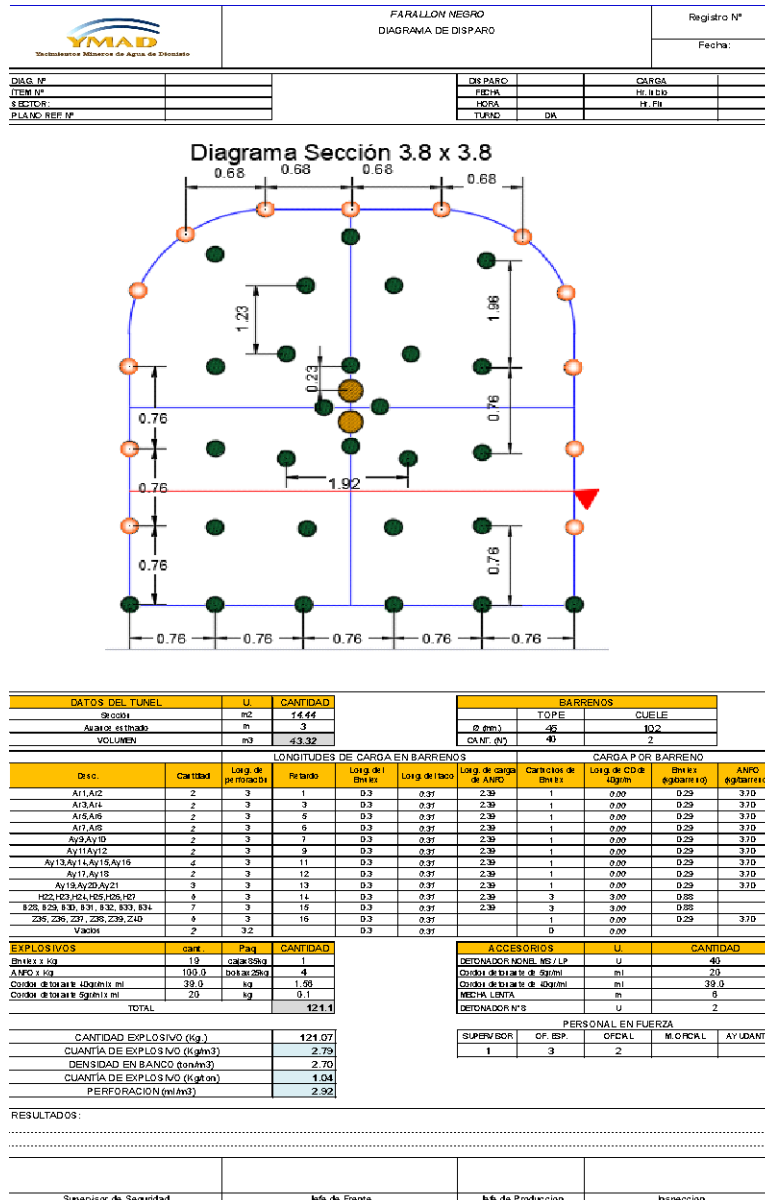
En el acceso 2544 veta encuentro superior, según la clasificación geomecánica está compuesta por una roca tipo A MF/MB (roca dura, medianamente fracturada y muy buena con una alta resistencia), donde su UCS (resistencia a la compresión uniaxial) es de 175 a 200 Mpa. Sus rellenos son duros menores a 5 mm, posee una alta rugosidad a moderada, su fracturamiento es en bloque, su RQD (designación de calidad de roca) es elevado con sectores moderados y las estructuras son perpendiculares a oblicua a la dirección de avances siendo las mismas

Mientras que en la basal 2580 SE veta encuentro superior, donde también se realizó el diagrama propuesto es una roca Tipo C F/R (fracturada en bloque y regular con una resistencia media 100 mpa) que tiende a Migrar a una roca Tipo D F/M (fracturada en bloque y mala con baja resistencia) presentando una alteración argílica moderada a avanzada en sectores puntuales.

4.2.3 Descripción de implementación:

- ❖ En cuanto a la perforación, haciendo uso del manual de EXSA se determinó el número de taladros que se requiere por sección, lo que nos permitió disminuir el número de taladros a 42.
- ❖ En cuanto al carguío se respecto la carga que se venía realizando, solo se varió el diagrama de perforación. Dicha carga consiste en realizar un recorte, la cual es realizada de la siguiente manera: el contorno es cargado con tres Emulex uno de ellos cebado y Cordón detonante cuyo gramaje es de 40 gr/m, de manera de cuidar el contorno, en cuanto a los demás taladros se carga con un Emulex cebado y anfo.
- ❖ Control de colocación de tacos. (verificar la utilización del taco).
- ❖ La secuencia de salida es con retardos del orden MS (Retardos de corto periodo, secuenciados cada 25 ms).

Figura 33: Plantilla de diagrama propuesto 3.8m x 3.8 m



Nota: En dicha planilla se observa el diagrama propuesto, como así también la serie de retardo y la carga de explosivo empleada

Figura 34: Distribución de carga



Nota: Se observa la distribución de carga de explosivo con sus respectivos accesorios de voladura de los taladros, en el contorno (hastiales y corona) y los taladros restantes.

Figura 35: Serie de retardo

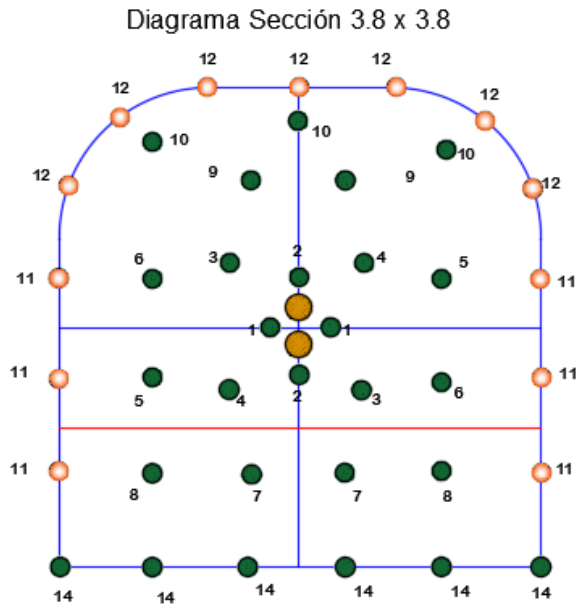


Figura 36: Medición de la longitud de taladros



Nota: Se observa la medición de los taladros mediante la cinta métrica, para tener un control de la longitud de perforación

Diagrama estándar: Labor: Basal 2580 SE veta encentro superior

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama estándar con 47 taladros el cual se tomó como línea base, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, la longitud de perforación fue de 3.3 m en promedio tomada dicha medida con una cinta métrica.

Figura 37: Diagrama estándar perforado-Sección 3.8 m x 3.8 m



Nota: Se observa el diagrama propuesto perforado en el frente de trabajo

Tabla 14: Datos de perforación y carga explosiva-diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	125
Nº de taladros de 45mm	45	Cantidad de Emulex (Kg)	21
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.68
Tiempo de perforación (promedio)	3.2 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 1	Total (kg)	148
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	4
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo

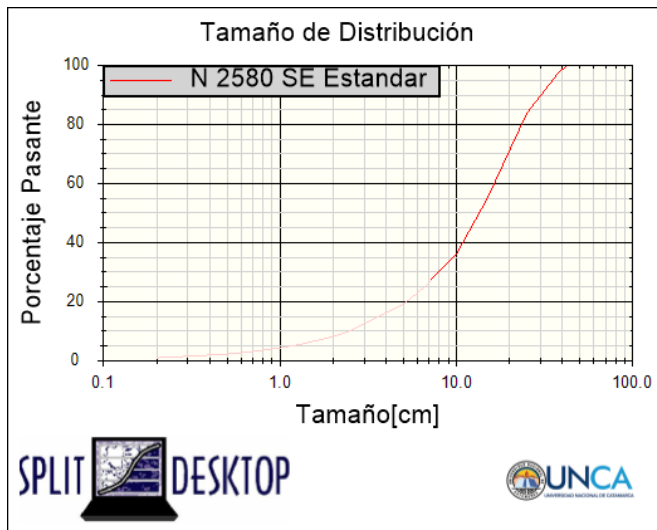
Figura 38: Fragmentación de la voladura – resultados post voladura –Diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	88
Fragmentación	23.48
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Muy Mala
Sobre excavación	Si

Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto, mientras que ala izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura

Grafica 8: Curva granulométrica-Diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	2,45
F20	5,19
F30	8,34
F40	11,35
F50	13,87
F60	16,65
F70	19,72
F80	23,48
F90	29,99
Topsize (99,95%)	42,69

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

Figura 39: Imagen de pata post voladura-Diagrama estándar sección 3.8 m x 3.8 m



Nota: Se visualiza una pata debido a que no cuenta con la cantidad necesarias de ayudas de zapatera.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- Presento pata (una pata hace referencia a un desnivel en la parte inferior de la labor ,producto de una mala distribución de los taladros de la zapatera y las ayudas donde su separación es inadecuada)
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4 m x 4 m. (la sección diseñada es de 3.8 m x 3.8 m , luego de pos voladura la sección real de la labor es de 4 m x 4 m ,por lo cual se a sobreexcavado)

En la tabla 15 se puede visualizar los KPI referentes al diagrama estándar.

Tabla 15.KPI -DIAGRAMA ESTANDAR sección 3.8 m x 3.8 m

KPI	
Parametros	Real
Rendimiento de avance	88%
Proyeccion	30 m
Fragmentacion	23.48 cm
Sobre excavacion	18%

Prueba N° 1: Labor: AC 2544 veta encuentro superior

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 42 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 2.78 m en promedio tomada dicha medida con una cinta métrica.

Figura 40: Diagrama propuesto perforado - sección 3.8 m x 3.8 m



Nota: Se observa el diagrama propuesto perforado en el frente de trabajo

Tabla 16: Datos de perforación y carga de explosivos-prueba N° 1- sección 3.8 m x 3.8 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	2.78	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,6 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	80%	Factor de carga (kg/m3)	3
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,5 hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo.

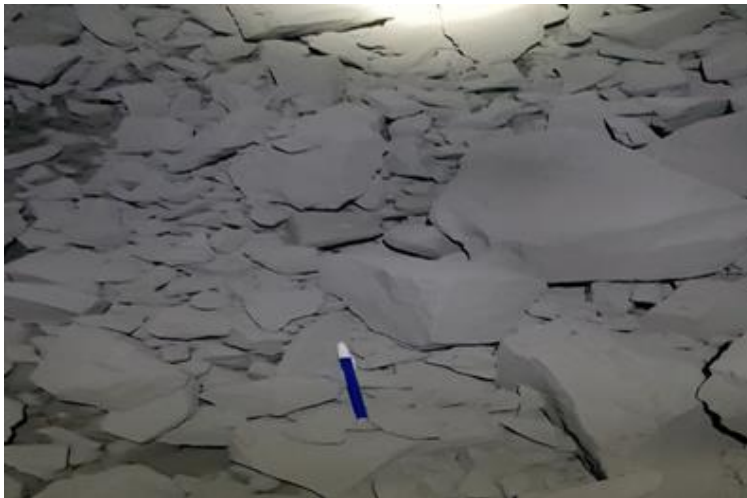
Figura 41: Carga de explosivo en el frente de trabajo



Nota: Se observa el diagrama propuesto perforado en el frente de trabajo

Nota: Se visualiza del lado derecho la carga de explosivo con ayuda del autoelevador (MERLO) y en el lado derecho el explosivo para la carga del contorno (Emulex cebado con cordón del 40 y con su respectivo retardo)

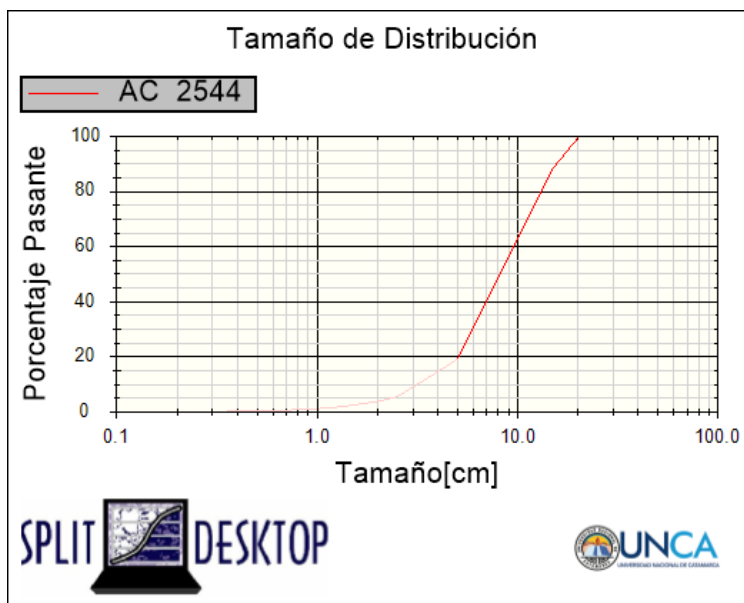
Figura 42: Fragmentación de la voladura – resultados post voladura- prueba N° 1- sección 3.8 m x 3.8 m



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	92
Fragmentación	P 80 = 12.72 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto , mientras que ala izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura.

Grafica 9: Curva granulométrica- prueba N° 1- sección 3.8 m x 3.8 m



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	3,45
F20	5,16
F30	6,50
F40	7,63
F50	8,71
F60	9,81
F70	11,09
F80	12,72
F90	15,73
Topsize (99,95%)	20,33

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,8 m.

Prueba N° 4: Labor: AC 2544

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó la carga sin colocación de tacos en las ayudas de arranque para ver la variación de la fragmentación, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.2 m para realizar un mayor avance en la labor.

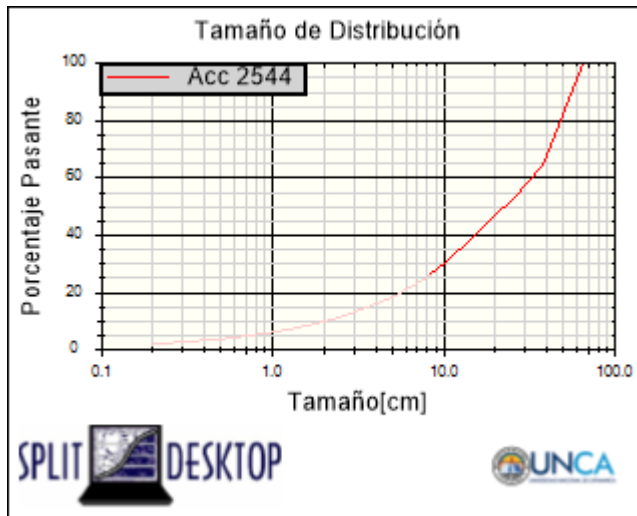
Tabla 17: Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura- prueba N° 4- sección 3.8 m x 3.8 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,67 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 1	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	87%	Factor de carga (kg/m3)	2.8
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	91
Fragmentación	P80=49.24
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Grafica 10: Curva granulométrica:- prueba N° 4- sección 3.8 m x 3.8 m



% Pasante	Tamaño [cm]
F10	2,01
F20	5,61
F30	10,40
F40	15,58
F50	23,15
F60	34,60
F70	42,30
F80	49,24
F90	56,64
Topsize (99,95%)	65,47

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

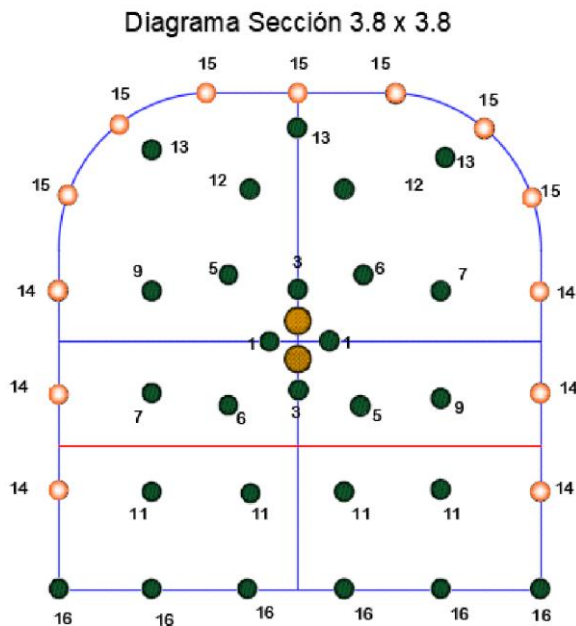
➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,9 m.

Prueba N° 6: Labor: AC 2544

En dicha prueba se realizó como complemento un cambio en la serie de retardo, dándole más tiempo de salida al arranque y ayudas, la serie de retardo se puede visualizar en la imagen, esta prueba se llevó a cabo de manera de ver como influenciaba en la proyección. En la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.1 m para realizar un mayor avance en la labor.

Figura 43 Serie de retardo propuesta



Nota: Se visualiza la serie de retardo propuesta para minimizar la proyección

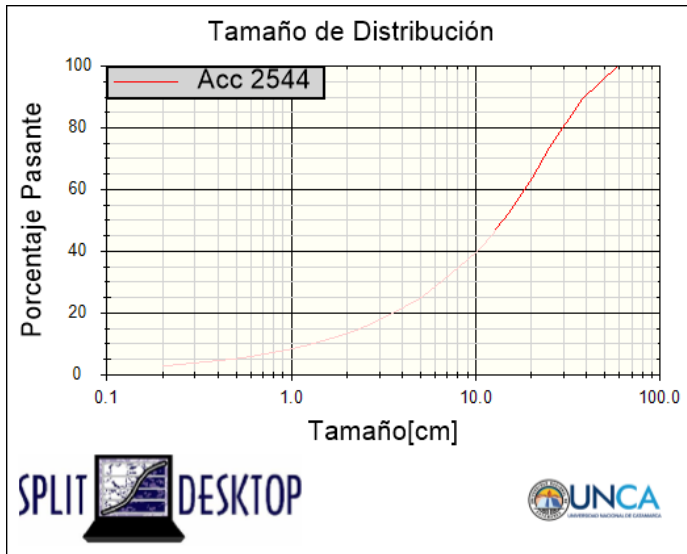
Tabla 18: Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura- prueba N° 6- sección 3.8 m x 3.8 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.1	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,63 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.9
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3 hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	p80= 29.73 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura.

Grafica 11: Curva granulométrica- prueba N° 6- sección 3.8 m x 3.8 m



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	1,29
F20	3,61
F30	6,60
F40	10,14
F50	14,32
F60	18,68
F70	23,47
F80	29,73
F90	39,26
Topsize (99,95%)	59,54

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,9 m.

Prueba N° 7: Labor: N 2580 SE

En dicha prueba se probó el diagrama en mineral, para observar los resultados obtenidos de dicho diagrama en veta, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.3 m para realizar un mayor avance en la labor. Cabe destacar que siguió con la serie de retardos probada en la prueba 6

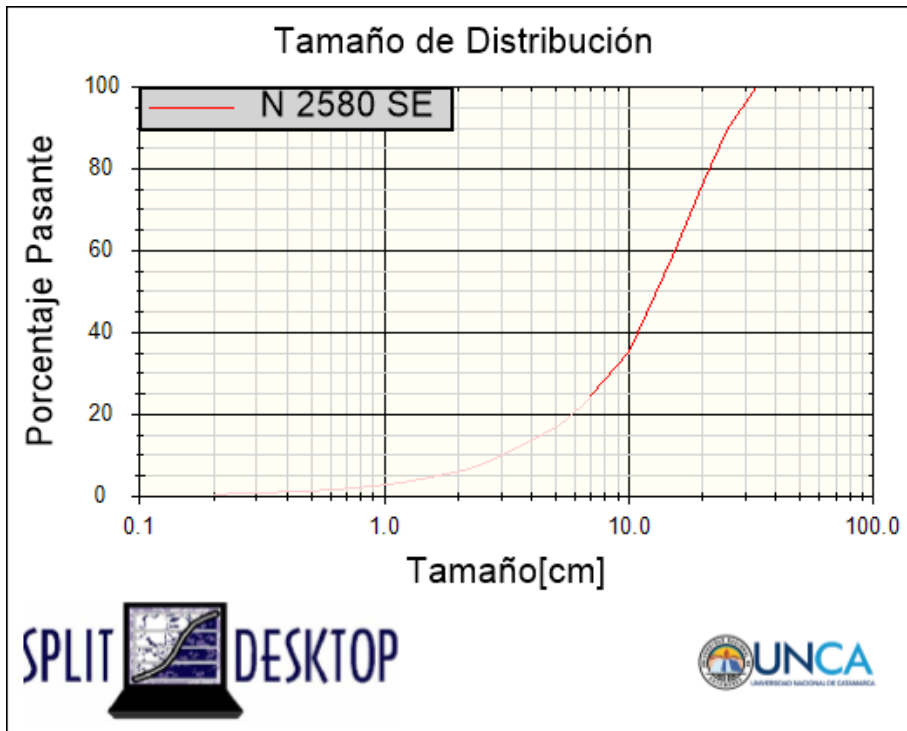
Tabla 19: Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura prueba 7- sección 3.8 m x 3.8 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,68 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.7
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	p80=21.41 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura.

Grafica 12: Curva granulométrica prueba 7- sección 3.8 m x 3.8 m



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	3,11
F20	5,85
F30	8,80
F40	11,26
F50	13,44
F60	15,62
F70	18,22
F80	21,41
F90	25,74
Topsize (99,95%)	33,49

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,9 m.

Todas las pruebas realizadas se encuentran en el anexo de pruebas. A continuación se puede observar una tabla resumen del total de pruebas realizadas.

Las pruebas realizadas se resumen a continuación, como se puede observar en la tabla 20, se especifica cada uno de los parámetros de cada prueba.

Tabla 20: Resumen de pruebas realizadas - sección 3.8 m x 3.8 m

Descripción	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10
Fecha	3/9/2022	14/9/2022	15/9/2022	16/9/2022	17/9/2022	18/9/2022	19/9/2022	20/9/2022	23/9/2022	24/9/2022
Labor	ACC 2544	ACC 2544	ACC 2544	ACC 2544	ACC 2544	ACC 2544	N 2580 SE	ACC 2544	ACC 2544	ACC 2544
Veta	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro
Material	Esteril	Esteril	Esteril	Esteril	Esteril	Esteril	Mineral	Esteril	Esteril	Esteril
Turno	Noche	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Noche	Noche
Longitud de perforación	2.78	2.8	3.3	3.3	3.2	3.1	3.3	3.5	3.4	3.3
Diametro de perforación (mm)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Diametro taladro de alivio (mm)	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
N° de taladros	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Calidad de roca	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A

En la tabla 21 se observa los KPI de los distintos parámetros obtenidos con el diagrama estándar y el diagrama propuesto. Se puede concluir que se obtuvieron mejores rendimientos con el diagrama propuesto que con el estándar.

Tabla 21: KPI estándar vs prueba

Parametros	KPI	
	Estandar	pruebas
Rendimiento de avance	88%	97%
Proyeccion	30 m	25 m
Fragmentacion	23.48 cm	15.37 cm
Sobre excavacion	18%	10%

4.3 Pruebas del diagrama de perforación en una sección de 4.1 x 4.1

4.3.1 Descripción geomecánica de las labores

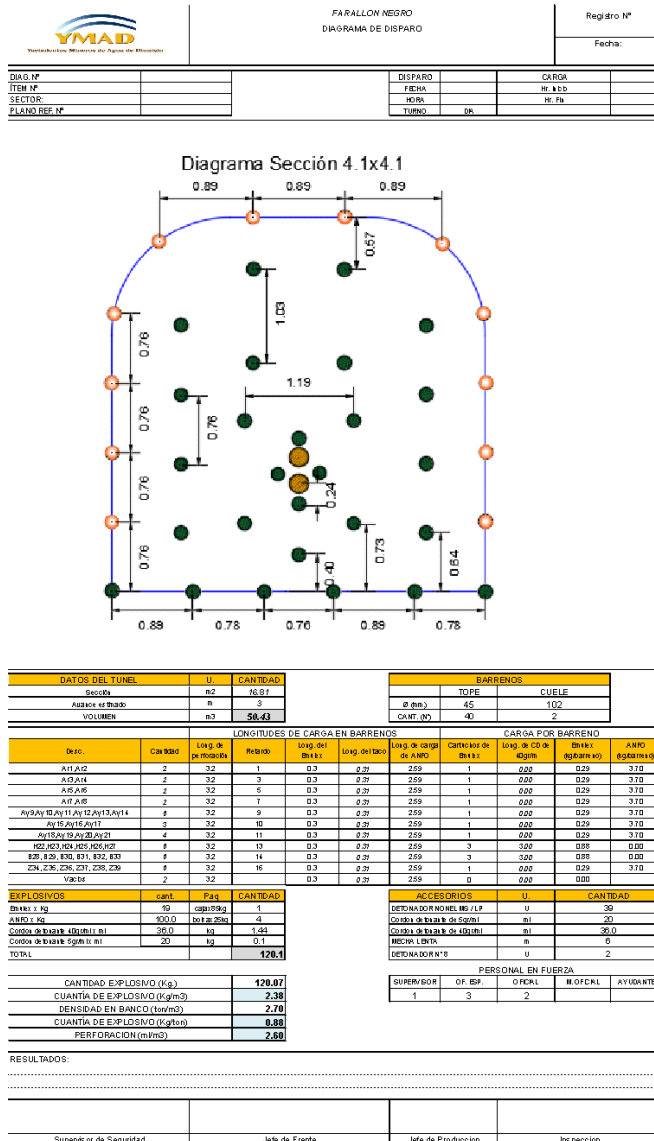
El sector donde se realizaron las pruebas tiene la siguiente caracterización geomecánica, que se utilizó para el diseño de los diagramas.

La basal 2390 SE veta encuentro inferior, presenta las siguientes condiciones geomecánicas, su caja piso y caja techo poseen una calidad de roca que varía desde una clase Tipo B F/B (roca blanda, fracturada en bloques y con buena resistencia) a una clase Tipo A F/B en Roca Monzonita cuyo tamaño de grano varía de fino a muy fino presentando sectores con leve alteración producto de los contactos con las fallas que acompaña paralela a la dirección del desarrollo. Su UCS (resistencia a la compresión uniaxial) varía de 175 Mpa. a 120 Mpa.

4.3.2 Descripción de implementación:

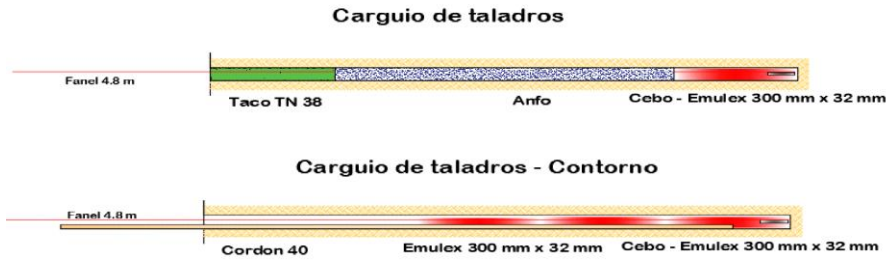
- ❖ En cuanto a la perforación, haciendo uso del manual de EXSA se determinó el número de taladros que se requiere por sección, lo que nos permitió disminuir el número de taladros a 41.
- ❖ En cuanto al carguío en la mayoría de las pruebas se respecto la carga que se venía realizando, solo se varió el diagrama de perforación. Cabe destacar que se realizó pruebas con la colocación de un taco por taladro y también con dos tacos en la cual se reduce la carga de columna con anfo, lo que implica en la reducción de costo de explosivo.
- ❖ La secuencia de salida es con retardos del orden MS (Retardos de corto periodo, secuenciados cada 25 ms). Dicha serie se ilustra en la figura 46.
- ❖ Para mejorar la proyección se analizó con el jefe de turno, alternativas de mejoras y se propuso un orden de secuencia de salida distinta a la que se venía implementando la cual se muestra en la figura 53.

Figura 44: Panilla de diagrama 4.1 m x 4.1 m



Nota: En dicha planilla se observa el diagrama propuesto , como así también la serie de retardo y la carga de explosivo empleada

Figura 45 Distribución de carga en los taladros



Nota: Se observa la distribución de carga de explosivo con sus respectivos accesorios de voladura de los taladros, en el contorno (hastiales y corona) y los taladros restantes.

Figura 46: Serie de retardo estándar

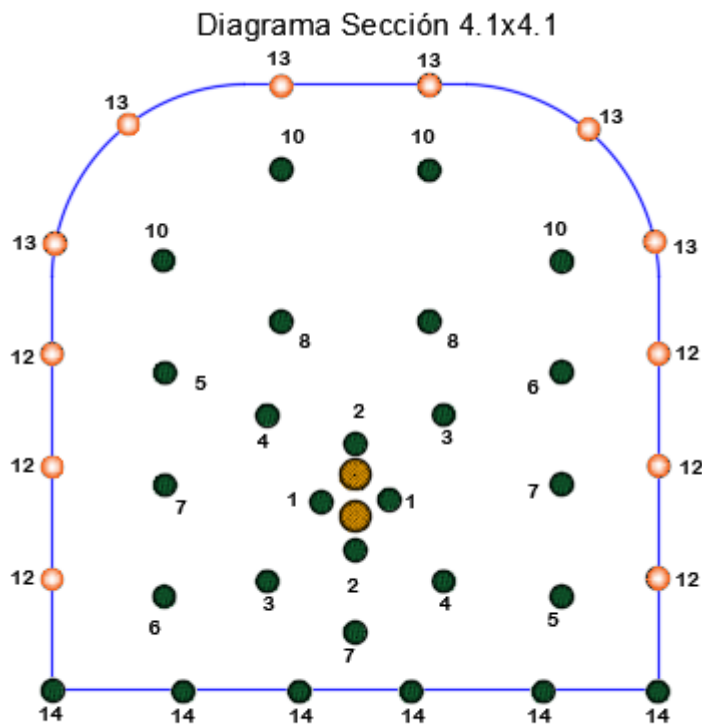


Diagrama estándar: Labor: Basal 2390 SE veta encuentro inferior

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama estándar con 48 taladros, el cual se toma como línea de base, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, la longitud de perforación fue de 3.1 m en promedio tomada dicha medida con una cinta métrica.

Figura 47: Diagrama estándar perforado- sección 4.1 m x 4.1 m



Nota: Se observa el diagrama estándar perforado en el frente de trabajo

Tabla 22: Datos de perforación y carga de explosivos diagrama estándar- sección 4.1 m x 4.1 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.1	Cantidad de ANFO (Kg)	125
Nº de taladros de 45mm	46	Cantidad de Emulex (Kg)	22
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.68
Tiempo de perforación (promedio)	2,9 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Axera	Total (kg)	148.9
Disponibilidad mecánica del equipo	80%	Factor de carga (kg/m ³)	3.28
Utilización	64%	Tiempo de carga	2,6 hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo

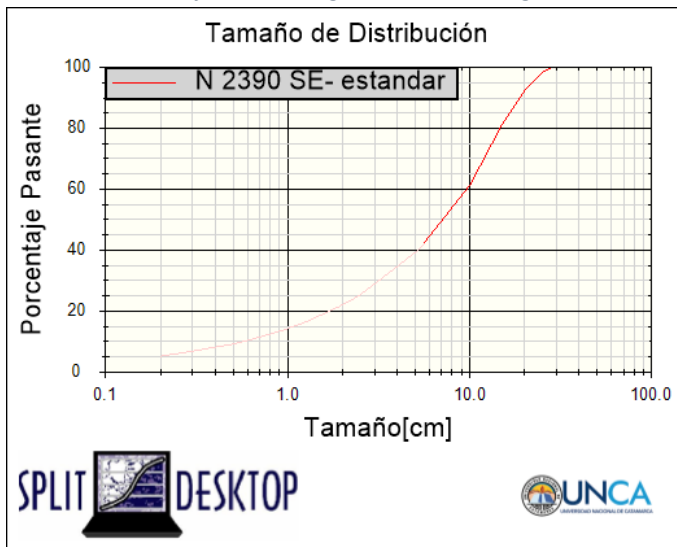
Figura 48: Fragmentación de la voladura – resultados post voladura diagrama estándar- sección 4.1 m x 4.1 m



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	87%
Fragmentación	p80= 18.33 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

.Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto , mientras que ala izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura

Grafica 13 Curva granulométrica: diagrama estándar- sección 4.1 m x 4.1 m



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	3,64
F20	6,04
F30	8,25
F40	10,08
F50	11,78
F60	13,59
F70	15,65
F80	18,33
F90	21,99
Topsize (99,95%)	29,90

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.4 m x 4.3 m

Tabla 23: KPI REAL- sección 4.1 m x 4.1 m

KPI	
Parametros	Real
Rendimiento de avance	87%
Proyeccion	32 m
Fragmentacion	18.33 cm
Sobre excavacion	19%

Prueba N° 1: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 2.8 m en promedio tomada dicha medida con una cinta métrica.

Figura 49 :Diagrama propuesto perforado- sección 4.1 m x 4.1 m



Nota: Se observa el diagrama propuesto perforado en el frente de trabajo

.Tabla 24: Datos de perforación y carga de explosivos prueba 1 - sección 4.1 m x 4.1 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	2.8	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,5 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Axera	Total (kg)	120.4
Disponibilidad mecánica del equipo	80%	Factor de carga (kg/m3)	2.75
Utilización	64%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo.

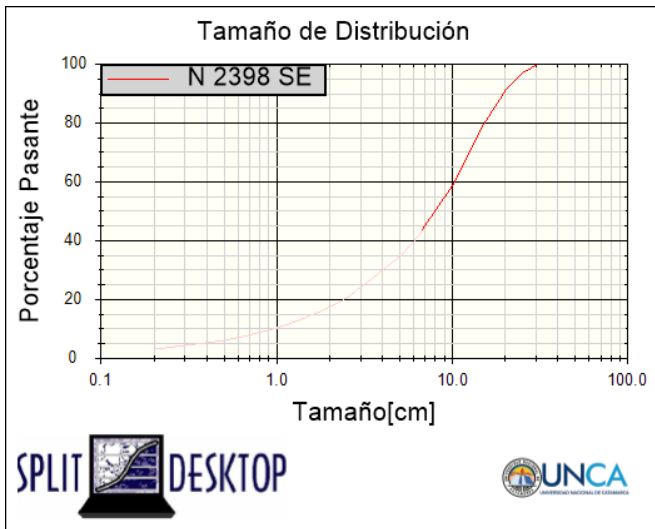
Figura 50: Fragmentación de la voladura – prueba 1 - sección 4.1 m x 4.1 m



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	93
Fragmentación	p80= 15,49 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto, mientras que a la izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura.

Grafica 14: Curva granulométrica- prueba 1 - sección 4.1 m x 4.1 m



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,95
F20	2,40
F30	4,13
F40	6,07
F50	8,33
F60	10,49
F70	12,78
F80	15,49
F90	19,51
Topsize (99,95%)	30,57

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m

Prueba N° 6: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En esta prueba se realizó la carga de todos los taladros con doble taco de manera de ver como influía en la fragmentación, la longitud de perforación fue de 3.10 m en promedio. Para dicha prueba se marcó con cinta la manguera de carga de anfo para controlar la carga de columna y dejar de esta manera el espacio requerido en el taladro para el doble taco. Al aumentar la longitud de taco se reduce la carga de columna (disminuyendo los kg de anfo)

Tabla 25: Datos de perforación y carga de explosivos- prueba 6-- sección 4.1 m x 4.1 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.1	Cantidad de ANFO (Kg)	75
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,7 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	axera	Total (kg)	95
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	1.89
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo.

Figura 51: Medición de longitud de taco



Nota: Se puede observar el marcado de la manguera con la longitud del taco para la correcta carga de la columna de anfa, de manera que quede la longitud justa del taladro para el ingreso de doble taco

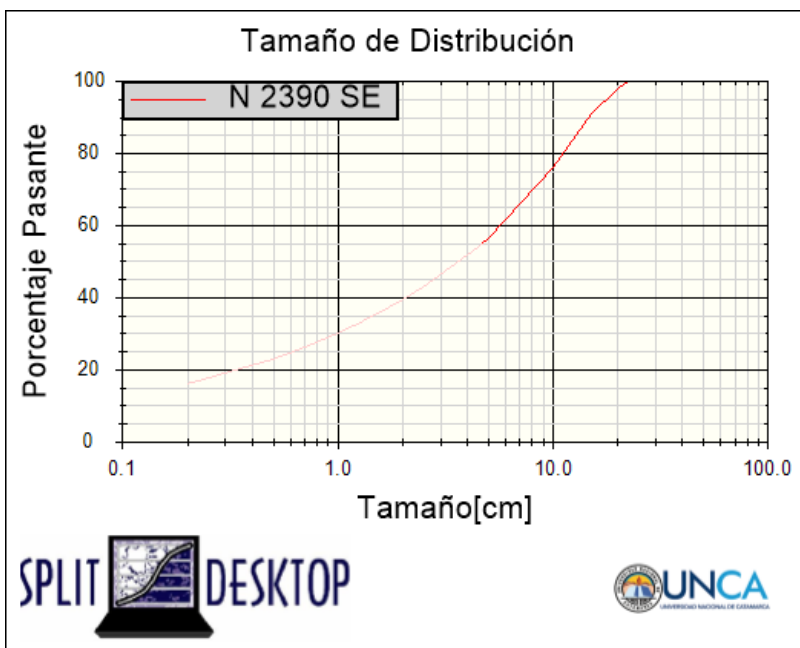
Figura 52: Fragmentación de la voladura – prueba 6 - sección 4.1 m x 4.1 m



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	97
Fragmentación	P80=11.25 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto , mientras que ala izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura.

Grafica 15: Curva granulométrica- prueba 6- sección 4.1 m x 4.1 m



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,06
F20	0,34
F30	0,98
F40	2,05
F50	3,66
F60	6,05
F70	8,57
F80	11,25
F90	14,85
Topsize (99,95%)	22,39

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

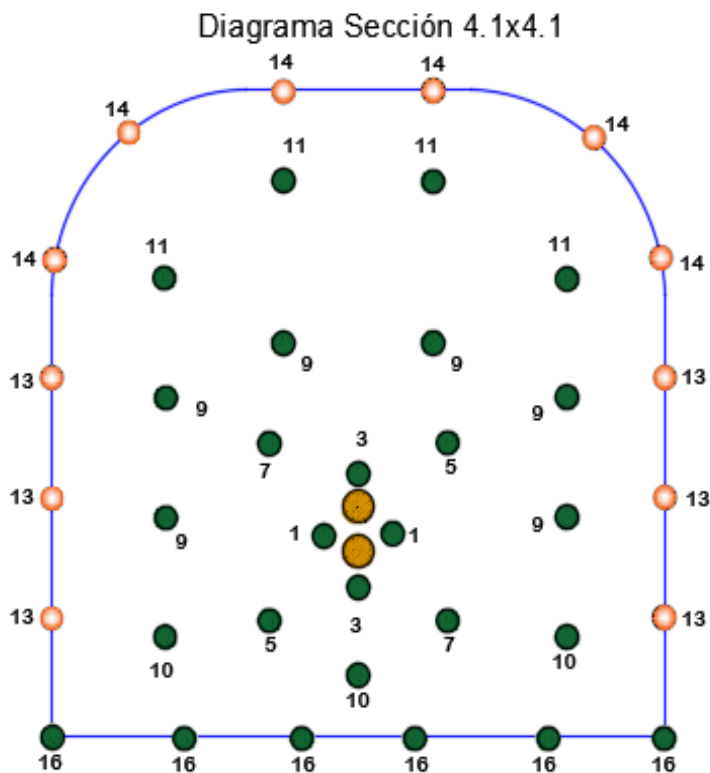
- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.18 m.

Prueba N° 8: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 3.48 m en promedio. También se realizó una prueba de proyección, la serie de retardo implementada es la que se visualiza en la figura 53.

Figura 53: Serie de retardo propuesta



Nota: Se visualiza la serie de retardo propuesta para minimizar la proyección

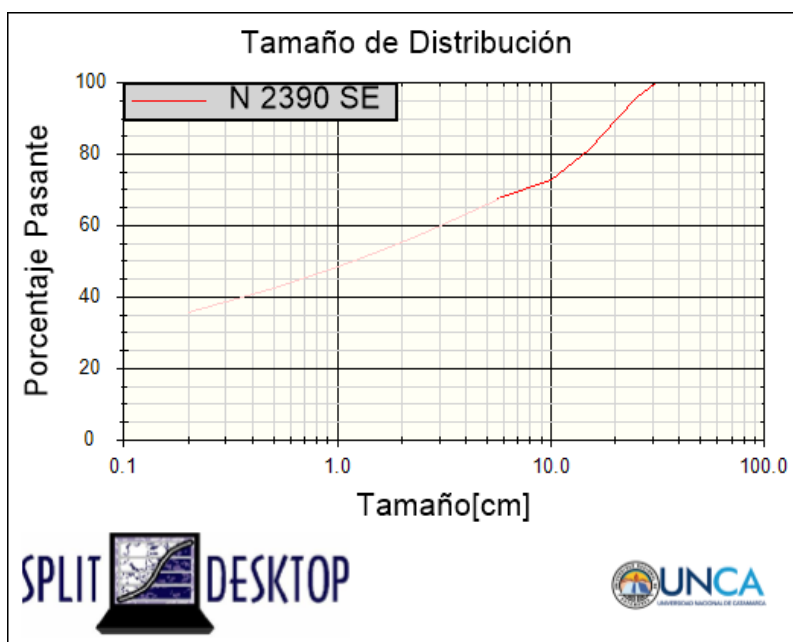
Tabla 26: Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura- prueba 8 - sección 4.1 m x 4.1 m

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.48	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,68 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 1	Total (kg)	120
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.17
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	95
Fragmentación	P80= 14.78 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Grafica 16: Curva granulométrica - prueba 8 - sección 4.1 m x 4.1 m



% Pasante	Tamaño [cm]
F10	0,01
F20	0,02
F30	0,08
F40	0,36
F50	1,17
F60	3,05
F70	8,25
F80	14,78
F90	20,69
Topsize (99,95%)	31,06

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.



➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni sopladados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m.

Todas las pruebas realizadas se encuentran en el anexo de pruebas. A continuación se puede observar una tabla resumen de las pruebas realizadas.

Las pruebas realizadas se resumen a continuación, como se puede observar en la tabla 27, se especifica cada uno de los parámetros de cada prueba.

Tabla 27: Resumen de pruebas - sección 4.1 m x 4.1 m

Descripción	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10
Fecha	19/8/2022	20/8/2022	21/8/2022	22/8/2022	21/9/2022	22/9/2022	23/9/2022	24/9/2022	26/9/2022	27/9/2022
Labor	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE	N 2390 SE
Veta	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro	Encuentro
Material	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral	Mineral
Turno	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día	Día
Longitud de perforacion	2.8	3.1	3.2	3	3.5	3.1	3.3	3.48	3.14	3.23
Diámetro de perforacion (mm)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Diámetro taladro de alivio (mm)	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
N° de taladros	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
Calidad de roca	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

En la tabla 28 se observa los KPI de los distintos parámetros obtenidos con el diagrama estándar y el diagrama propuesto. Se puede concluir que se obtuvieron mejores rendimientos con el diagrama propuesto que con el estándar.

Tabla 28: KPI estándar vs real-sección 4.1 m x

KPI		
Parametros	Estandar	pruebas
Rendimiento de avance	87%	96%
Proyeccion	32 m	18 m
Fragmentacion	18.33 cm	11.7 cm
Sobre excavacion	19%	10%

CAPITULO 5

ANALISIS DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se expondrán los análisis de las diferentes pruebas correspondientes a cada uno de los diagramas propuestos en contraposición a los diagramas estándar que se ejecutan actualmente en el complejo minero farallón negro. A la hora de analizar la perforación y voladura se tendrán en cuenta los siguientes índices operacionales (Key Performance Indicator- KPI): efectividad de avance, fragmentación, proyección y reducción de costo por metro de avance.

Como se describió en el capítulo 3 los diagramas estándar con los que cuenta la mina para labores de avance son 2 con los cuales las pruebas de comparación se realizaron con respecto a estos diagramas (diagrama de 3,8m x 3,8m para roca dura y de 4,1m x 4,1 m para roca blanda).

Se realizaron 20 pruebas en comparación con los dos diagramas estándar considerados.

5.1 Análisis de pruebas - Diagrama de perforación 3.8 m x 3.8 m

A continuación se presenta la tabla resumen con los resultados de las pruebas realizadas, con el diagrama de sección 3.8m x 3.8m en **veta encuentro superior** en las labores basal Nivel 2580 SE y acceso Nivel 2544.

En dicha tabla se visualiza la prueba realizada, la labor correspondiente, calidad de la roca, longitud de perforación, avance, efectividad de avance, factor de carga, fragmentación, proyección y número de taladros

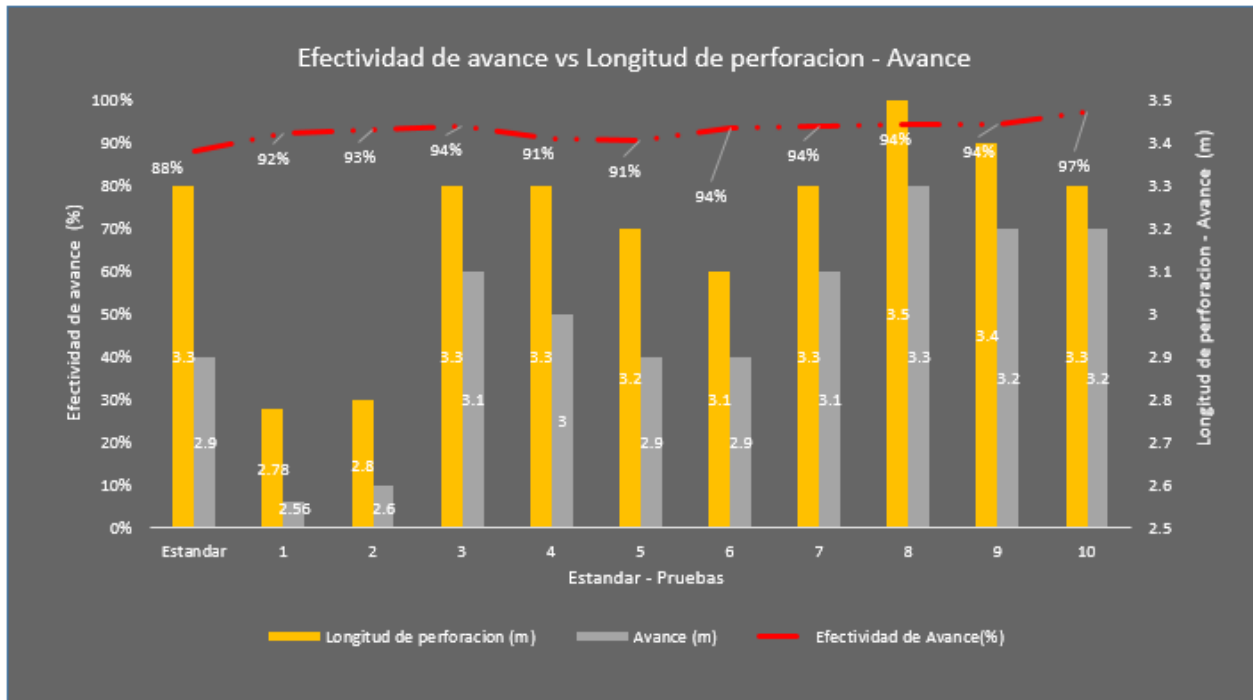
Tabla 29 Resultados de pruebas realizadas-sección 3.8 m x 3.8 m

Prueba	Labor	Calidad de la roca	Longitud de perforacion (m)	Avance (m)	Efectividad de Avance(%)	Factor de carga (kg/m3)	P80 (cm)	Proyeccion (m)	N° taladros
Estandar	N2580 SE	C	3.3	2.9	88%	4.1	23.48	30	47
1	Acc 2544	A	2.78	2.56	92%	3.3	12.72	31	42
2	Acc 2544	A	2.8	2.6	93%	3.2	13.65	30	42
3	Acc 2544	A	3.3	3.1	94%	2.7	13.81	32	42
4	Acc 2544	A	3.3	3	91%	2.8	49.24	30	42
5	Acc 2544	A	3.2	2.9	91%	3.2	19.51	30	42
6	Acc 2544	A	3.1	2.9	94%	2.9	29.73	21	42
7	N2580 SE	C	3.3	3.1	94%	2.7	21.41	22	42
8	Acc 2544	A	3.5	3.3	94%	2.5	18.63	23	42
9	Acc 2544	A	3.4	3.2	94%	2.5	23.9	23	42
10	Acc 2544	A	3.3	3.2	97%	2.6	15.37	25	42

5.1.1 Efectividad de Avance vs Longitud de perforación de las pruebas realizadas

En la siguiente grafica se puede observar la variación de la efectividad de avance y longitud de perforación de cada una de las pruebas realizadas.

Grafica 17 efectividad de avance vs longitud de perforación -avance- sección 3.8 m x 3.8 m



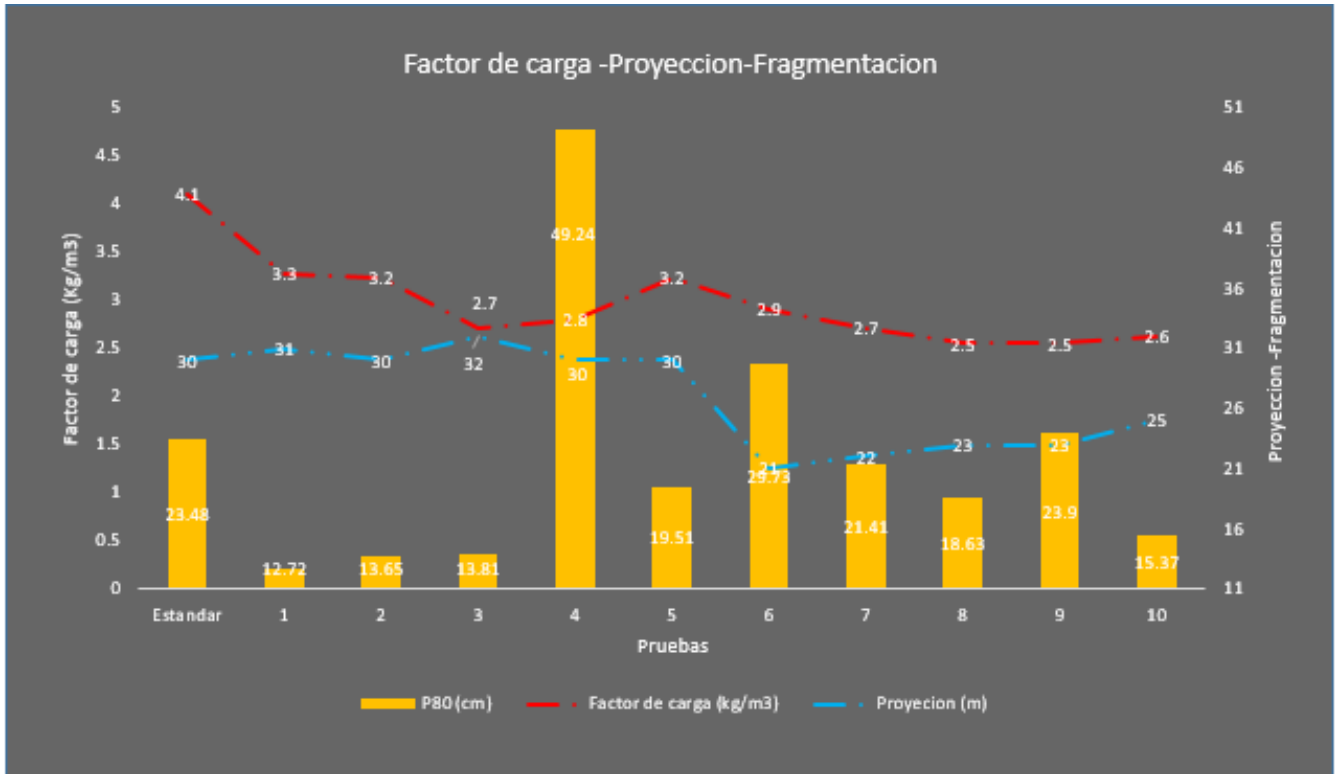
Como se puede observar en la gráfica 17 la efectividad de avance con el diagrama estándar es del 88%, mientras que con el diagrama propuesto esta entre 92% y 97%, por lo que se tiene una mejora de entre 4% y 9%.

Esto puede deberse a que el diagrama propuesto permite una mejor distribución de cargas en la sección a volar, debido a que al aproximar los trombones se mejora la fragmentación de la roca circundante que corresponde al arranque, mejorando la mejor liberación de la roca restante y por ende mejorado la efectividad de avance entendiendo lo que propone la teoría en base a diagramas teóricos de taladros planteando una distancia de separación acorde al diámetro de taladros.

5.1.2 Factor de carga –proyección y fragmentación de las pruebas realizadas

En la siguiente grafica se puede observar la variación del factor de carga, fragmentación y proyección de cada una de las pruebas realizadas.

Grafica 18 Factor de carga vs proyección-fragmentación- sección 3.8 m x 3.8 m



Como se puede observar en la gráfica 18 el factor de carga con el diagrama estándar es de 4.1 kg/m³, mientras que con el diagrama propuesto esta entre 2.6 kg/m³ y 3.3 kg/m³. Por lo que se reduce entre 0.8 y 1.5 kg/m³

Esto se debe que en el diagrama propuesto al considerar una mejor distribución de carga se redujeron la cantidad de taladros de la destroza pasando de 47 a 42.

También se visualiza una mejora en la proyección con la serie de retardo propuesta, mediante la cual se redujo de 30 metros de proyección del material a 21 metros en el mejor de los casos, lo cual implica un menor tiempo en la limpieza del frente de trabajo, como así también un menor daño en el material de fortificación.

En cuanto a la granulometría se puede visualizar la importancia de la colocación de taco, ya que en la prueba 4, no se lo utilizó en las ayudas y fue en la que mayor p80 se obtuvo.

5.2 Análisis de pruebas - Diagrama de perforación 4.1 m x 4.1 m

A continuación se presenta la tabla resumen con los resultados de las pruebas realizadas, con el diagrama de sección 4.1 m x 4.1 m en **veta encuentro inferior** en las labores basal Nivel 2390 SE.

En dicha tabla se visualiza la prueba realizada, la labor correspondiente, calidad de la roca, longitud de perforación, avance, efectividad de avance, factor de carga, fragmentación, proyección y número de taladros.

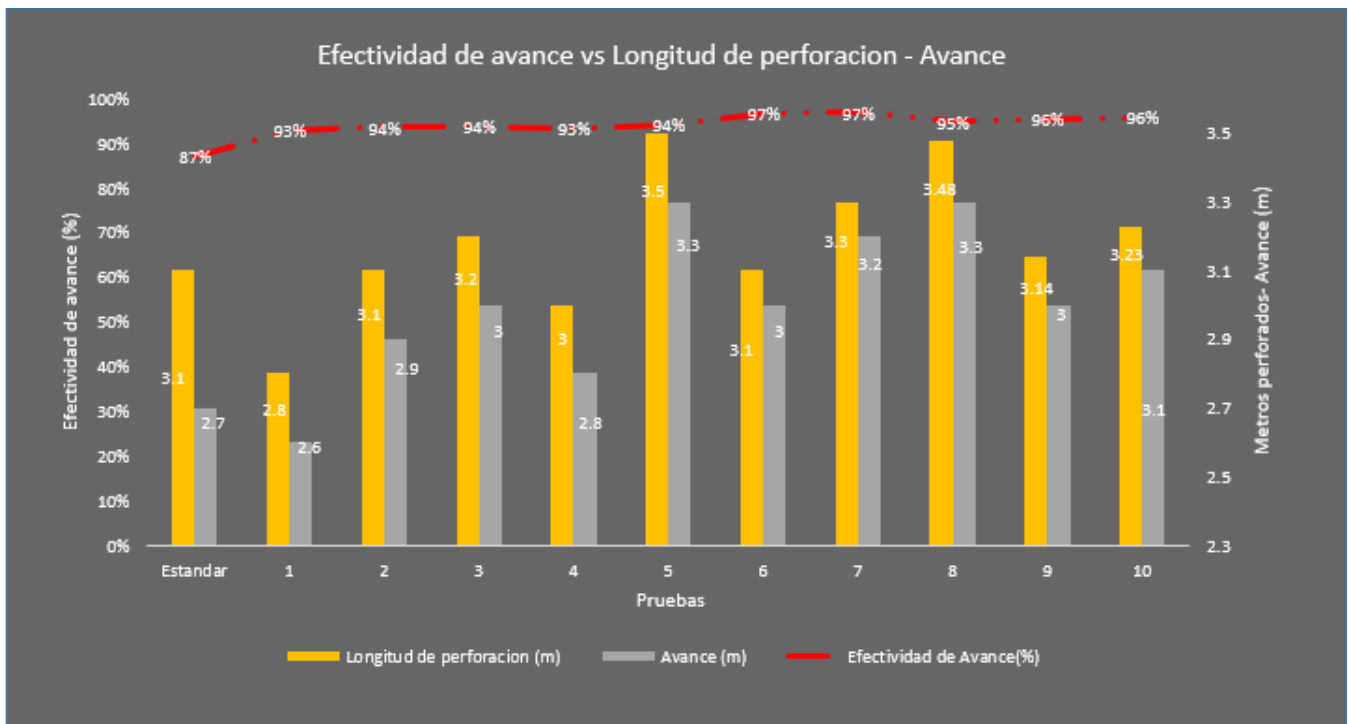
Tabla 30 Resultados de pruebas realizadas- sección 4.1 m x 4.1 m

Prueba	Labor	Calidad de la roca	Longitud de perforación (m)	Avance (m)	Efectividad de Avance(%)	Factor de carga (kg/m ³)	P80 (cm)	Proyeccion (m)	N° taladros
Estandar	N 2390 SE	C	3.1	2.7	87%	3.28	18.33	32	48
1	N 2390 SE	C	2.8	2.6	93%	2.8	15.49	32	41
2	N 2390 SE	C	3.1	2.9	94%	2.5	14.31	30	41
3	N 2390 SE	C	3.2	3	94%	2.4	16.89	30	41
4	N 2390 SE	C	3	2.8	93%	2.6	19.76	30	41
5	N 2390 SE	C	3.5	3.3	94%	2.2	10.59	30	41
6	N 2390 SE	C	3.1	3	97%	1.9	11.25	31	41
7	N 2390 SE	C	3.3	3.2	97%	1.7	11	30	41
8	N 2390 SE	C	3.48	3.3	95%	2.2	14.78	24	41
9	N 2390 SE	C	3.14	3	96%	2.4	26.64	19	41
10	N 2390 SE	C	3.23	3.1	96%	1.8	11.7	18	41

5.2.1 Efectividad de Avance vs Longitud de perforación de las pruebas realizadas

En la siguiente grafica se puede observar la variación de la efectividad de avance y longitud de perforación de cada una de las pruebas realizadas.

Grafica 19 Efectividad de avance vs longitud de perforación –avance- sección 4.1 m x 4.1 m

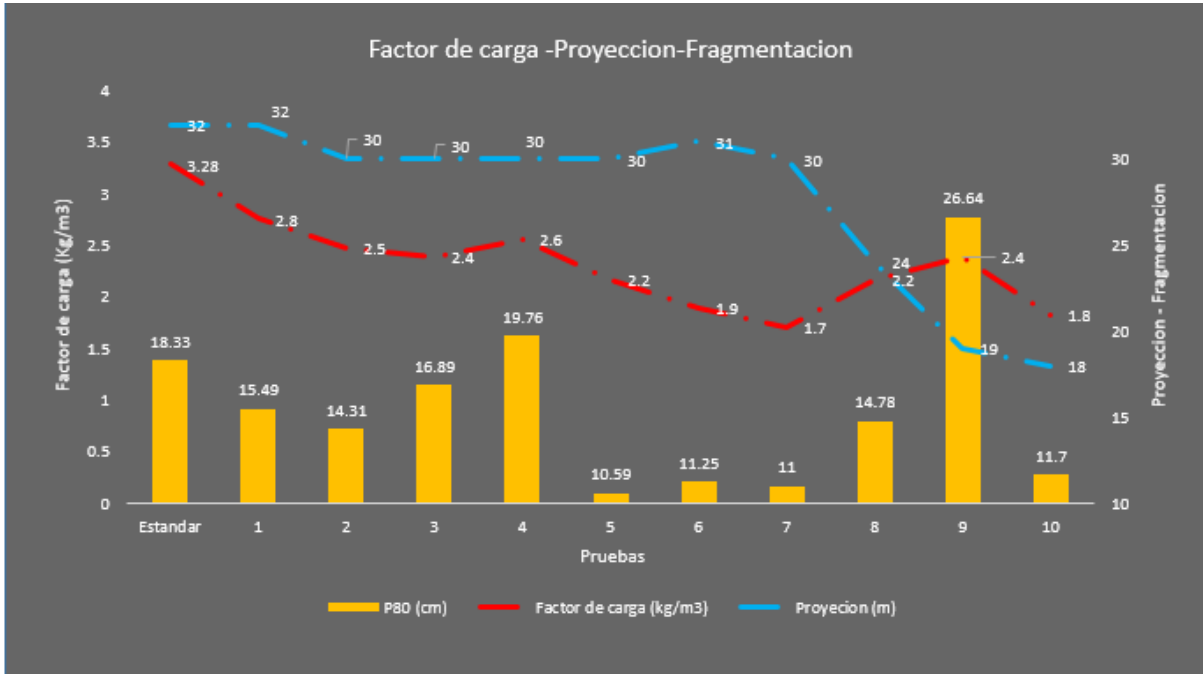


Como se puede observar en la gráfica 19 la efectividad de avance con el diagrama estándar es del 87%, mientras que con el diagrama propuesto esta entre 93% y 96%, por lo que se tiene una mejora de entre 6 % y 9%.

5.2.2 Factor de carga –proyección y fragmentación de las pruebas realizadas

En la siguiente gráfica se puede observar la variación del factor de carga, fragmentación y proyección de cada una de las pruebas realizadas.

Grafica 20 Factor de carga vs proyección-fragmentación- sección 4.1 m x 4.1 m



Como se puede apreciar en la gráfica 20 con el diagrama estándar, el cual fue la línea de base se logró un avance del 87%, con un factor de carga de 3.28 kg/m³, sin embargo, la calidad de la voladura no fue la adecuada ya que presentó una sección irregular, en cuanto a la fragmentación y proyección (32 metros) no está dentro de los parámetros requeridos por mina. Sin embargo con el diagrama propuesto se obtuvo un 97% de efectividad de avance, con un factor de carga de 2.4 kg/m³ y una proyección de 18 metros en el mejor de los casos.

De las pruebas realizadas en su totalidad, se puede observar que el diagrama propuesto tiene un buen comportamiento, en cuanto a la granulometría se puede visualizar la importancia de la colocación de taco, ya que en las pruebas 6,7 y 10, se colocó doble taco y fueron las que mejores resultados se obtuvieron en cuanto a la fragmentación, el cual se ajusta a los parámetros requeridos por la planta de beneficio, también se observó la importancia de implementar una mayor secuencia de retardos en los arranque y ayudas para disminuir la proyección.

5.3 Análisis económico

En las tablas 31 se detalla la información suministrada por la empresa, referente al costo por metro de avance, en donde se puede observar cada uno de los factores que influyen en dicho costo. Los mismos serán utilizados como valores de referencia para realizar el estudio de los costos asociados a la optimización realizada.

Tabla 31 Costo por metros de avance

Costo por metro (USD/m)		
	Estandar- Seccion 3.8 m x 3.8 m	Estandar- Seccion 4.1 m x 4.1 m
MANO DE OBRA	372.09	372.09
ELEMENTOS DE SEGURIDAD	2.04	2.20
ACEROS DE PERFORACION	29.69	30.78
HERRAMIENTAS Y MATERIALES	65.80	65.80
EXPLOSIVOS	149.41	162.77
MATERIALES DE SOSTENIMIENTO	134.16	144.45
EQUIPOS INCLUYE COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES	1339.51	1349.31
ENERGIA EQUIPOS AUXILARES	34.01	34.01
TOTAL COSTOS DIRECTOS	2498.80	2533.50
Imprevistos(10%)	249.88	253.35
Gastos Administrativos(5%)	124.94	126.67
TOTAL	2873.62	2913.52

Para este análisis económico se consideraron las siguientes variables

- Factor de carga
- Aceros de perforación
- Eficiencia de avance

Factor de Carga (Kg/m³): mediante la reducción del factor de carga de 1.2 kg/m³ en la sección 3.8 y 1.05 kg/m³ en la sección 4.1, se obtiene un menor costo de explosivos, por lo que se origina un ahorro de 64.47 USD/frente con el diagrama del 3.8 y 77.14 USD/ frente en el 4.1, como se visualiza en la tabla 32

Tabla 32 Costo de Explosivos y accesorios de voladura por frente

Costos de Explosivos			
Seccion 3.8 mx 3.8 m		Seccion 4.1 mx 4.1 m	
Estandar	propuesto	Estandar	propuesto
452.49	388.02	458.20	381.06

Aceros de Perforación (m) : Al lograr reducir el número de taladros de 47 a 42 por frente (sección de 3.8m x 3.8 m) y de 48 a 41 taladros por frente (sección 4.1mx 4.1 m) se pudo reducir los metros lineales perforados, lo que trae aparejado un ahorro en los costos de aceros de perforación, Por lo tanto, se obtiene un ahorro de 9.5 USD/m en la sección de 3.8 y de 8.4 USD/m en la sección 4.1 , como se muestra en la tabla 33

Tabla 33 Costo de acero de perforación por frente

Costo de acero de perforacion / frente				
Parametros	Seccion 3.8 m x 3.8 m		Seccion 4.1 m x 4.1 m	
	Estandar	Propuesto	Estandar	Propuesto
Longitud perforada (m)	3.3	3.2	3.1	3.2
N° Taladros	47	42	48	41
Costo por metro perforado (USD/m)	0.46	0.46	0.46	0.46
Costo por frente perforado (USD/m)	71.2	61.7	68.3	60.0
Ahorro de costos de perforacion (USD /m)	9.5		8.4	

Eficiencia de avance (%): Al aumentar la eficiencia en un 8 % (valor promedio de las pruebas realizadas), nos indica que, por el mismo número de voladuras tendremos un mayor avance. Teniendo en cuenta los valores de las tablas 34.

La eficiencia de voladura repercute en el costo por metro de avance, al mejorar la eficiencia, aumenta los metros lineales volados para un mismo número de disparos, es decir que con los mismos recursos se vuela más metros, en la sección de 3.8 se obtiene 322 metros de avance más, mientras que con la sección 4.1 se logró 688 metros por arriba del obtenido con los diagramas estándar.

Tabla 34 Incremento de metros de avance por optimización de eficiencia

Parametros	Metros de avance					
	Seccion 3.8 m x 3.8 m			Seccion 4.1 m x 4.1 m		
	Estandar	Propuesto	Variacion	Estandar	Propuesto	Variacion
Avance (m)	2.90	2.99	0.09	2.70	3.02	0.32
Efektividad (%)	88%	93%	5%	87%	95%	8%
Pegas por días	4	4	0.00	4	4	0.00
Metros por días	10.2	11.2	0.96	9.4	11.5	2.05
Metros por semanas	71.4	78.1	6.71	65.8	80.2	14.33
metros por mes	285.4	312.3	26.83	263.4	320.7	57.34
metros por año	3425.2	3747.1	322.0	3160.6	3848.6	688.04

Como se puede visualizar en 35 se pudo lograr un reducción del costo por metro de avance de 227.17 USD en la sección de 3.8, mientras que en la sección de 4.1 se obtuvo un ahorro de 246.62 USD lo que equivale a una optimización del 8 % respecto al empleado por YMAD.

Tabla 35 Costo por metro de avance de los diagramas propuestos vs estándar

Costos metro de avance			
Seccion 3.8 mx 3.8 m		Seccion 4.1 mx 4.1 m	
Estandar	propuesto	Estandar	propuesto
2873.62	2646.45	2913.52	2666.90

Como se puede apreciar en tabla 36, en base al LOM proyectado para la mina al año 2023, la cantidad de metros de avance por mes y los costos mensuales para el diagrama estándar y propuesto, además se puede apreciar la variación de estos costos.

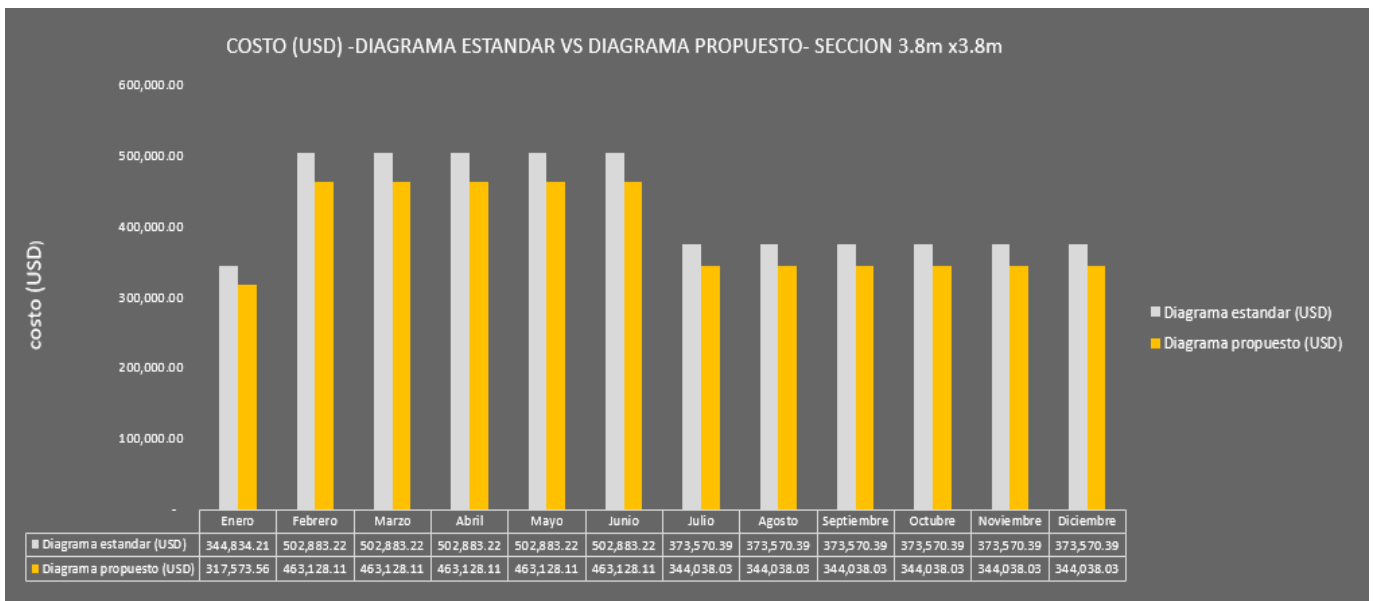
Tabla 36 optimización de costo por metro de avance aplicado al plan de desarrollo 2023

Seccion 3.8 X3.8					
Mes	Metros de avance	Diagrama estandar (USD)	Diagrama propuesto (USD)	variacion (USD)	
Enero	120.00	344,834.21	317,573.56	27,260.64	
Febrero	175.00	502,883.22	463,128.11	39,755.11	
Marzo	175.00	502,883.22	463,128.11	39,755.11	
Abril	175.00	502,883.22	463,128.11	39,755.11	
Mayo	175.00	502,883.22	463,128.11	39,755.11	
Junio	175.00	502,883.22	463,128.11	39,755.11	
Julio	130.00	373,570.39	344,038.03	29,532.36	
Agosto	130.00	373,570.39	344,038.03	29,532.36	
Septiembre	130.00	373,570.39	344,038.03	29,532.36	
Octubre	130.00	373,570.39	344,038.03	29,532.36	
Noviembre	130.00	373,570.39	344,038.03	29,532.36	
Diciembre	130.00	373,570.39	344,038.03	29,532.36	
Total	1,775.00	5,100,672.64	4,697,442.27	403,230.37	

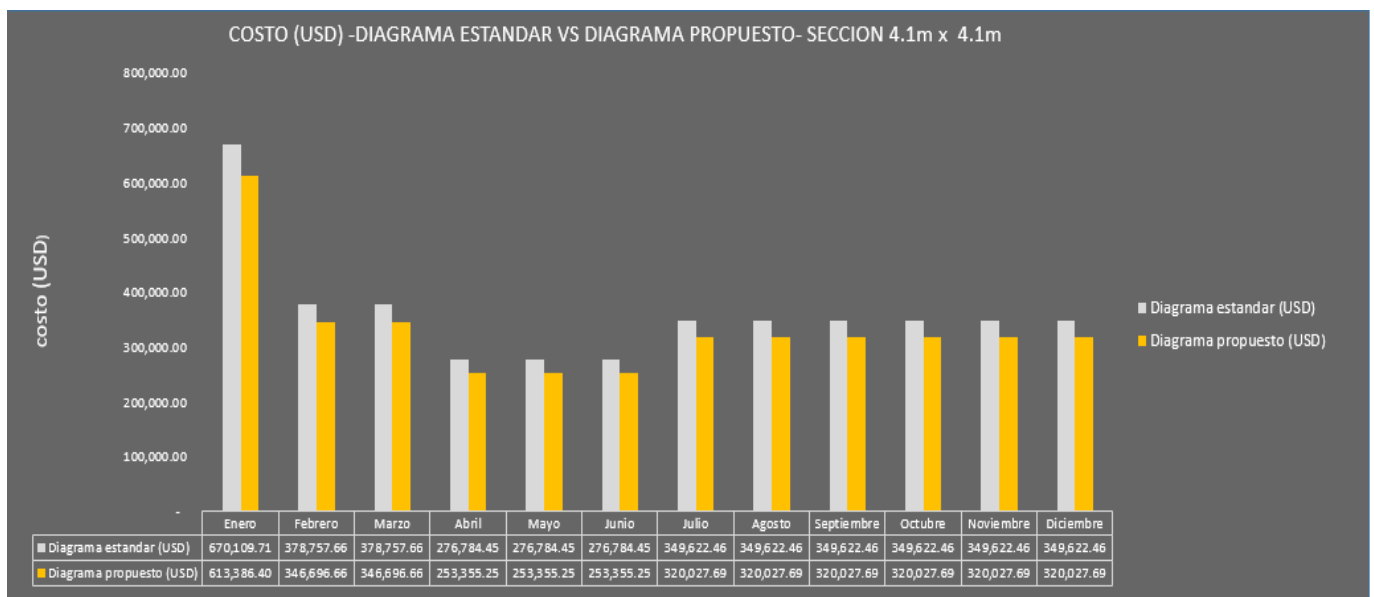
Seccion 4.1 X 4.1					
Mes	Metros de avance	Diagrama estandar (USD)	Diagrama propuesto (USD)	variacion (USD)	
Enero	230.00	670,109.71	613,386.40	56,723.32	
Febrero	130.00	378,757.66	346,696.66	32,061.01	
Marzo	130.00	378,757.66	346,696.66	32,061.01	
Abril	95.00	276,784.45	253,355.25	23,429.20	
Mayo	95.00	276,784.45	253,355.25	23,429.20	
Junio	95.00	276,784.45	253,355.25	23,429.20	
Julio	120.00	349,622.46	320,027.69	29,594.77	
Agosto	120.00	349,622.46	320,027.69	29,594.77	
Septiembre	120.00	349,622.46	320,027.69	29,594.77	
Octubre	120.00	349,622.46	320,027.69	29,594.77	
Noviembre	120.00	349,622.46	320,027.69	29,594.77	
Diciembre	120.00	349,622.46	320,027.69	29,594.77	
Total	1,495.00	4,355,713.14	3,987,011.58	368,701.56	

La gráfica 21 y 22 muestra la optimización que se genera al comparar el costo por metros de avances optimizados vs el utilizado actualmente, sobre el metraje del año 2023, es importante remarcar el impacto del costo por metro de avance que se genera mes a mes y que finalmente repercute en el costo anual, logrando un ahorro de **403,230.37 USD** en la sección de 3.8 ,mientras que en la sección de 4.1 el ahorro es de **368,701.56 USD** Valor que refleja la importancia de emplear estándares de perforación y voladuras, discriminados por sección y tipo de roca.

Grafica 21 OPTIMIZACION DE COSTO DE METRO DE AVANCE APLICADO AL LOM 2023



Grafica 22 OPTIMIZACION DE COSTO DE METRO DE AVANCE APLICADO AL LOM 2023



Capítulo 6

6.1 Conclusiones

- El correspondiente trabajo final de “**Reducción de Costos Operativos en Mina Farallón Negro – Optimizando Estándares de Perforación & Voladura en Desarrollo - Preparación**” fue realizado entre los meses de Agosto y Noviembre del 2022, en el complejo minero YMAD, ubicado en el distrito Hualfin- Los Nacimientos, Departamento Belén, Provincia de Catamarca.
Ymad desde 1978 se dedica a la extracción de oro y plata de yacimientos de tipo vetiforme. Actualmente se está explotando **veta encuentro**, mediante el método de taladros largos (log hole).
Los objetivos y alcances referidos a la reducción de costos de perforación y voladura fueron alcanzados ofreciendo alternativas de diagramas de perforación.
Con respecto al marco teórico, las fuentes de consultas fueron biografía disponible sobre el tema en cuestión, información de diferentes sectores de la mina y antecedentes de trabajos finales realizados en Ymad.
- Mediante el mapeo de las operaciones unitarias, me permitió representar gráficamente las operaciones y estructura (mapa de proceso) que se emplean en YMAD, en los distintos niveles estratégico, operativo y soporte, de forma tal que nos permita identificar aspectos relevantes de una manera rápida y simple.
Comparar y contrastar el flujo actual del proceso contra el flujo ideal, para identificar oportunidades de mejora. Mediante el análisis del mapa de proceso se identificaron los problemas principales que tiene YMAD en la operación de mina en desarrollo y preparación.
- Para identificar la problemática se analizó la información recopilada de las distintas áreas en conjunto con jefatura de mina, en donde se planteó los distintos desvíos que tienen mayor relevancia en la operación. Del análisis se consideraron tres problemas que afectan al cumplimiento de los objetivos estratégicos, siendo estos: (a) bajo rendimiento de avances en desarrollo y preparación de mina, (b) sobre excavación de labores; (c) incremento del costo por metro desarrollado y/o en preparación. Además se propuso la implementación de la matriz complejidad vs beneficio, el análisis de causa (diagrama de Ishikawa) y un criterio de evaluación que permitió cuantificar el impacto que tiene cada una de las soluciones en los distintos aspectos que se consideraron para el análisis del problema ,mediante esta valorización identificamos los aspectos que tienen mayor impacto en el problema principal del bajo rendimiento en los avance en desarrollo y preparación como así también la sobre excavación y finalmente el sobrecosto por metro de avance.

- En base a la valoración se realizó el diagrama Pareto, mediante el cual se determinó que el mayor problema está focalizado en el aspecto del método, por lo cual se genera un plan de implementación con el fin de poder abordar los problemas en forma estratégica y poder obtener los resultados satisfactorios. Dicho plan consistió en el análisis del procedimiento de perforación de frentes, delineamiento de los KPI, capacitación al personal y la realización de las 20 pruebas con los diagramas de perforación propuestos.
- Con la implementación de los diagramas propuesto se logró una eficiencia de avance promedio (93%), incrementando un 5 % respecto a los valores históricos (88%) en las sección 3.8 x 3.8 , mientras que la sección de 4.1 x 4.1 la eficiencia fue de 95% teniendo un aumento del 8 % respecto al estándar (87%), cabe destacar que en las pruebas con doble taco se obtuvo la mayor efectividad de avance (97%), teniendo en cuenta esta efectividad de avance se incrementarían los metros de avance anuales en la sección de 3.8 m x 3.8 m el incremento sería de 322 metros, mientras que en la sección de 4.1 m x 4.1 m es de 688 metros.
- La medición de fragmentación de las pruebas realizadas mostró un valor promedio del p80 de 11cm con la implementación de doble taco, esto permitió adecuar a un tamaño apropiado teniendo en cuenta los requerimientos solicitados por planta.
- En cuanto a la proyección se propuso la utilización de una nueva serie de retardos, considerando mayores tiempos de salida en el arranque, obteniéndose proyecciones menores a 18 metros .Esto ayudo a reducir las proyecciones anteriores, las cuales alcanzaban normalmente 32 metros.
- Por otra parte el factor de carga que se obtuvo en la sección de 3.8 m x 3.8 m fue de 2,86 kg/m³ y en la sección de 4.1 m x 4.1 m, un valor de 2.23 kg/m³. Esto permitió reducir los factores de carga anteriores ya que se tenía valores de 4,10 kg/m³ (sección de 3.8 m x 3.8 m) y 3.28 kg/m³ (sección de 4.1 m x 4.1 m) .Además por ende esta reducción está directamente relacionada con los costos de explosivos, logrando un ahorro de USD 64.47 (sección 3.8m x 3.8m) y de USD 98.82 (sección de 4.1m x 4.1m).
- En cuanto a los metros perforado se redujeron en un 13%, al reducir el número de taladros, de 47 a 42 para secciones de 3.8 m x 3.8 m y de 48 a 41 para secciones de 4.1 m x 4.1 m, lo cual implica un ahorro en el costo de aceros de USD 41.900 anuales.
- En conclusión se lograría un ahorro anual en los desarrollos de avance de **403,230.37 USD** en la sección de 3.8, mientras que en la sección de 4.1 el ahorro es de **368,701.56 USD** según lo proyectado para el año 2023, al implementar las medidas propuestas.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de los diagramas de perforación propuestos y estandarizar los mismos en los diferentes sectores a desarrollar y preparar.
- Es primordial la implementación de retardos LP de manera de disminuir la proyección del material, lo que tendrá impacto positivo en las siguientes operaciones unitarias tales como limpieza y remediación de la fortificación.
- Es fundamental que se continúe con la gestión de KPI, de proyección, fragmentación, rendimiento de avance, factor de carga, consumo de acero.
- Se recomienda que se continúe con buenas prácticas de operaciones tales como el marcado de mallas de perforación como así también el control de paralelismo y longitud de perforación.
- Se recomienda usar explosivo encartuchado y/o encapsular el ANFO en sectores donde las condiciones del terreno son desfavorables, con el fin de tener un factor de carga acorde al KPI.
- Se recomienda que en los frentes de trabajo con acumulación de agua, se cargue la zapatera con explosivo encartuchado de modo tal de asegurar que salga el sector volado y no genere sobre pie.
- El Plan de Mantenimiento es fundamental que la operación le brinde las novedades, con el fin de que el equipo de mantenimiento trabaje sobre las novedades, como así también en el cambio de componentes críticos.
- Es recomendable capacitar a los operadores en buenas prácticas de operación de perforación y voladura en forma constante.

Bibliografía

- ❖ C. López Jimeno, E. López Jimeno, J.M. Pernía Llera y F. Pla Ortiz de Urbina (1.994). Manual de perforación y voladura de rocas; Instituto Tecnológico Geológico minero de España.
- ❖ Exsa S.A. (2.014). Manual práctico de voladura; edición especial.
- ❖ Dirección general de fabricaciones militares (2.007). Curso inicial de explosivos.
- ❖ Langefors y Kihlström (1.968). Técnica moderna de voladura de roca, URMO, S.A. de ediciones.
- ❖ René Gustafsson (1.977). Técnicas suecas de voladuras. Editado por SPI, Nora, Suecia.
- ❖ Raúl Duarte Díaz (1.993). Glosario minero: colección de términos técnicos y vocablos propios de los trabajadores que laboran en la Mina El Teniente. Rancagua, Diciembre 1.993.
- ❖ Información proporcionada por las diferentes áreas de la empresa YMAD (Yacimientos Mineros Agua de Dionisio).
- ❖ Trabajo Final, Carreño Moya Paola Roxana, Correa Luis Humberto (2015). Implementación de precorte en un diagrama de voladura en minería subterránea.
- ❖ Trabajo Final, Argañaráz Gabriel Alejandro, Luna Martín Exequiel (2015). Optimización de las voladuras de producción en mina Farallón Negro.
- ❖ Trabajo Final, Campagnale Franco Damián, Vallejos Verónica Solange (2017). Análisis para la implementación de emulsión explosiva encartuchada en mina farallón Negro.
- ❖ Alonso, G. y. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*. Madrid.
- ❖ Ojeda, R. *Diseño de Mallas de Perforación y Voladura Subterránea Aplicando un Modelo Matemático de Áreas de influencia*. Perú
- ❖ Pont, S. d. (1973). *Manual para el uso de Explosivos*. Mexico D.F.: Compañía Editorial Continental S.A.
- ❖ Páginas de internet:
 - <http://www.austin.com.ar/contenidos/es/productos.php>
 - <http://exsa.net/soluciones/productos/>
 - http://www.famesa.com.pe/Prod_Accesorios.asp?tipo=1



ANEXO I PRUEBAS REALIZADAS CON LOS DIAGRAMAS PROPUESTOS

Pruebas del diagrama de perforación en una sección de 3.8 x 3.8

Prueba N° 1: Labor: AC 2544

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 42 taladros, respectando la carga de explosivo que se venía implementando y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 2.78 m en promedio tomada dicha medida con una cinta métrica.

Diagrama propuesto perforado



Nota: Se observa el diagrama propuesto perforado en el frente de trabajo

Datos de perforación y carga de explosivos

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	2.78	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,6 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	80%	Factor de carga (kg/m3)	3
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,5 hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo.

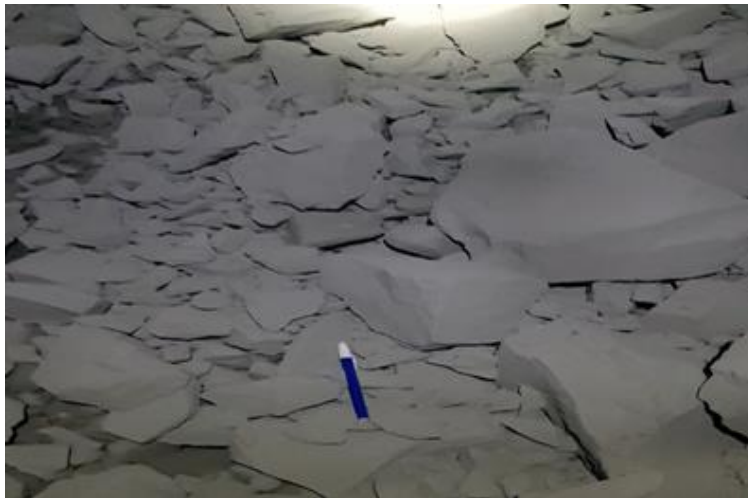
Carga de explosivo en el frente de trabajo

Nota: Se observa el diagrama propuesto perforado en el frente de trabajo



Nota: Se visualiza del lado derecho la carga de explosivo con ayuda del autoelevador (MERLO) y en el lado derecho el explosivo para la carga del contorno (Emulex cebado con cordón del 40 y con su respectivo retardo)

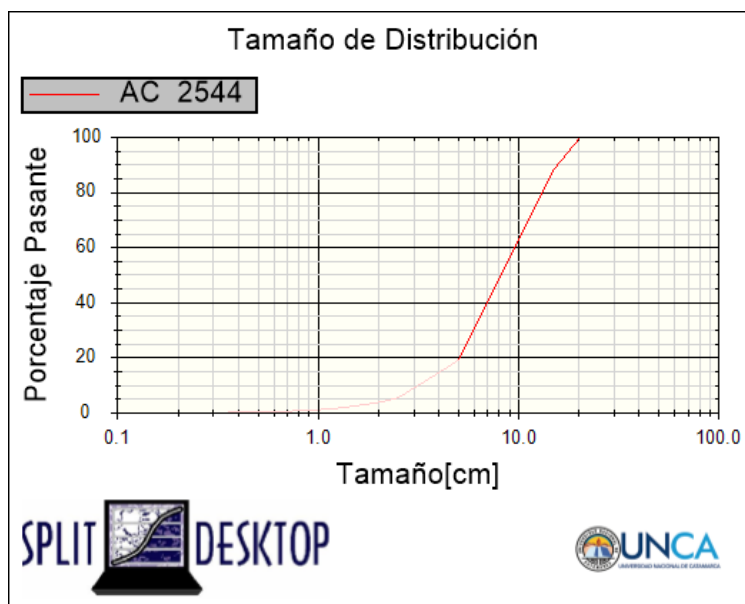
Fragmentación de la voladura – resultados post voladura



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	92
Fragmentación	P 80 = 12.72 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto, mientras que a la izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura.

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	3,45
F20	5,16
F30	6,50
F40	7,63
F50	8,71
F60	9,81
F70	11,09
F80	12,72
F90	15,73
Topsize (99,95%)	20,33

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ **Análisis de resultados post-voladura:**

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,8 m.

Prueba N° 2: Labor: AC 2544

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el mismo procedimiento de la prueba N°1, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen.

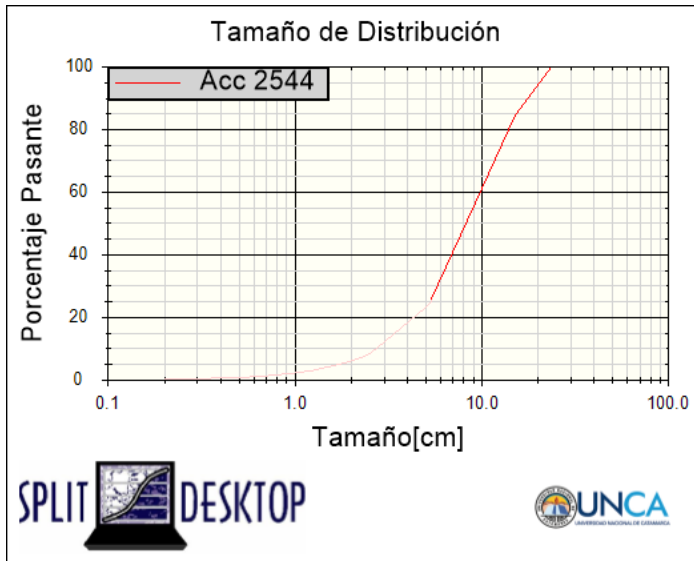
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	2.8	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,5 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	3
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	93
Fragmentación	P80= 13.65 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	2,78
F20	4,51
F30	6,05
F40	7,33
F50	8,58
F60	9,99
F70	11,57
F80	13,65
F90	17,92
Topsize (99,95%)	23,71

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,8 m.

Prueba N° 3: Labor: AC 2544

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el mismo procedimiento de la prueba N°1, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.3 m para realizar un mayor avance en la labor.

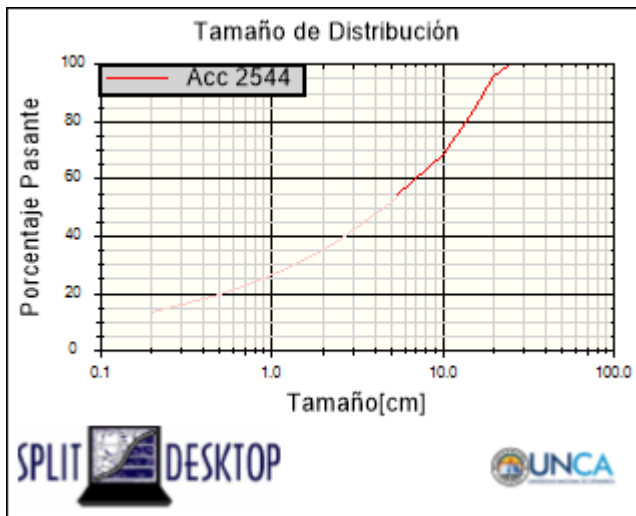
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,7 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 1	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	87%	Factor de carga (kg/m3)	2.7
Utilización	58%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	P80= 13.81 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,10
F20	0,51
F30	1,33
F40	2,66
F50	4,56
F60	7,40
F70	10,65
F80	13,81
F90	17,58
Topsize (99,95%)	24,85

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,9 m.

Prueba N° 4: Labor: AC 2544

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó la carga sin colocación de tacos en las ayudas de arranque para ver la variación de la fragmentación, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.2 m para realizar un mayor avance en la labor.

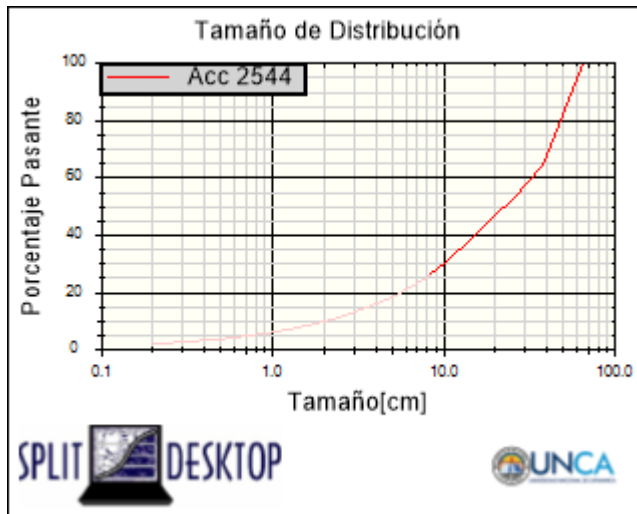
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,67 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 1	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	87%	Factor de carga (kg/m ³)	2.8
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	91
Fragmentación	P80=49.24
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	2,01
F20	5,61
F30	10,40
F40	15,58
F50	23,15
F60	34,60
F70	42,30
F80	49,24
F90	56,64
Topsize (99,95%)	65,47

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,9 m.

Prueba N° 5: Labor: AC 2544

- *Descripción de perforación y carguío:*
- *En dicha prueba se realizó el mismo procedimiento de la prueba N°1, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. en este caso la longitud de perforación fue 3.2 m para realizar un mayor avance en la labor.*

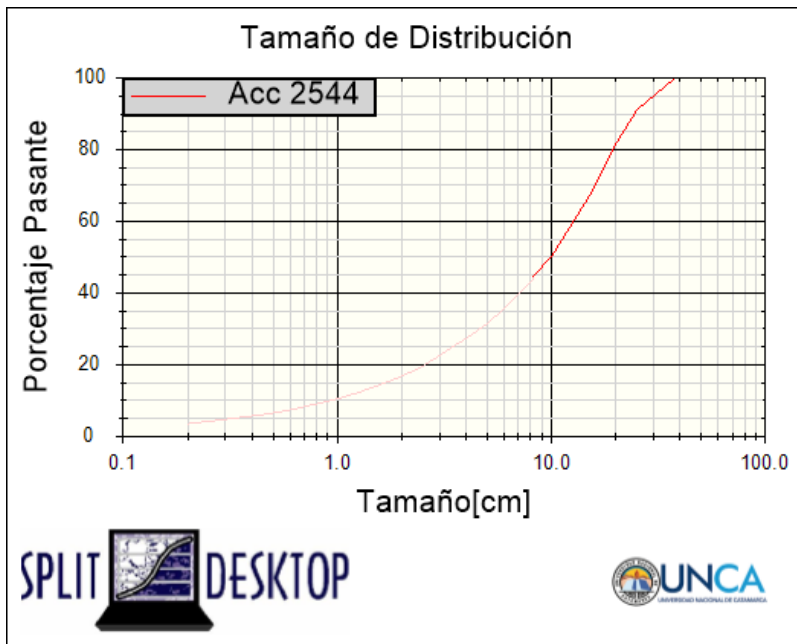
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.2	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,53 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	3.2
Utilización	63%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	91
Fragmentación	P80= 19.51 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,93
F20	2,56
F30	4,66
F40	7,14
F50	10,21
F60	13,19
F70	16,12
F80	19,51
F90	24,59
Topsize (99,95%)	38,65

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

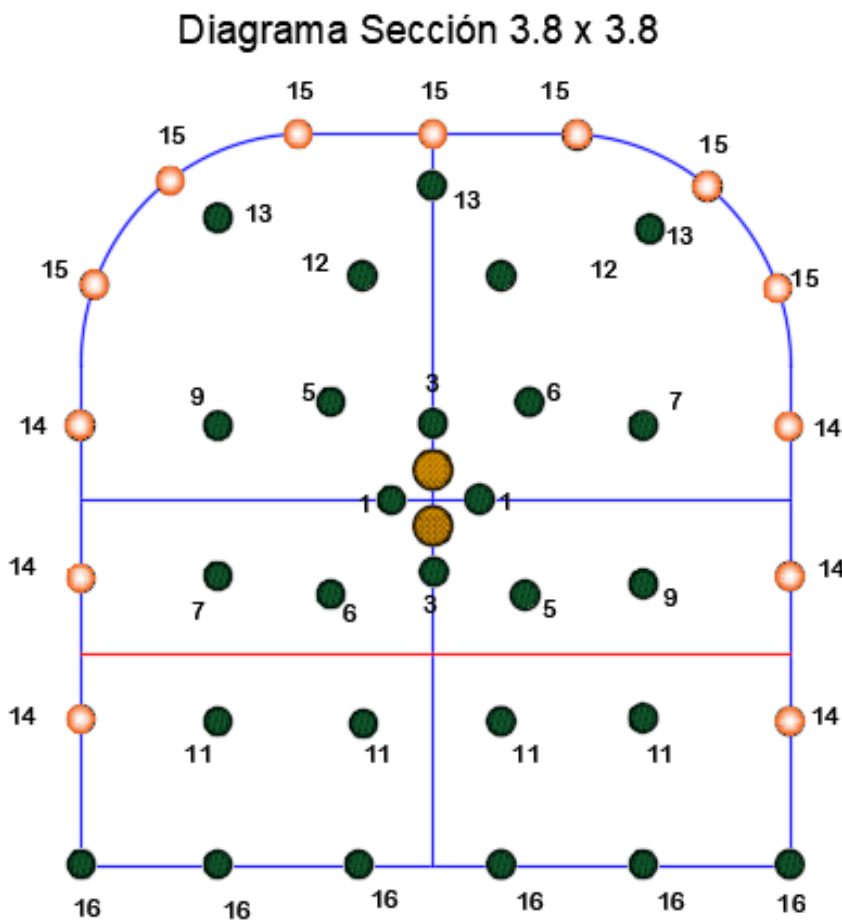
➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,8 m x 3,9 m.

Prueba N° 6: Labor: AC 2544

En dicha prueba se realizó como complemento un cambio en la serie de retardo, dándole un mayor tiempo de salida al arranque y ayudas, la serie de retardo se puede visualizar en la siguiente imagen imagen, esta prueba se llevó acabo de manera de ver como influenciaba en la proyección .En la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.1 m para realizar un mayor avance en la labor.

Serie de retardo propuesta



Nota: Se visualiza la serie de retardo propuesta para minimizar la proyección
Tabla 11

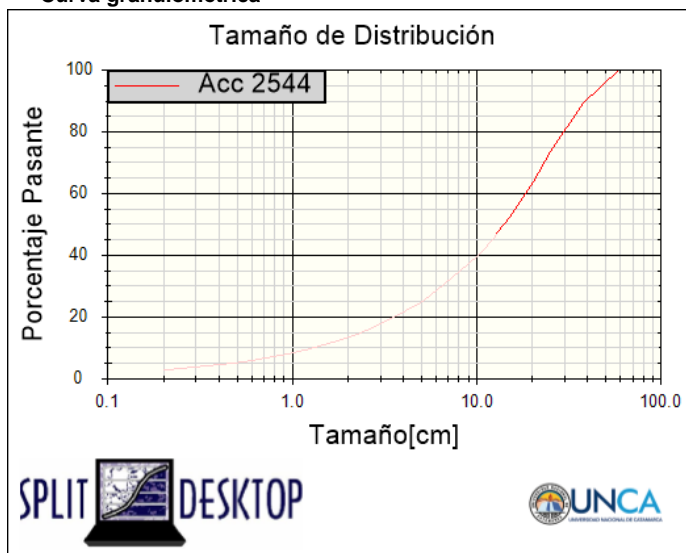
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.1	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,63 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.9
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3 hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	p80= 29.73 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura.

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	1,29
F20	3,61
F30	6,60
F40	10,14
F50	14,32
F60	18,68
F70	23,47
F80	29,73
F90	39,26
Topsize (99,95%)	59,54

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,8 m x 3,9 m.

Prueba N° 7: Labor: N 2580 SE

En dicha prueba se probó el diagrama en mineral, para observar los resultados obtenidos de dicho diagrama en veta, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.3 m para realizar un mayor avance en la labor. Cabe destacar que siguió con la serie de retardos probada en la prueba 6

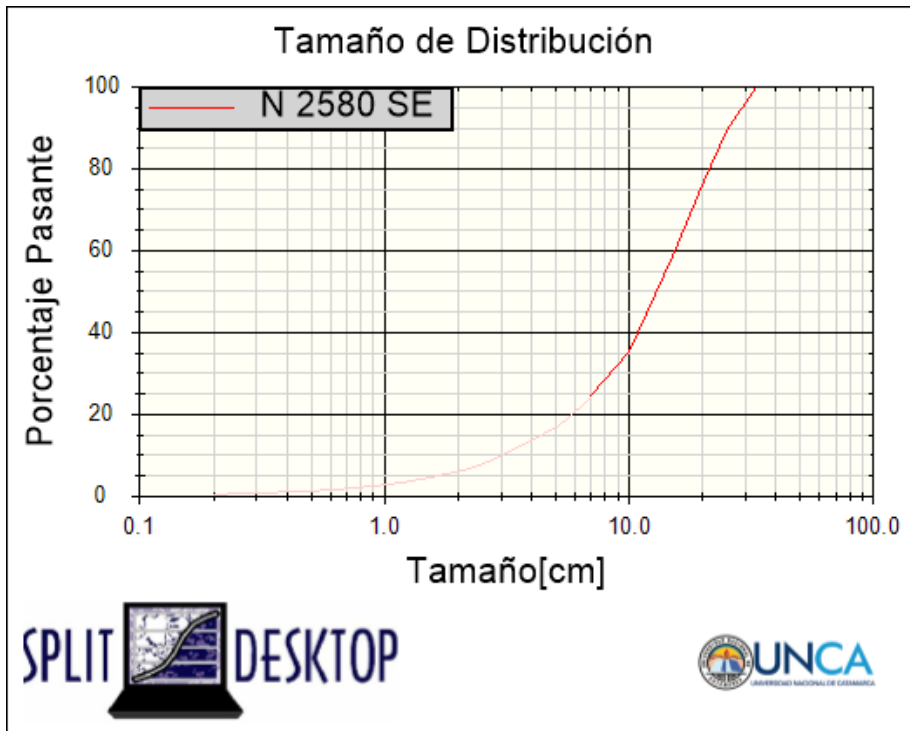
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,68 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.7
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	p80=21.41 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura.

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	3,11
F20	5,85
F30	8,80
F40	11,26
F50	13,44
F60	15,62
F70	18,22
F80	21,41
F90	25,74
Topsize (99,95%)	33,49

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,8 m x 3,9 m.

Prueba N° 8: Labor: AC 2544

En dicha prueba se realizó el mismo procedimiento de la prueba N°1, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. En este caso la longitud de perforación fue 3.5 m para realizar un mayor avance en la labor.

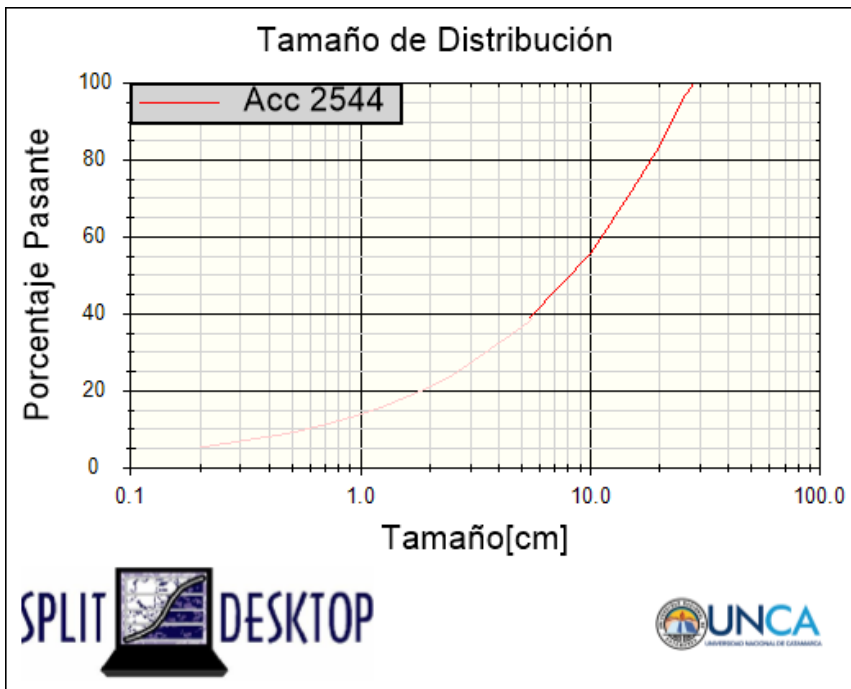
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.5	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,73 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	88%	Factor de carga (kg/m3)	2.5
Utilización	63%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	P80= 18,63 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura.

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,57
F20	1,82
F30	3,59
F40	5,93
F50	8,52
F60	11,50
F70	14,61
F80	18,63
F90	22,82
Topsize (99,95%)	28,34

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,8 m x 3,9 m.

Prueba N° 9: Labor: AC 2544

En dicha prueba se realizó el mismo procedimiento de la prueba N°1, en la cual se dieron los siguientes resultados que se detallan a continuación en las tablas resumen. en este caso la longitud de perforación fue 3.4 m para realizar un mayor avance en la labor.

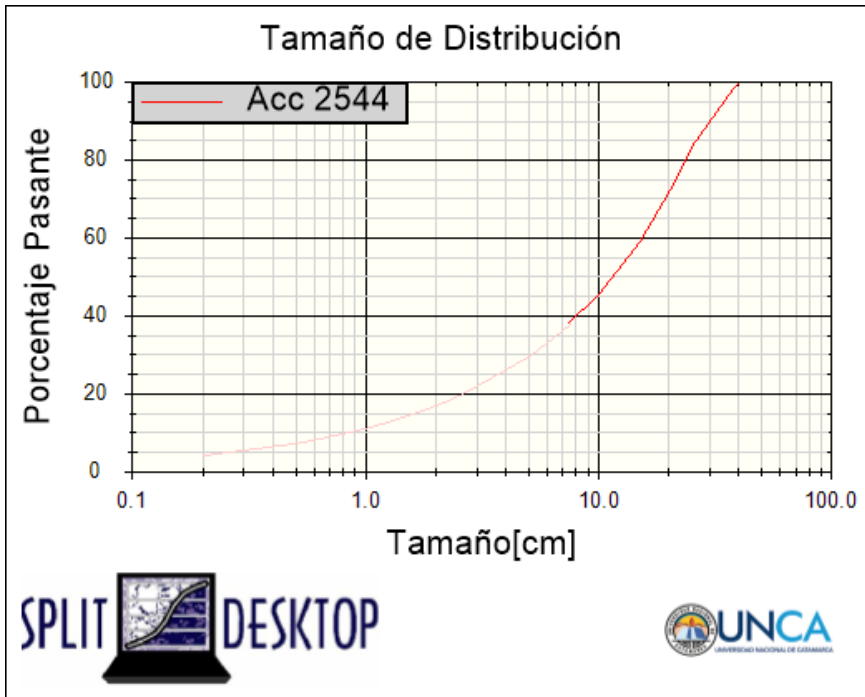
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.4	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2, 68 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 3	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	92%	Factor de carga (kg/m3)	2.6
Utilización	67%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	P80= 23,90 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,83
F20	2,61
F30	5,12
F40	8,36
F50	11,96
F60	15,61
F70	19,44
F80	23,90
F90	30,04
Topsize (99,95%)	40,46

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,9 m.

Prueba N° 10: Labor: AC 2544

En dicha prueba se realizó teniendo en cuenta la colocación de taco y también la serie de retardos utilizada en la prueba 6

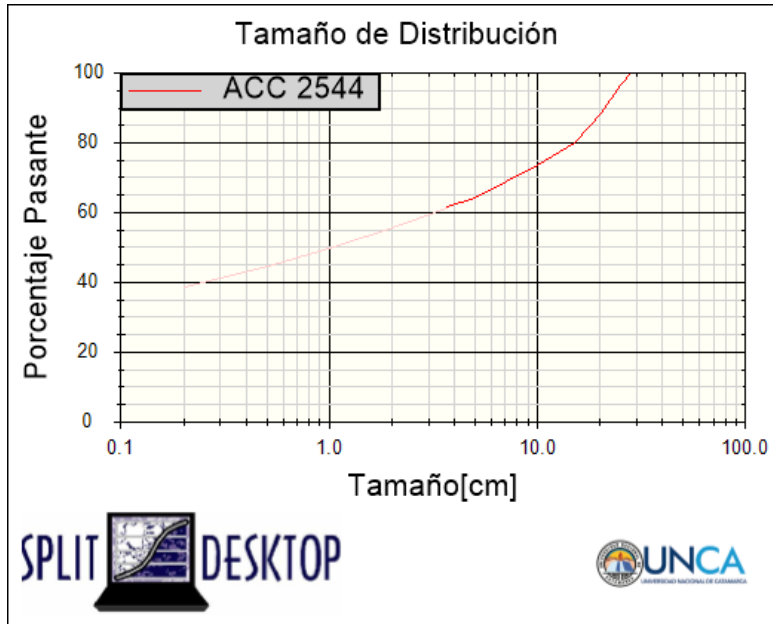
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	40	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.56
Tiempo de perforación (promedio)	2,7 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 3	Total (kg)	121
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.6
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	97
Fragmentación	P80=15.37 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,01
F20	0,02
F30	0,04
F40	0,25
F50	1,02
F60	3,20
F70	7,78
F80	15,37
F90	21,43
Topsize (99,95%)	28,26

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 3,9 m x 3,9 m.

Pruebas del diagrama de perforación en una sección de 4.1 x 4.1

Prueba N° 1: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 2.8 m en promedio tomada dicha medida con una cinta métrica.

Diagrama propuesto perforado



Nota: Se observa el diagrama propuesto perforado en el frente de trabajo

Datos de perforación y carga de explosivos.

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	2.8	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,5 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Axera	Total (kg)	120.4
Disponibilidad mecánica del equipo	80%	Factor de carga (kg/m3)	2.75
Utilización	64%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo.

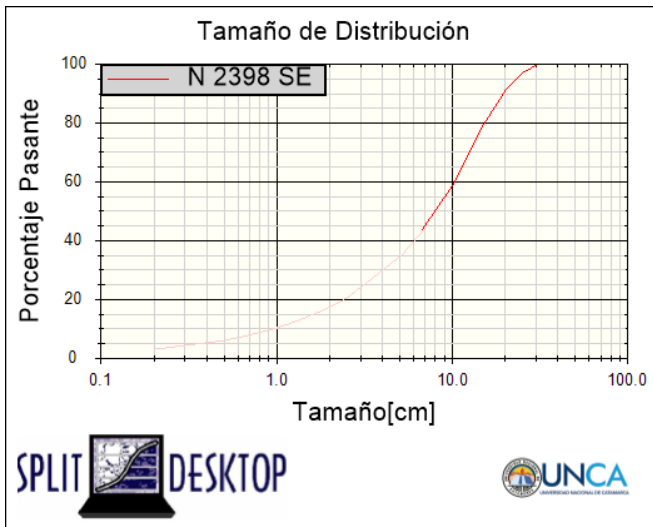
Fragmentación de la voladura – resultados post voladura



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	93
Fragmentación	p80= 15,49 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto, mientras que a la izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura.

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,95
F20	2,40
F30	4,13
F40	6,07
F50	8,33
F60	10,49
F70	12,78
F80	15,49
F90	19,51
Topsize (99,95%)	30,57

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m

Prueba N° 2: Labor: N 2390 SE

➤ Descripción de perforación y carguío:

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 3.1 m en promedio

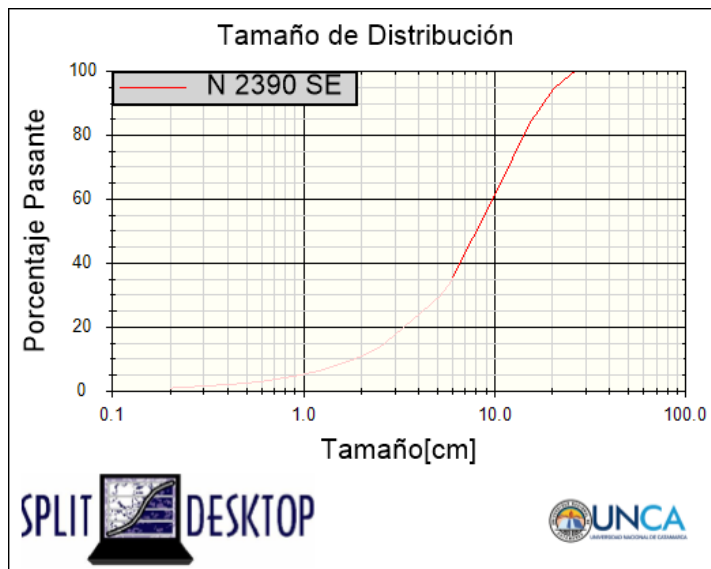
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación	3.1	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,6 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	120
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.47
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	P80=14.31 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

% Pasante	Tamaño[cm]
F10	1,83
F20	3,52
F30	5,17
F40	6,85
F50	8,39
F60	9,99
F70	11,87
F80	14,31
F90	18,00
Topsize (99,95%)	26,62

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni sopladados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m.

Prueba N° 3: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 3.2 m en promedio.

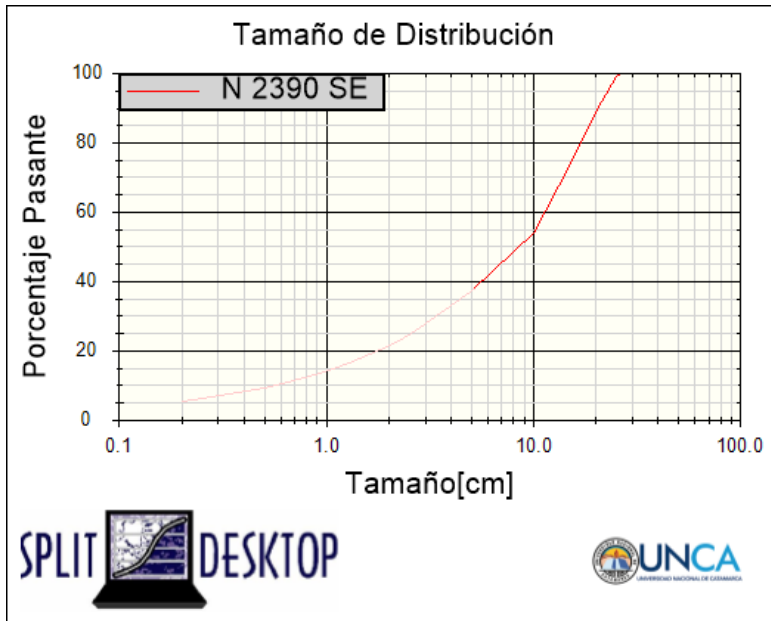
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.2	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,65 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	120
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.39
Utilización	63%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	P80=16.89 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,55
F20	1,76
F30	3,47
F40	5,91
F50	9,06
F60	11,85
F70	14,30
F80	16,89
F90	20,46
Topsize (99,95%)	26,36

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m.

Prueba N° 4: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respectando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 3 m en promedio

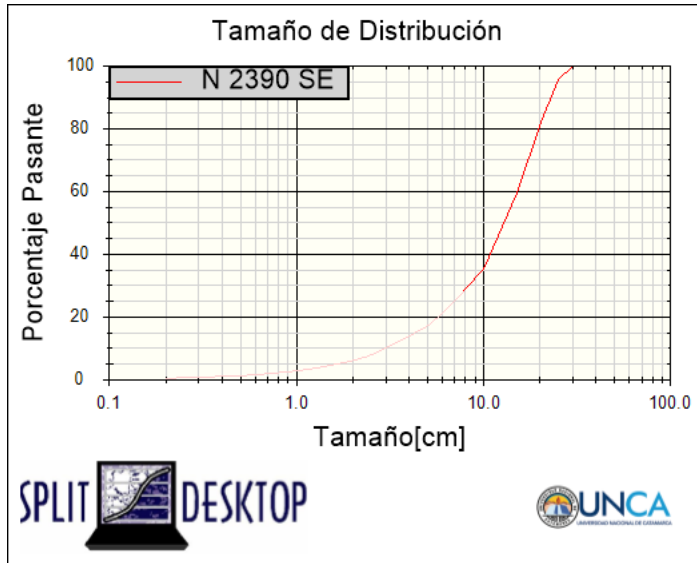
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,65 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 1	Total (kg)	120
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.56
Utilización	75%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	93
Fragmentación	P80= 19.76 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	3,07
F20	5,74
F30	8,55
F40	11,35
F50	13,45
F60	15,37
F70	17,37
F80	19,76
F90	22,73
Topsize (99,95%)	30,02

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.2 m x 4.2 m.

Prueba N° 5: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 3.5 m en promedio

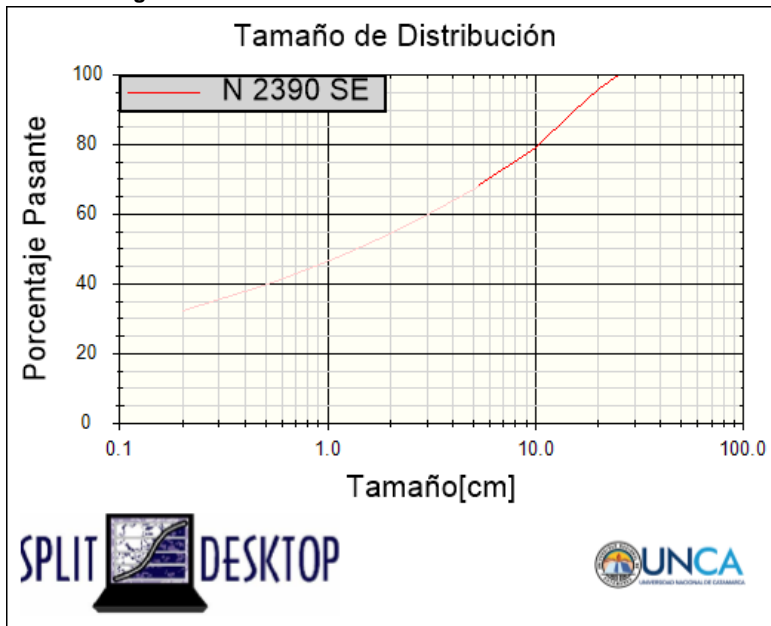
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.5	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2.8 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Axera	Total (kg)	120
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.17
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	94
Fragmentación	P80=10.59 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,01
F20	0,02
F30	0,14
F40	0,51
F50	1,37
F60	3,05
F70	6,18
F80	10,59
F90	15,63
Topsize (99,95%)	25,17

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.2 m x 4.2 m.

Prueba N° 6: Labor: N 2390 SE

➤ Descripción de perforación y carguío:

En esta prueba se realizó la carga de todos los taladros con doble taco de manera de ver como influía en la fragmentación, la longitud de perforación fue de 3.10 m en promedio. Para dicha prueba se marcó con cinta la manguera de carga de año para controlar la carga de columna y dejar de esta manera el espacio requerido en el taladro para el doble taco. Al aumentar la longitud de taco se reduce la carga de columna (disminuyendo los kg de año)

Datos de perforación y carga de explosivos.

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.1	Cantidad de ANFO (Kg)	75
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,7 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	axera	Total (kg)	95
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	1.89
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo.

Medición de longitud de taco



Nota: Se puede observar el marcado de la manguera con la longitud del taco para la correcta carga de la columna de año, de manera que quede la longitud justa del taladro para el ingreso de doble taco

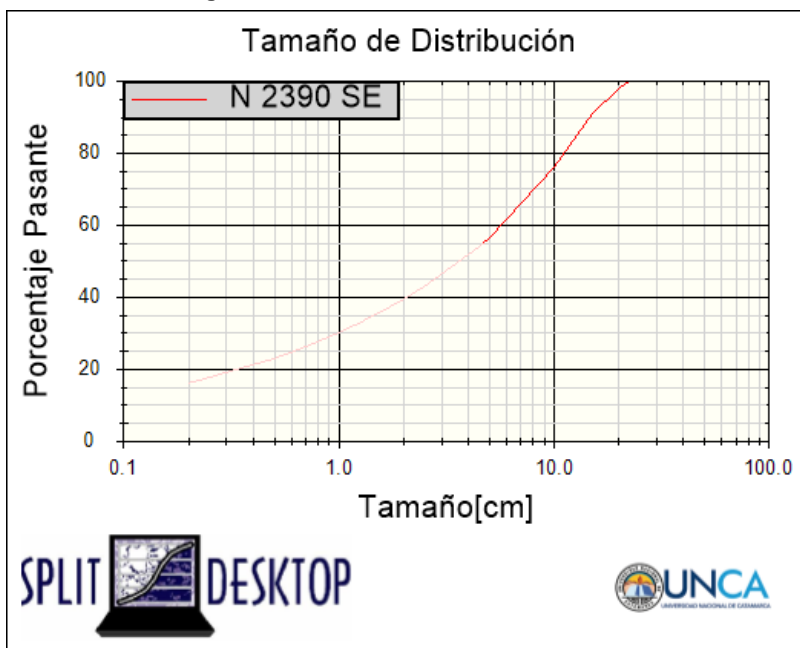
Fragmentación de la voladura – resultados post voladura



RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	97
Fragmentación	P80=11.25 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: A la derecha se observa la fragmentación de la voladura de la primera prueba realizada con el diagrama propuesto, mientras que ala izquierda la tabla resumen de los datos obtenidos en la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,06
F20	0,34
F30	0,98
F40	2,05
F50	3,66
F60	6,05
F70	8,57
F80	11,25
F90	14,85
Topsize (99,95%)	22,39

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ **Análisis de resultados post-voladura:**

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.18 m.

Prueba N° 7: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respectando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de doble taco, la longitud de perforación fue de 3.7 m en promedio

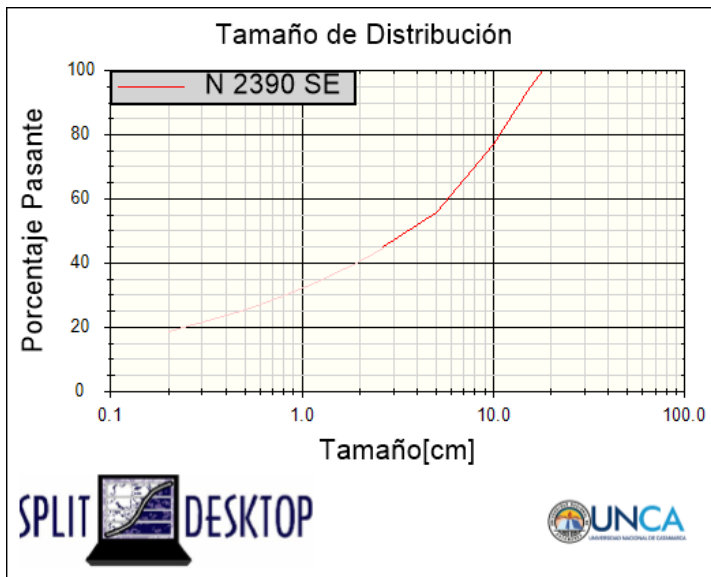
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.3	Cantidad de ANFO (Kg)	75
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,75 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 4	Total (kg)	95
Disponibilidad mecánica del equipo	92%	Factor de carga (kg/m3)	1.77
Utilización	69%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	97
Fragmentación	P80= 11 cm
Proyección	Mala
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,03
F20	0,24
F30	0,81
F40	1,91
F50	3,99
F60	6,03
F70	8,27
F80	11,00
F90	14,01
Topsize (99,95%)	18,27

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

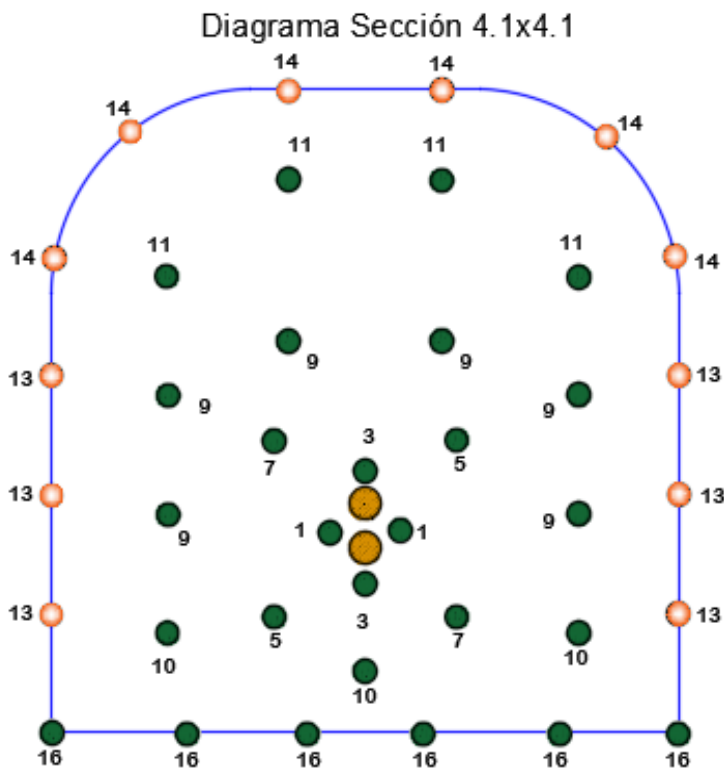
- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m.

Prueba N° 8: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, y controlando la colocación de taco, la longitud de perforación fue de 3.48 m en promedio. También se realizó una prueba de proyección, la serie de retardo implementada es la que se visualiza a continuación.

Serie de retardo propuesta



Nota: Se visualiza la serie de retardo propuesta para minimizar la proyección

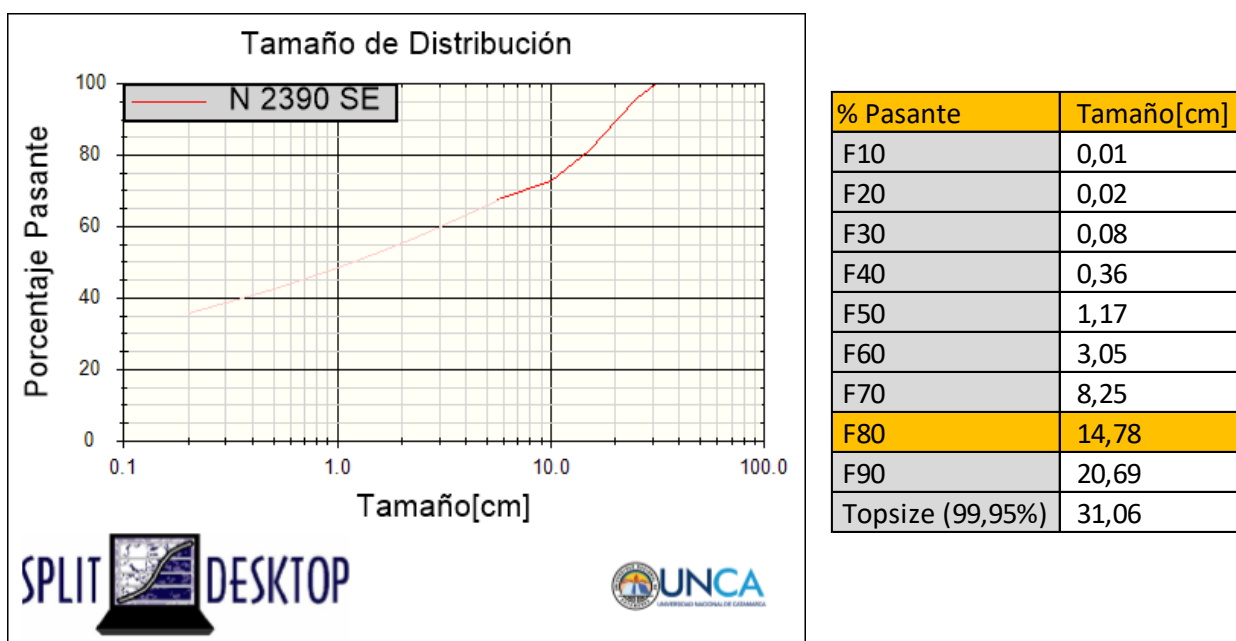
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.48	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,68 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Boomer 1	Total (kg)	120
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	2.17
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	95
Fragmentación	P80= 14.78 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Figura 27
Curva granulométrica



Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni sopladados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m.

Prueba N° 9: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

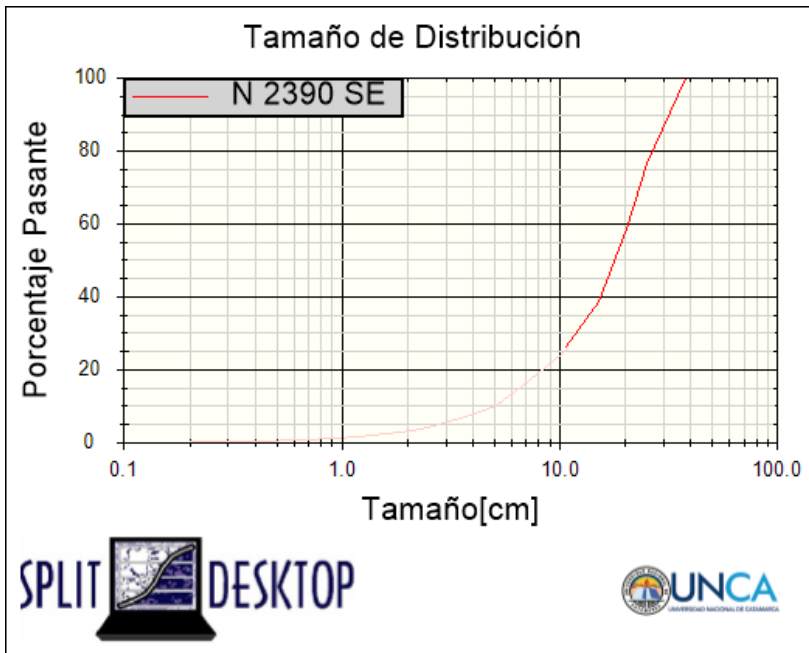
En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, la longitud de perforación fue de 3.14 m en promedio

Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.14	Cantidad de ANFO (Kg)	100
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,66 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Axera	Total (kg)	120
Disponibilidad mecánica del equipo	92%	Factor de carga (kg/m3)	2.39
Utilización	66%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs
RESULTADOS POST VOLADURA			
Avance (%)	96		
Fragmentación	P80= 26.64 cm		
Proyección	Buena		
Condiciones de contorno	Regular		
Sobre excavación	Si		

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	4,96
F20	8,69
F30	12,46
F40	15,62
F50	18,18
F60	20,73
F70	23,51
F80	26,64
F90	30,55
Topsize (99,95%)	38,38

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m.

Prueba N° 10: Labor: N 2390 SE

➤ *Descripción de perforación y carguío:*

En dicha prueba se realizó el diagrama propuesto con 41 taladros, respetando la carga de explosivo que se venía implementando, en este caso se volvió a realizar la prueba con doble taco ,la longitud de perforación fue de 3.23 m en promedio.

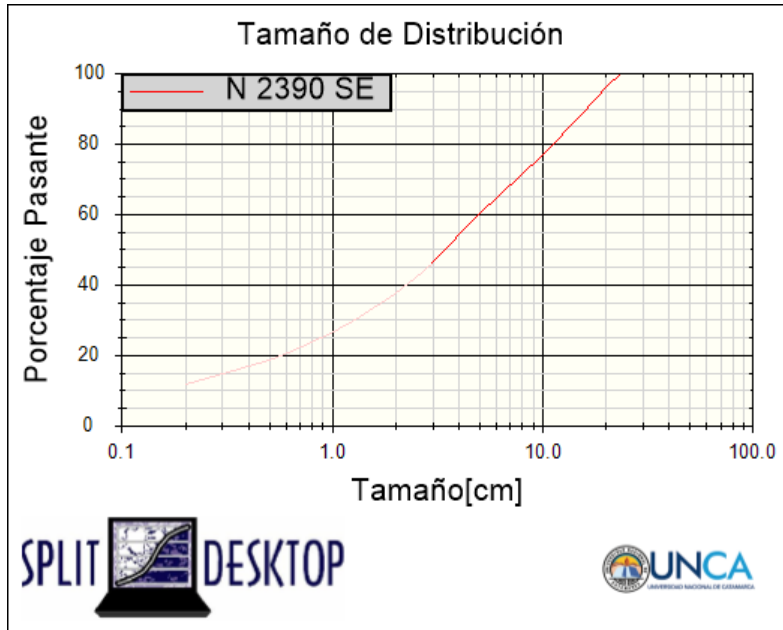
Datos de perforación, carga de explosivos y post voladura

PERFORACIÓN		CARGA DE EXPLOSIVOS	
Longitud de perforación (m)	3.23	Cantidad de ANFO (Kg)	75
Nº de taladros de 45mm	39	Cantidad de Emulex (Kg)	19
Nº de taladros de 102mm	2	Cantidad de Cordón de 40 g/m (kg)	1.44
Tiempo de perforación (promedio)	2,7 hs	Cantidad de Cordón de 5 g/m (Kg)	0.1
Equipo	Axera	Total (kg)	95
Disponibilidad mecánica del equipo	90%	Factor de carga (kg/m3)	1.83
Utilización	60%	Tiempo de carga	2,3hs
		Tiempo de Ventilación	2 hs

RESULTADOS POST VOLADURA	
Avance (%)	96
Fragmentación	P80= 11.70 cm
Proyección	Buena
Condiciones de contorno	Regular
Sobre excavación	Si

Nota: El cuadro derecho nos indica los datos referentes a la perforación (longitud y diámetro de los taladros, tiempo de perforación, como así también la disponibilidad y utilización del equipo) mientras que el cuadro izquierdo podemos visualizar lo referido a la carga de explosivo y en la parte inferior los resultados de la post voladura

Curva granulométrica



% Pasante	Tamaño[cm]
F10	0,14
F20	0,56
F30	1,26
F40	2,24
F50	3,56
F60	5,05
F70	7,33
F80	11,70
F90	16,37
Topsize (99,95%)	23,80

Nota: Se visualiza la distribución granulométrica del material volado.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- Se observó un contorno regular.
- No hubo tiros quedados, ni soplados.
- Sobre excavación, Sección Real: 4.1 m x 4.2 m.



ANEXO II CATALOGOS DE EQUIPOS DE PERFORACION



Argentina, República | atascopco.com

Boomer S1 D: Equipo de perforación frontal



[Crear hoja PDF](#)

[Solicitud de información](#)

Contacto

[Ver detalles de contacto](#)

VINCULOS RÁPIDOS

[Mining & Construction online](#)

[Atlas Copco Underground en YouTube](#)

[Atlas Copco Underground en Facebook](#)

[Información del producto](#)

[Servicio](#)

[Historias de aplicaciones](#)

[Fotografías y video](#)

El Boomer S1 D es un moderno equipo hidráulico de perforación frontal de un brazo adecuado para galerías y túneles pequeños con secciones de hasta 31 m2. Está equipado con un sistema de control directo (DCS) robusto y fiable. El Boomer S1 D tiene un brazo BUT 29 flexible y un martillo COP que optimizan la productividad.

Características y ventajas

Sistema DCS con función antiatranque, para una mayor durabilidad de las barrenas de perforación.

Un moderno chasis diseñado para facilitar el mantenimiento y mejorar el confort del operario.

Motor diésel de bajas emisiones que combina un bajo impacto ambiental con un alto rendimiento.

Robusto brazo BUT 29, para un posicionamiento directo, rápido y sencillo.

Martillo COP 1638HD+, COP 1838HD+ o COP 2238HD+ para diferentes condiciones de roca. Todos están equipados con un doble sistema de amortiguación para prolongar la vida útil de los fungibles.

Datos técnicos

Unidades: Métrico Imperiales

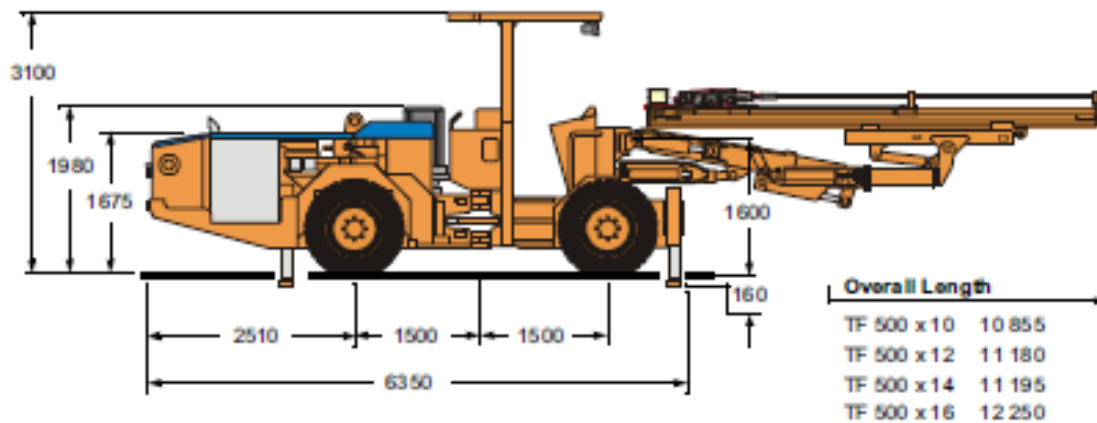
Sistema de aire	
Capacidad, máx.	11,7 l/s a 7 bar
Manómetro, presión de aire	Si
Brazo	
Número de brazos	1
Brazo	BUT 29
Extensión del brazo, máx.	1450 mm
Extensión de la deslizadera, máx.	1250 mm
Giro de la deslizadera	360°
Ángulo de elevación, máx.	+ 65°/-30°
Mantenimiento del paralelismo	Completo
Ángulo de giro, máx.	± 35°
Peso, sólo brazo	1750 kg
Vehículo transportador	
Cabina con homologación FOPS/ROPS, nivel sonoro <80 dB(A)	Opcional
Asiento fijo para trabajar	Opcional
Asiento fijo para desplazamiento	Si
Unidad de aire acondicionado, con función de calefacción	Opcional
Motor	Deutz 4 cilindros, D914 L04 (Tier 3/Stage IIa)
Potencia nominal	55 kW a 2300 rpm
Par	270 Nm a 1500 rpm
Dirección articulada	±40° ángulo de dirección
Tracción a las cuatro ruedas	Si
Sistema de dirección hidrostática	Si

Transmisión	Hidroestático
Eje, delantero	Dana 112
Eje, trasero	Dana 112, ± 7° oscilación
Bloqueo del diferencial en el eje delantero	Automático
Neumáticos	9.00xR20
Holgura de ejes exteriores	15"
Gatos hidráulicos, delanteros	2 extensible
Gatos hidráulicos, traseros	2
Frenos de servicio	2 circuitos independientes
Frenos de emergencia y estacionamiento	SAHR
Depósito de combustible, volumen	60 l
Catalizador de escape	Si
Silenciador	Si
Sistema eléctrico	24 Volt
Baterías	2x12 V 70 Ah
Luces de desplazamiento	6x40 W 24 V LED
Luces de trabajo	4x80W 24 V LED
Luces de freno	Si
Extintor	Si
Bocina	Si
Baliza	Si
Alarma de marcha atrás	Si
Sistema de control	
Sistema de control	Sistema de control directo, DCS
Dimensiones y peso	
Anchura	1750 mm
Altura con cabina	2800 mm
Altura con techo subido	2800 mm
Altura con techo bajado	2100 mm
Longitud	11355 mm con deslizador BMH2843
Altura libre sobre el suelo	365 mm
Radio de giro, exterior	4950 mm
Radio de giro, interior	2985 mm
Sistema eléctrico	
Potencia instalada total	59 kW/79 kW
Motores principales	1x55 kW (cemento automático 1x75 kW)
Voltaje	380-1000 V
Frecuencia	50-60 Hz
Método de arranque	Estrella-triángulo (1000 V - sólo arranque directo)
Protección contra sobrecarga para motores eléctricos	Térmico
Cuentahoras de percusión en el display del operador	Si
Medidor digital de voltaje/amperaje en el armario eléctrico	Si
Indicador de secuencias de fase	Si
Indicador de fallo a tierra	Si
Cargador de batería	Si
Carrete de cable, diámetro	Si
Controles dobles para carrete de cable	Si
Sistema hidráulico	
Bombas hidráulicas	1 unidad
Bombas descargadas en el arranque	Si
Volumen del depósito de aceite hidráulico	145 l
Indicador de nivel de aceite bajo	Si
Indicador de temperatura de aceite en el depósito de aceite	Si
Bomba de llenado de aceite eléctrica	Si
Indicador del filtro de aceite	Si
Filtración	16 µm
Aceite hidráulico	Mineral
Refrigerador de aceite/agua en acero inoxidable	Si
Sistema de agua	
Bomba booster de agua	Hidráulico, Flygt
Capacidad, máx.	66 l/min a 12 bar
Presión de entrada de agua, mín.	2 bar
Protector de caudal de agua	Si
Martillo	
Martillo	COP 1638HD+, COP 1838HD+, COP 2238 HD+

Technical Specification
6-232 S-A
2004-05-14

AXERA 5-126

GENERAL DIMENSIONS



All dimensions in mm

HLX5 ROCK DRILL

Weight	210 kg
Length	955 mm
Profile height	87 mm
Power class	20 kW
Max working pressure	- Percussion 225 bar - Rotation 175 bar
Max torque (80 ccm motor)	400 Nm
Hole size	43 - 64 mm
Recommended steel	T38- H35-R32 T38-H35-alpha 330 T38-R39-R35
Shank adapter	7304-7585-01 (T38)
Flushing water pressure	10 - 20 bar

TF 500 FEED

Feed type	Cylinder - wire rope
Feed force	25 kN

TF 500	500x10	500x12	500x14	500x16
Total length (mm)	4660	5270	5880	6490
Drill steel length (mm)	3090	3700	4305	4915
Hole depth (mm)	2830	3440	4050	4660
Net weight (kg)	470	500	530	560

B 26 F BOOM

(Technical specification 4-200 S)

Type	Parallel holding
Weight (with hoses)	1 900 kg
Feed roll-over	360°
Boom extension	1 200 mm
Feed extension	1 600 mm

THC 560 CONTROL SYSTEM

Power control	Adjustable full power
Rotation control	Adjustable collaring power Adjustable rotation speed Reversible rotation
Automatic functions	Collaring Feed controlled percussion Anti-jamming Flushing
Boom controls	Stop-and-return Fully proportional

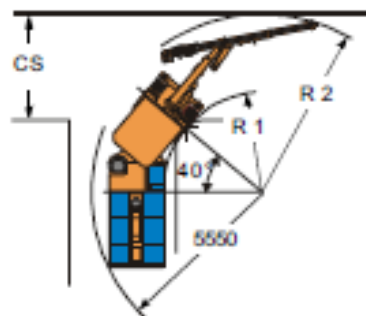
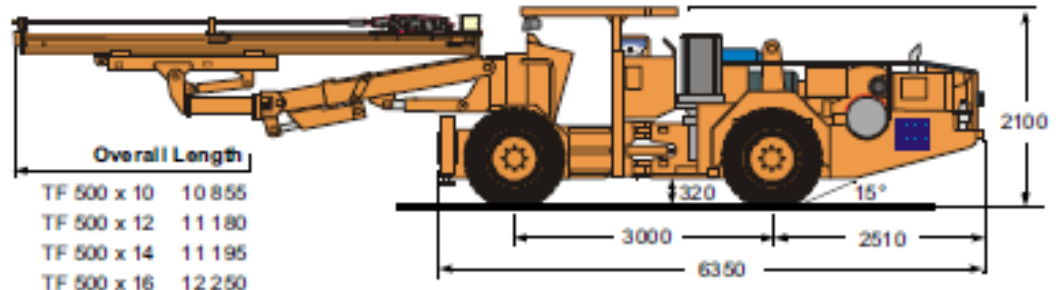
HP 560 POWER PACK

Electrical motor	1 x 55 kW (75 hp) 3-phase motor
Pump types	- Percussion, feed & boom Axial piston, 1 x 130 l/min variable displacement - Rotation 1 x 60 l/min gear pump
Filtration	- Pressure 1 x 20 micron - Return 1 x 10 micron
Hydraulic tank volume	180 liters

Technical Specification
6-252 S-A
2004-05-14

AXERA 5-126

TRAMMING DIMENSIONS



All dimensions in mm

TURNING RADIUS

	R 1	R 2	CS
TF 500 x 10	3260	5655	3290
TF 500 x 12	3260	5800	3435
TF 500 x 14	3260	5945	3580
TF 500 x 16	3260	6070	3705

CARRIER

Model	TC 5
Diesel engine	Deutz BF4L 2011, 55 kW (74hp)
- Exhaust	Catalyser
Automotive hydrostatic transmission	
Transfer case	Drop gear Clark-Hurth
Axles, Front & Rear	Case New Holland D45
- Oscillation	Rear axle, 2 x 10°
- Tyres	12.00 x 20
Steering	Frame steering, 2 x 40°
Brakes	
- Service	Hydrostatic transmission+positive braking
- Emergency & parking	Hydraulic oil immersed multiple disc brakes on both axles
Stabilizers	
	2 hydraulic jacks, front
	2 hydraulic jacks, rear
Safety canopy	
- Lowering capability	Hydraulic, FOPS-ROPS 1 000 mm
Fuel tank	80 liters
Hydraulic tank	55 liters

AIR CIRCUIT

Compressor	C.T. 10, screw type
- Capacity	1.0 m ³ /min at 7 bar
Electric motor	7.5 kW (10 hp)
Shank lubrication device	
	1 x KVL 10-1
- Air consumption	250-350 l/min
- Oil consumption	180-250 g/h

WATER CIRCUIT

Water booster pump	Centrifugal type
- Capacity	2000 l/h at 15 bar
- Electric motor	4 kW (5.5 hp)
Oil cooler	
	OW 30, water-actuated counterflow
- Cooling capacity	30 kW

ELECTRICAL SYSTEM

Total installed power	73 kW
Main switch	1 x MSE 05
Voltage	380 - 660 V
Frequency	50 or 60 Hz
Starting method	Direct start
Cable reel	
- Capacity	TCR 1 type 100 m of cable 32 mm O.D
Lighting	
- Working lights	4 x 70 W, 24 V
- Trammig lights	4 x 70 W, 24 V
	(the 2 front lights are also used as working lights)

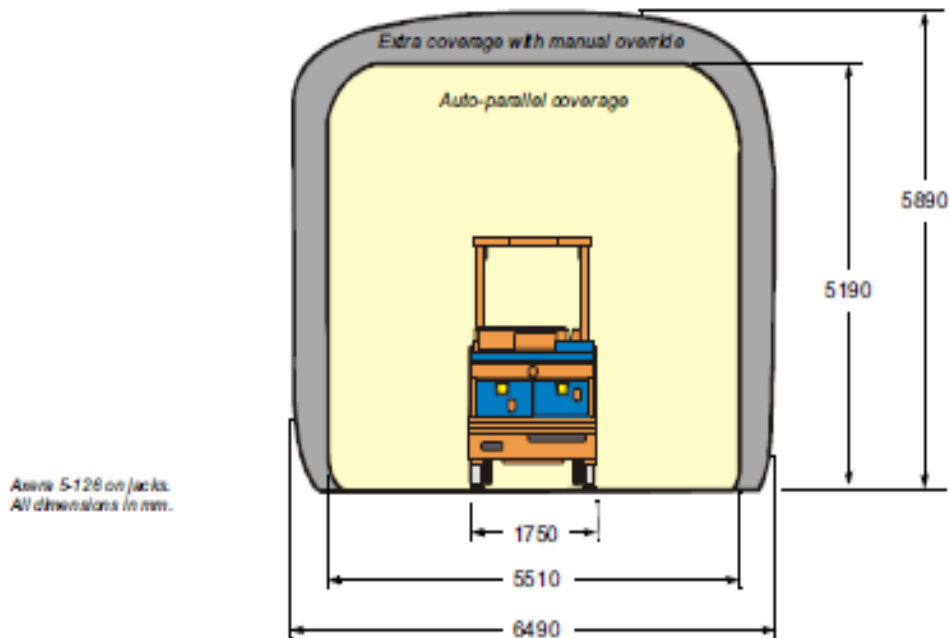
FULL DIESEL VERSION OPTIONAL

Water-cooled engine	Deutz BF4M 2012
- Max. rating at 2300 rpm	93 kW (125 hp)
Fuel tank capacity	240 liters
Compressor & water pump driven by hydraulic motors	
Total machine weight	10 500 kg

Technical Specification
6-232 S-A
2004-05-14

AXERA 5-126

COVERAGE AREA



OPTIONAL EQUIPMENT

DRILLING SYSTEM

- *) Telescopic feed TTF 500 series.
- *) Rod retainer TRR 1.
- *) B 26 NV boom.
- Drill angle measuring instrument TMS D1.
- Air flushing on rock drill return.
- *) SLU 1 shank lubricating device.
- *) Double flushing (air/water) with CT 10 compressor.
- *) Air mist flushing kit for auxiliary water/air connection.
- *) Full Diesel version available.

ELECTRICAL SYSTEM

- *) 1 000 V electric power supply.
- Ground fault detector
 - not applicable to 1 000 V
- Electric cable (Technical specifications 5-506 S and 5-507 S)
 - 380-460 V, 4 x 35 mm², ø 36 mm, 80 m length
 - 480-575 V, 4 x 25 mm², ø 32 mm, 100 m length
 - 660-690 V, 4 x 25 mm², ø 32 mm, 100 m length
- *) Allen Bradley electrics.
- *) Star-Delta electric starting method.
- *) 2 x 35 W High Intensity Discharge (HID) working lights.

CARRIER

- Fume diluter.
- Complete spare wheel.
- *) 4 Michelin X mine D2 instead of standard types.
- Hand pump for manual brake release.

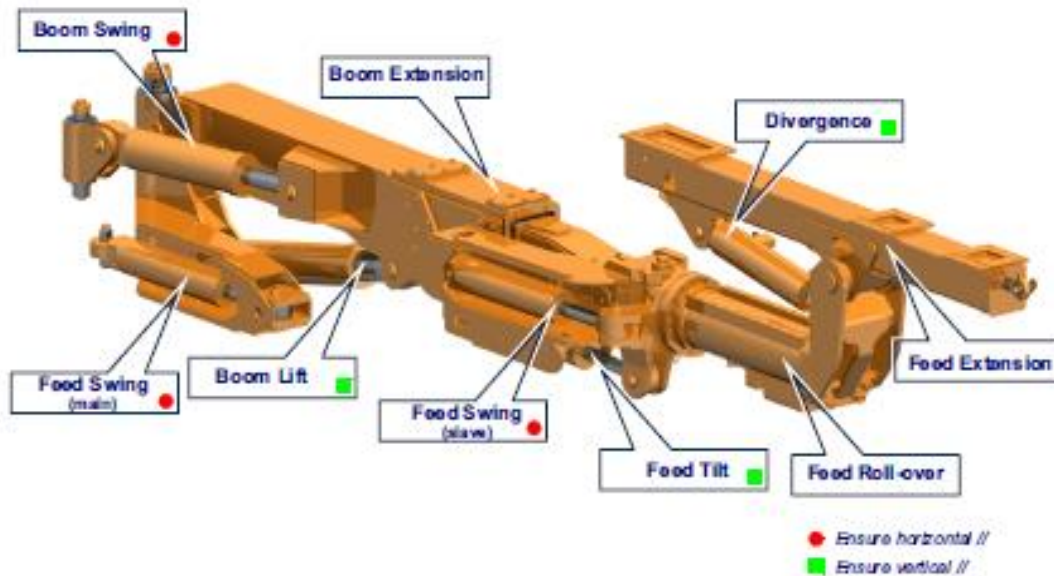
OTHER OPTIONAL EQUIPMENT

- Fire suppression system ANSUL, 6 nozzles.
- *) EU, UL, CSA, AUS norms package + local standards and regulations.
- *) Electric oil filling pump.
- Automatic lubrication system (Lincoln) for both boom and carrier.
- Central lubrication system.
- Hook up for mine air network (IP5 air cleaner included).
- Manuals other than French/English language.

*) replaces standard component

Technical Specification
4-200 S-C
2003-10-21

B 26 F Boom



APPLICATION

B 26 F boom is designed for Tamrock Axera D05, Axera D06 and Axera LP jumbos.

B 26 F boom is a hydraulic universal roll-over boom for mechanized tunnelling, drifting, cross-cutting and bolt-hole drilling in medium sections. It can also be used for production drilling with cut-and-fill and room-and-pillar methods.

This parallel holding telescopic boom offer large «true» rectangular face coverage area.

DESCRIPTION

The x-y coordinated boom movements together with 360° actuator roll-over make the use of the boom simple and logical. Accurate automatic parallel holding both in vertical and horizontal plane improves the drilling performance and accuracy.

Large dimensioned rectangular profile, adjustable and sealed boom extension wear-pieces, large diameter bearings, sealed main joints, expanding pins in cylinder joints and use of super strong cast pieces in most stressed areas are some of the features that are included to the boom design for improved reliability.

TECHNICAL DATA

Coverage with parallelism holding	29,2 m ²
Coverage with manual override	38,9 m ²
Weight, without hoses	1 850 kg
Weight allowed	1 050 kg
Boom telescopic extension	1 200 mm
Boom lift, up and down	45° and 16°
Boom swing, symmetric	± 45°
Feed tilt, up and down	25° and 50°
Feed swing, symmetric	± 50°
Divergence, up and down	3° and 90°
Feed extension	1 600 mm
Feed roll-over	360°



ANEXO III CATALOGOS DE EXPLOSIVOS Y ACESORRIOS DE VOLADURA

Emulex 2 plus

FICHA DE INFORMACION TECNICA

Emulex 2 Plus es una emulsión sensible al detonador que se caracteriza por más alto contenido de energía y presión de detonación que los explosivos de emulsión estándar. El explosivo es de color gris, ya que contiene aluminio para mejorar el desplazamiento.

Emulex 2 Plus puede ser utilizada como reemplazo de la dinamita y barros explosivos en voladuras de canteras o de túneles. También es adecuada para su uso como booster de explosivos menos sensibles como agentes de voladura (Ej. ANFO).

BENEFICIOS

- Su alta energía permite ampliar el patrón de perforación para voladuras más económicas.
- Desarrolla un volumen de gas excelente para el desplazamiento.
- Baja cantidad de humos tóxicos.
- Excelente resistencia al agua.
- Mejora el manipuleo debido a la rigidez de los cartuchos.
- Buenas características de acoplamiento cuando el diámetro del producto aplicado es adecuado al diámetro del barreno.

Diámetro (mm)	≤ 32mm	38mm	≥ 40mm
Densidad nominal [g/cm ³]	1,10	1,13	1,17
Balance de Oxígeno [%] ⁽¹⁾		-1,4	
Volumen de Gas [L/kg] ⁽¹⁾		845	
Calor de Explosión [kJ/kg] ⁽¹⁾		3978	
Potencia en Peso Relativa [ANFO=100]		113	
Potencia en Volumen Relativa [ANFO=0.85 g/cm ³]		165	
Velocidad de Detonación nominal [m/s] ⁽²⁾ (sin confinar)	4200	4500	5000

Notas:

- (1) Valores teóricos basados en el modelo Austin, el cual supone la detonación ideal. Valores calculados bajo otras indicaciones pueden diferir.
- (2) La velocidad de detonación dependerá de las condiciones de aplicación, diámetro y confinamiento



AUSTIN POWDER

Austin Powder Argentina S.A. Lola Mora 421 Piso 5 Of 503, C1107DDA CABA, Argentina
Teléfono +54 11 5245-8588 - comercial@austin.com.ar | www.austin.com.ar

Emulex 2 plus

FICHA DE INFORMACION TECNICA

PAQUETE ESTANDAR

Tamaño del cartucho	Cartuchos caja	Peso del cartucho	Peso neto de la caja	Tamaño del cartucho	Cartuchos caja	Peso del cartucho	Peso neto de la caja
[mm]	Und	[kg]	[kg]	[mm]	Und	[kg]	[kg]
25 x 300	140	0,178	25,0	60 x 500	15	1,655	25,0
32 x 300	85	0,293	25,0	70 x 500	11	2,260	25,0
38 x 300	58	0,430	25,0	80 x 500	8	3,080	25,0
50 x 500	21	1,183	25,0	90 x 500	7	3,513	25,0

Nota: El tamaño y el peso son valores nominales que pueden presentar variaciones tolerables (Peso: $\pm 3\%$) relacionadas con la producción. Si el cliente lo requiere pueden fabricarse otras dimensiones.

ALMACENAMIENTO

- Límite mínimo de temperatura 0 °C (máx. 3 meses de almacenamiento hasta 10 °C)
- Límite máximo de almacenamiento prologado 30°C (3 meses)

USO

- Límite mínimo de temperatura -20 °C
- Límite máximo de temperatura +60 °C
- Iniciar con detonador con carga mínima de 0.7 g PETN o uno de potencia comparable
- No se recomienda su iniciación con cordón detonante
- Sobrepresión estática máxima 0.3 MPa (3 bar) durante 24 horas.



- No apto para ambientes peligrosos donde puedan existir gases o polvos inflamables.
- No abrir o apretar los cartuchos
- Austin no se responsabiliza por ninguna pérdida u obligación derivada del uso del producto en suelos que contenga material pirítico u otro material reactivo

VIDA UTIL

12 (doce) meses a partir de la fecha de fabricación

DISPOSICION FINAL

En conformidad con las regulaciones locales y nacionales. En caso de duda, póngase en contacto con su proveedor o fabricante.

DATOS SOBRE EL TRANSPORTE

Identificación del Transporte: EXPLOSIVO, TIPO E.

Clase y División UN: 1.1D Número UN: 0241

Contacte a su representante local de Austin Powder para más información.

Exclusión de responsabilidad:

© 2019 Austin Powder Argentina S.A. Todos los derechos reservados. Toda la información contenida en este documento se provee solamente para fines informativos y está sujeta a cambio sin previo aviso. Austin Powder Argentina no puede anticipar ni tiene control sobre las condiciones bajo las cuales esta información y sus productos se puedan usar, por lo que cada usuario deberá revisar la información en el contexto de su aplicación específica. Austin Powder Argentina no asume ninguna responsabilidad legal expresa o implícita, incluyendo precisión, no infracción y garantías implícitas de comercialización o aptitud para su aplicación específica. Austin Powder Argentina específicamente no será responsable por ninguna lesión (incluyendo muerte), pérdidas, o daños a personas o propiedades que surjan por el uso o aplicación de la información en este documento.



AUSTIN POWDER

Austin Powder Argentina S.A. Lola Mora 421 Piso 5 Of 503, C1107DDA CABA, Argentina
Teléfono +54 11 5245-8588 - comercial@austin.com.ar | www.austin.com.ar

FIT-C-APA-EMULSION ENCARTUCHADA EMULEX 2 PLUS/04





NAGO 280

DIRECCIÓN GENERAL DE FABRICACIONES MILITARES - FMVM

1. Clasificación

Explosivo de voladuras tipo ANFO (Nitrato de Amonio-Gas Oil), sin nitroglicerina obtenido por mezcla de nitrato de amonio de baja densidad (prill), con sustancias combustibles o reductoras no calificadas como explosivas, por ejemplo Gas Oil.

Clasificación ANMaC: Agente de Voladura.

Nº Inscripción para bolsas de 25 kg C-1g-0033-03

Nº Inscripción para bolsas de 30 kg C-1g-0033-01

2. Denominación para el Transporte

Clase	1
División	1.5
Grupo Compatibilidad	D
Nº ONU	0331
	"Explosivo para voladuras tipo B"



3. Descripción

Se presenta como un sólido pulverulento o perlado de color rosado pálido a salmón.

4. Usos

Explosivo utilizado como carga de columna en voladuras de cielo abierto y/o subterránea, de rocas de dureza mediana a grande. También se puede utilizar en canteras y obras viales.

No es recomendable su uso en barrenos inundados o con alta humedad, por contar con una mala resistencia al agua.

Su iniciación se realiza mediante reforzador ya que no es sensible al detonador N°8.

5. Características:

Detalle	Unidad	Requisito
Velocidad de detonación (*)	m/s	2600-3000
Densidad aparente	gr/cm ³	0,700 - 0,850
Forma de iniciación	-	Con reforzador
Diámetro crítico	mm	38
Resistencia al agua	-	Nula
Balace de oxígeno	%	0,64
Volumen gases de explosión	l/kg	968
Calor de explosión	kcal/kg	900
Presión de detonación	kgbar	15
Potencia relativa en peso (**)	%	100
Potencia relativa en volumen (**)	%	100

(*) Confinado en tubo de hierro Ø32 mm x 500 mm.

(**) Potencias relativas referida al NAGO 280 con potencia convencional de 100.



FABRICACIONES MILITARES – Gerencia de Comercialización

Av. Cabildo 85 - 21420 – Ciudad Autónoma de Buenos Aires – ARGENTINA

Tel/Fax: +54 011 47784433/3433

Contacto: comercializacion@fmvm.mil.ar www.fmvm.mil.ar

Fábrica Militar de Polvos y Explosivos "Villa María" - DGFM

Av. Genl. Sanjo y Av. Barros

CP 5900 – Villa María – Córdoba

Tel: 0353-4521840/49



NAGO 280

DIRECCIÓN GENERAL DE FABRICACIONES MILITARES - FMVM

6. Presentación



El producto se envasa en bolsa de polipropileno con bolsa interna de polietileno, de color blanco e impresa según la reglamentación vigente. Poseen un contenido neto de 25 kg ó 30 kg.

7. Periodo de uso recomendado

12 (doce) meses bajo condiciones de almacenamiento recomendadas en el punto 8. "Manipulación y almacenamiento".

8. Manipulación y almacenamiento:

Disponer siempre de la Ficha de Datos de Seguridad del Producto.

No exponer el explosivo a fuentes de calor o cambios bruscos de temperaturas, procurando un ambiente de almacenamiento fresco, seco y ventilado, con estibas no superiores a 8 (ocho) bolsas.

Condiciones de almacenamiento recomendadas: temperatura entre -10 °C y 40°C, humedad relativa ambiente baja y presión atmosférica.

Realizar la carga y descarga de forma cuidadosa con luz diurna, evitando tormentas eléctricas, de arena o de nieve. La tarea deberá realizarse con la cantidad mínima necesaria de operarios.

Debe ser manipulado y usado con cuidado por personal capacitado en manejo de explosivos, o bajo la supervisión de estos. Todas las personas que manejan explosivos tienen la responsabilidad de conocer y poner en práctica todas las medidas de seguridad aprobadas y normalizadas.

El producto deberá ser almacenado en polvorines habilitados por el ANMaC (Ley N° 20.429, Decreto Reglamentario N° 302/83 y sus modificatorias).

En caso de duda acerca del uso de este producto, consulte a DGFEM.

ADVERTENCIA: Fabricaciones Militares se reserva el derecho de introducir en sus productos todas aquellas modificaciones que estime convenientes. Bajo ninguna circunstancia será responsable (como proveedor) de daños, pérdida de ganancias, daños personales o materiales por el uso de este producto.



FABRICACIONES MILITARES – Gerencia de Comercialización

Av. Cabildo 85 (1420) – Ciudad Autónoma de Buenos Aires – ARGENTINA

Tel/Fax: +54 011 4778443/4440

Contacto: comercializacion.w@fm.gov.ar www.fm.gov.ar

Fábrica Militar de Pólvoras y Explosivos "Villa María" - DGFEM

Av. Gral. Sarco y Av. Bontas

CP 5900 – Villa María – Córdoba

Tel: 0354-4523848/49

Contacto: comercializacion.w@fm.gov.ar - www.fm.gov.ar

ACCESORIO: CORDÓN DETONANTE

Cordón Detonante

CATÁLOGO DE INFORMACIÓN DE PRODUCTO

El **Cordón Detonante** posee un núcleo de pentrita protegido por una serie de capas a base de cintas y fibras de polipropileno y finalmente recubierto mediante una capa extruida de PVC (cloruro de polivinilo). Dentro de sus propiedades esta el ser flexible, su resistencia al agua y su grado de resistencia a la tensión, lo que le permite un manejo confiable, gracias a la calidad de las materias primas que lo componen.



Se fabrican diversos tipos, de acuerdo a la carga de pentrita en su núcleo.

VENTAJAS

- Resistente al agua y a la abrasión.
- Colores vivos para su fácil identificación.

INICIACION

- El producto es sensible a la iniciación con detonador n° 8 y/o con otro cordón detonante.

PROPIEDADES

Producto	5	10	40	60	100
Núcleo de Pentrita (g/m)	5	10	40	60	100
Fuerza de tensión mínima (kg)	70	70	70	70	70
Velocidad de detonación mínima (m/s)	6500	6500	6500	6500	6500
Diámetro Exterior (promedio en mm)	4,1	4,8	8,0	9,5	11,5
Material Recubrimiento	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC
Color Recubrimiento	Rojo	Amarillo	Naranja	Celeste	Verde

EMBALAJE

Descripción del Producto	Unidades por caja	Metros por caja	Peso Bruto
Cordón Detonante 5gr	2rll x 700	1400	24
Cordón Detonante 10gr	2rll x 400	800	20
Cordón Detonante 40gr	2rll x 150	300	20
Cordón Detonante 60gr	2rll x 100	200	18
Cordón Detonante 100gr	2rll x 60	120	19

ALMACENAMIENTO

Estos productos deben ser almacenados exclusivamente en Polvorines para Altos Explosivos (anfo, barras explosivos, emulsiones encartuchadas y/o Booster etc.)
Estos polvorines deben reunir las condiciones exigidas por la legislación vigente

USO

- Minería a cielo abierto
- Minería subterránea
- Canteras
- Obras Civiles y Demoliciones

VIDA ÚTIL

Se recomienda su uso en un plazo de 60 meses

DISPOSICIÓN FINAL

De acuerdo a las regulaciones locales. Ante cualquier duda, consulte al proveedor.

INFORMACION DE TRANSPORTE

Nombre Explosivo: Alto Explosivo

Clase y División: 1.1D

Número ONU: 0065

EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD: Los datos técnicos suministrados en este Catálogo de Información de Producto (CIP) han sido determinados de acuerdo a los procedimientos de prueba de producto y laboratorio de Austin Powder Argentina, referente al producto especificado en uso al momento de la publicación de este Catálogo. Todas las demás declaraciones e información contenida en el CIP son únicamente a modo de referencia general. AUSTIN POWDER ARGENTINA NO EXTIENDE GARANTIA DE NINGÚN TIPO, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE CIP. Austin Powder Argentina no será responsable por daños de cualquier tipo que surjan por el uso o aplicación de la información publicada. Debido a que Austin Powder Argentina no puede anticipar e influir en las condiciones en las que se utiliza el producto y la información de este CIP, no asumimos ninguna responsabilidad legal sobre la idoneidad de uso de este producto en cualquier aplicación particular. El usuario es responsable de verificar la aptitud del producto para su uso en cualquier aplicación específica. Austin Powder Argentina se reserva el derecho a modificar los productos y / o información del producto sin previo aviso. Los términos y condiciones generales de contratación de Austin Powder Argentina S.A. se aplican a todas las ventas. Este catálogo no constituye oferta del producto y la información aquí contenida no constituye asesoramiento sobre la forma de utilización del producto. Los productos indicados en este catálogo son todos de uso profesional, debiendo ser utilizados por especialistas o bajo su dirección.



AUSTIN POWDER
INTERNATIONAL

Austin Powder Argentina S.A., Lola Mora 421 Piso 5 Of 503, Ciudad autónoma de Buenos Aires C1107DDA –
Argentina - ☎: (office) +54 11 5245-8588 - web: www.austin.com.ar - e-mail: comercial@austin.com.ar

Catálogo CD



ACCESORIO: MECHA DE SEGURIDAD



FAMESA
EXPLOSIVOS

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA CONVENCIONAL



Asociación de Industrias Comerciales
COTIPERCO BAC
P/PLM00011
P/PLM00012

MECHA DE SEGURIDAD

MECHA LENTA

Descripción y composición

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. fabrica la Mecha de Seguridad desde 1953 hasta la fecha, mejorándola en forma continua a través de todos estos años.

La Mecha de Seguridad es un accesorio de voladura y un componente del sistema tradicional de iniciación. Se caracteriza por ser flexible y posee un núcleo central de pólvora, el cual transmite el fuego hasta el fulminante, a una velocidad uniforme; está recubierta por varias capas de diferentes materiales que garantizan la continuidad de la combustión y compactación. Estos componentes se encuentran protegidos por un recubrimiento de material plástico.

Todo el conjunto asegura que la Mecha de Seguridad tenga una excelente impermeabilidad, resistencia a la humedad, a la abrasión y a los esfuerzos mecánicos; aún en las condiciones más exigentes; así como evita que el fuego se transmita de uno a otro tramo de mecha de Seguridad cuando están cerca, minimizando la producción de chispas laterales.

Uso

La Mecha de Seguridad se usa para iniciar el Fulminante Común FULMESA® siempre y cuando se cumpla con las siguientes recomendaciones al momento de ser ensamblado:

- La Mecha de Seguridad debe cortarse perpendicularmente a su eje.
- Evitar la caída del núcleo de pólvora de la Mecha de Seguridad por la manipulación brusca de las puntas cortadas o por cualquier otro caso.
- Colocar la Mecha de Seguridad en contacto con la carga explosiva del fulminante, cuidando de no dejar espacios vacíos.

MECHA DE SEGURIDAD

MECHA LENTA

Características técnicas

	MECHA DE SEGURIDAD
COLOR DE RECUBRIMIENTO PLÁSTICO	Blanco
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
IMPERMEABILIDAD	Muy buena
RESISTENCIA A LA TENSIÓN DURANTE 3 MINUTOS (kg)	30

Presentación

	MATERIAL DE CAJA	CAPACIDAD DE CAJA	PESO NETO (kg)	PESO BRUTO (kg)	DIMENSIONES EXTERIORES (cm)
MECHA DE SEGURIDAD	Cartón	2 rollos x 500 m	23,8	24,5	37,1 x 37,1 x 31,0

MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO

Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C son productos seguros, pero en manos inexpertas se constituyen en elementos peligrosos.

El adquirente o usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenamiento y uso, así como en tener debidamente a todo el personal en cargo de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenamiento y uso inadecuado que pudiera darse a sus productos.

El transporte, almacenamiento, manipuleo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente.

Debe ser almacenado en polvorines ubicados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones bajo las cuales éste sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por Famesa Explosivos S.A.C., quien no garantiza resultados favorables ni asume responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estos productos. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

Plantas de Producción, Oficinas Administrativas y Comercialización

Km.28 Autopista Ancón – Puente Piedra – Lima 22 – Perú

Teléfonos (51-1) 61 39800 – 61 39855 – 6139865 Fax: (51-1) 61 39806 – 6139867

E-mail Central: famesa@famesa.com.pe

E-mail Ventas: famesa@famesa.com.pe

Web Site: www.famesa.com.pe



ACCESORIO: FULMINANTE COMÚN Nº 8



FAMESA
EXPLOSIVOS



EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA CONVENCIONAL

FULMINANTE COMÚN - FULMESA®

DETONADOR

Descripción y composición

El FULMINANTE COMÚN es un accesorio de voladura constituido por una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva un explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo.

Dada la calidad de los insumos utilizados en la fabricación del producto, estos le proporcionan máxima seguridad y eficiencia en el uso.



Tipos y usos

Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos de fulminante:

- Fulminante Común Nº 6
- Fulminante Común Nº 8

EL FULMINANTE COMÚN está diseñado para ser iniciado por la chispa de una mecha de seguridad y es usado como iniciador primario; así tenemos que el:

- Fulminante Común Nº 6.- Se utiliza para iniciar la Dinamita FAMESA, y el
- Fulminante Común Nº 8.- Sirve para iniciar al Emulnor (emulsión encartuchada).

FULMINANTE COMÚN - FULMESA®

DETONADOR

Características técnicas

	FULMINANTE COMÚN N° 6	FULMINANTE COMÚN N° 8
LONGITUD DEL FULMINANTE (mm)	45	45
DIÁMETRO DEL FULMINANTE (mm)	6,3	6,3
PRUEBA DE ESOPLO, DIÁMETRO DE PERFORACIÓN (mm)	9,0	10,0
VOLUMEN TRAUZL (cm ³)	20	23
RESISTENCIA A LA HUMEDAD RELATIVA DEL 100% POR 24 HORAS	Detona	Detona
RESISTENCIA AL IMPACTO 2 kg/1m	No Detona	No Detona
SENSIBILIDAD A LA CHISPA DE LA MECHA DE SEGURIDAD	Buena	Buena

Presentación

En cajas de cartón corrugado, contienen do cajitas de cartón dúplex de 100 unidades cada una.

	MATERIAL DE CAJA	CAPACIDAD DE CAJA	PESO NETO (kg)	PESO BRUTO (kg)	DIMENSIONES EXTERIORES (cm)
FULMINANTE COMÚN N° 6	Cartón	100 cajitas x 100 unid	13,5	16,3	34,0 x 31,5 x 26,5
FULMINANTE COMÚN N° 8	Cartón	100 cajitas x 100 unid	14,5	17,3	34,0 x 31,5 x 26,5

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en manos inexpertas se constituyen en elementos peligrosos.

El adquirente o usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como entrenar debidamente al personal encargado de su manipulación.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., no asume responsabilidad al comprar el transporte, almacenaje y/o uso inadecuado que pudiera ocasionar sus productos.

El transporte, almacenamiento, manipulación y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente.

Debe ser almacenado en polvorines ubicados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las diferentes condiciones bajo las cuales éste sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., quien no garantiza resultado favorable en las mismas responsabilidad al usuario, expresa o implícita en conexión con el uso de estos productos. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.

Plantas de Producción, Oficinas Administrativas y Comercialización

Km. 28 Autopista Ancón - Puente Piedra - Lima 22 - Perú

Teléfonos: (51-1) 61 3990 0 - 613 9855 - 6139 865 Fax: (51-1) 613 9806 - 6139 867

E-mail Central: famesa@famesa.com.pe

E-mail Ventas: famesa@famesa.com.pe

Web Site: www.famesa.com.pe



ACCESORIO: DETONADOR NO ELÉCTRICO

Brinel

Utilizado para iniciación de cargas explosivas en excavaciones a cielo abierto, subterráneas, túneles y en la construcción civil en general.

Posee una etiqueta colorida para una mejor visualización de los tiempos de retardo, y su espoleta con carga reforzada permite una mejor iniciación de los explosivos a la base de emulsión.

El BRINEL presenta un elevado nivel de seguridad y practicidad en su aplicación debido a la presencia del conector "J", desarrollado especialmente para usarse en cordel detonante de bajo peso y NP 10.



Características

	Numeração	00 01 02 03 04 05 06 07 08
	Tempo de retardo (ms)	00 25 50 75 100 125 150 175 200
	Numeração	09 10 11 12 14 16 18 20 24
	Tempo de retardo (ms)	225 250 275 300 350 400 450 500 600
	Numeração	28 34 40 50 60 70 80 100 120
	Tempo de retardo (ms)	700 850 1000 1250 1500 1750 2000 2500 3000
	Numeração	140 160 180 200 240 272 300 332 -
	Tempo de retardo (ms)	3500 4000 4500 5000 6000 7500 8300
	Conector	J
	Comprimento (m)	4,8 - 6 - 12 - 15 - 18 - 21 - 25 - 30
	Resistência à água	excelente

ACCESORIO: TACO INERTE



FICHA TECNICA

WWW.NUTRIRNAT.COM Argentina-Uruguay-Brasil-Perú

Casa Central: Los tilos 4116 Oeste cp 5400 San Juan, Republica Argentina +54 264 4263007//+59892320321//+54 264 5057578//+51 989047635

Tacos Para Retacado

CARACTERISTICAS TECNICAS



- Materia Prima Mineral, MIX certificado por HTC Consultora. Mineral Pelitico silicoaluminoso Calco sódicos- ferrosos- Obtenido en laboreo de minas. Mix de porcentajes controlados. materia prima en perfil granulométrico equilibrado. Con proceso industrial bajo Normas de Calidad. Control físico y químico.(LAB TECMA/ ALS Chemex, ALEX STEWARD).
- Envases de polipropileno, material certificado. Tintas biodegradables. No contaminantes. Sin residuos contaminantes. Sin Minerales pesados. Sin mercurio ni plomo.
- Dimensiones P erfectas. Cilíndricas. Dúctiles. Parte trasera con sector para retacar sin perjudicar la herramienta ni adherencia en la misma. Parte delantera, área de contacto con la carga, aislada, protegida, soldada a fusión. para evitar contaminación con el explosivo y perjudicar la combustión.
- Identificación Fácil. Única Posición. Fácil identificación. Con distribución de materia prima para una fusión en respuesta a la voladura, Respuesta a la salida de calor, gases, y fuego.
- Adherencia alta en las paredes de la perforación. Plasticidad del envase y respuesta de la mezcla a la compresión. Respuesta equilibrada del fluido con el material. Excelente resistencia al retacado tras la adherencia.
- Fluidos en porcentaje controlado y equilibrado. Identificado. Biodegradable. Distribución uniforme. Debidamente confinado en el envase.

CARACTERISTICAS de EMBALAJE (a pedido del cliente)



-Se emban en cajones de madera. Alamo. Biodegradables. No pintados. Madera cruda. 25 kg. Objetivo: impide la deformación de los tacos en el manipuleo. Cajones apilables hasta las 5 cajones en la vertical.

-Se emban en cajas de cartón triple, marrón reciclado, fácil para el manejo de residuos - Embalajes, totalmente hermético, evita la humedad y condiciones de pérdidas de humedad, mineral y fluidos.

- Se suministran sueltas en las cajas cerradas con cinta de empacar.

El pallet se presenta con flejes y con film, para asegurar su traslado/impermeabilización.

CARACTERISTICAS DE TAMAÑO y PRESENTACIÓN Y EMBALAJE

DATOS TACOS RETACADO **TN**

DATOS TACOS RETACADO TN				En PALET (1x1 mts) o (1,20x1 mts) (TN78 solo en 1,20x1 mts)		
DIAMETRO	LONGITUD	PESOS (GRS.)unid	TACOS por embalaje	N° TACOS	PESO NETO Kgr.	PESO BRUTO Kgr.
38	300/450	579/1050	44/25	1828/1000	1000	1100
45	500	1100	20	1200	1320	1470
51	500	1278	18	1080	1380	1530
78	500	2750	8	480	1320	1470



ANEXO IV TABLAS DE COSTO DE METRO DE AVANCE



Reducción de Costos Operativos en Mina Farallón Negro –
Optimizando Estándares de Perforación & Voladura en
Desarrollo - Preparación



COSTO POR METRO DE AVANCE DIAGRAMA ESTANDAR –SECCION 3.8 m x 3.8 m

ITEM	DESCRIPCION	IND.		PRECIO UNITARIO	Unidad	P.PARC. \$	SUBTOT. USD/m	TOTAL USD/m
	MANO DE OBRA	LEGAJO	Cantidad	Horas			USD/h	
	Jefatura	1678	1	2	4,321.755	USD	288.12	48.02
	Supervisor	1586	1	2	2,716.939	USD	181.13	30.19
	Operador Jumbo	1783	1	6	1,804.883	USD	120.33	60.16
	Ayudante de Jumbo	1818	1	6	2,093.422	USD	139.56	69.78
	Operador de Scoop	1700	1	3.5	2,045.717	USD	136.38	39.78
	Ayudante de Scoop	2193	1	3.5	1,826.422	USD	121.76	35.51
	Operador de Eq. Auxiliar	2330	1	1	1,755.957	USD	117.06	9.76
	Perforista Sostenimiento	2329	1	3	1,755.957	USD	117.06	29.27
	Ayudante de Sostenimiento	2189	1	3	1,590.850	USD	106.06	26.51
	Pañolero	1784	1	1	2,267.932	USD	151.20	12.60
	Polvorinero	1616	1	1	1,891.583	USD	126.11	10.51
								372.09
	ELEMENTOS DE SEGURIDAD				COSTO/H US \$		USD/m	
	EPP Convenio		9		1.247	USD	3.74	1.29
	EPP Supervisión		2		1.095	USD	2.19	0.75
								2.04
	ACEROS DE PERFORACION				mts/perf	USD/m perf		USD/m
	Barra de 12 pies		1		155	0.12	USD	19.09
	Broca de Botones de 45 mm		1		155	0.12	USD	18.18
	Broca Escariadora 102mm		1		155	0.13	USD	20.52
	Adaptador de Culata 1838 T38		1		155	0.07	USD	10.66
	Manguito T38		1		155	0.02	USD	2.75
	Sostenimiento							
	Barra de 8 pies		1		69	0.10	USD	3.19
	Broca de 37 mm		1		69	0.37	USD	4.08
	Adaptador perno Split Set		1		69	0.11	USD	9.72
	Adaptador de Culata R32		1		69	0.10	USD	3.11
	Manguito R32		1		69	0.02	USD	3.48
								29.69
	HERRAMIENTAS Y MATERIALES							
	Herramientas		4		USD/pers	5.87	USD	23.50
	Insumos Operativos		1		USD/m	131.37	USD	131.37
								65.80
	EXPLOSIVOS					Costo unitario		
	Emulex 32mm		21	kg	USD/kg	2.96	USD	63.47
	ANFO		125	kg	USD/kg	1.52	USD	189.38
	Nonel 4,8 m		45	unid	USD/unid	3.22	USD	144.93
	Detonador Nº 8		2	unid	USD/unid	0.44	USD	0.88
	Mecha Lenta		6	m	USD/m	0.44	USD	2.65
	Cordon Detonante 5		20	m	USD/m	0.23	USD	4.52
	Cordon Detonante 40		42	m	USD/m	0.67	USD	28.06
								149.41
	MATERIALES DE SOSTENIMIENTO					Costo unitario		
	Pernos Splitset		33	unid	USD/unid	6.22	USD	205.41
	Mallas electrosoldadas		4	unid	USD/unid	46.05	USD	184.18
								134.16
	EQUIPOS INCLUYE COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES					hs turno		
	JUMBO BOOMER S1D		1	unid	3.2	307.12		
	SCOOP WAGNER ST7		1	unid	3	276.14		
	JUMBO BOLTEC 5		1	unid	7	714.36		
	MERLO		1	unid	2	41.89		
								1,339.51
	ENERGIA EQUIPOS AUXILIARES					hs turno		
	COMPRESOR	Sullair 135 KW	1	unid	2	20.52		
	Ventilación	30 KG 22 KW	1	total	8	13.38		
	Bombeo	Bomba 0,75 KW	1	total	2	0.11		
								34.01
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							2,498.80
	Imprevistos				10.0%			249.88
	Gastos Administrativos				5.0%			124.94
	TOTAL							2,873.62

COSTO POR METRO DE AVANCE DIAGRAMA ESTANDAR –SECCION 4.1 m x 4.1 m

ITEM	DESCRIPCION	INCID.		PRECIO UNITARIO	Unidad	P.PARC. \$	SUBTOT. USD/m	TOTAL USD/m
		LEGAJO	Cantidad					
MANO DE OBRA								
	Jefatura	1678	1	2	4,321.755	USD	288.12	24.01
	Supervisor	1586	1	2	2,716.939	USD	181.13	15.09
	Operador Jumbo	1783	1	6	1,804.883	USD	120.33	10.03
	Ayudante de Jumbo	1818	1	6	2,093.422	USD	139.56	11.63
	Operador de Scoop	1700	1	3.5	2,045.717	USD	136.38	11.37
	Ayudante de Scoop	2193	1	3.5	1,826.422	USD	121.76	10.15
	Operador de Eq. Auxiliar	2330	1	1	1,755.957	USD	117.06	9.76
	Perforista Sostenimiento	2329	1	3	1,755.957	USD	117.06	9.76
	Ayudante de Sostenimiento	2189	1	3	1,590.850	USD	106.06	8.84
	Pañolero	1784	1	1	2,267.932	USD	151.20	12.60
	Polvorinero	1616	1	1	1,891.583	USD	126.11	10.51
								372.09
ELEMENTOS DE SEGURIDAD								
	EPP Convenio		9		1.247	USD	3.74	1.39
	EPP Supervisión		2		1.095	USD	2.19	0.81
								2.20
ACEROS DE PERFORACION								
	Barra de 12 pies		1		149	USD	18.32	5.91
	Broca de Botones de 45 mm		1		149	USD	17.44	5.63
	Broca Escariadora 102mm		1		149	USD	19.69	6.35
	Adaptador de Culata 1838 T38		1		149	USD	10.23	3.30
	Manguito T38		1		149	USD	2.64	0.85
Sostenimiento								
	Barra de 8 pies		1		69	USD	3.19	1.18
	Broca de 37 mm		1		69	USD	4.08	1.51
	Adaptador perno Split Set		1		69	USD	9.72	3.60
	Adaptador de Culata R32		1		69	USD	3.11	1.15
	Manguito R32		1		69	USD	3.48	1.29
								30.78
HERRAMIENTAS Y MATERIALES								
	Herramientas		4		USD/pers	5.87	23.50	18.88
	Insumos Operativos		1		USD/m	131.37	131.37	46.92
								65.80
EXPLOSIVOS								
	Emulex 32mm		22	kg	USD/kg	2.96	65.36	24.24
	ANFO		125	kg	USD/kg	1.52	189.38	70.22
	Nonel 4,8 m		46	unidad	USD/unid	3.22	148.15	54.93
	Detonador Nº 8		2	unidad	USD/unid	0.44	0.88	0.33
	Mecha Lenta		6	m	USD/m	0.44	2.65	0.98
	Cordon Detonante 5		20	m	USD/m	0.23	4.52	1.67
	Cordon Detonante 40		42	m	USD/m	0.67	28.06	10.40
								162.77
MATERIALES DE SOSTENIMIENTO								
	Pernos Split set		33	unidad	USD/unid	6.22	205.41	76.16
	Mallas electrosoldadas		4	unidad	USD/unid	46.05	184.18	68.29
								144.45
EQUIPOS INCLUYE COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES								
	JUMBO AXERA		1	unidad	3.3	316.92		
	SCOOP WAGNER ST7		1	unidad	3	276.14		
	JUMBO BOLTEC S		1	unidad	7	714.36		
	MERLO		1	unidad	2	41.89		
								1,349.31
ENERGIA EQUIPOS AUXILIARES								
	COMPRESOR	Sullair 135 KW	1	unidad	2	20.52		
	Ventilación	30 KG 22 KW	1	total	8	13.38		
	Bomba	Bomba 0,75 KW	1	total	2	0.11		
								34.01
TOTAL COSTOS DIRECTOS								
	Imprevistos				10.0%			253.35
	Gastos Administrativos				5.0%			126.67
	TOTAL							2,913.52

COSTO POR METRO DE AVANCE DIAGRAMA PROPUESTO –SECCION 3.8 m x 3.8 m

ITEM	DESCRIPCION	INOD.			PRECIO UNITARIO	Unidad	P.PARC. \$	SUBTOT. USD/m	TOTAL USD/m
	MANO DE OBRA	LEGAJO	Cantidad	Horas				USD/h	
	Jefatura	1678	1	2	4,321.755	USD	288.12	24.01	
	Supervisor	1586	1	2	2,716.939	USD	181.13	15.09	
	Operador Jumbo	1783	1	6	1,804.883	USD	120.33	10.03	
	Ayudante de Jumbo	1818	1	6	2,093.422	USD	139.56	11.63	
	Operador de Scoop	1700	1	3.5	2,045.717	USD	136.38	11.37	
	Ayudante de Scoop	2193	1	3.5	1,826.422	USD	121.76	10.15	
	Operador de Eq. Auxiliar	2330	1	1	1,755.957	USD	117.06	9.76	
	Perforista Sostenimiento	2329	1	3	1,755.957	USD	117.06	9.76	
	Ayudante de Sostenimiento	2189	1	3	1,590.850	USD	106.06	8.84	
	Pañolero	1784	1	1	2,267.932	USD	151.20	12.60	
	Polvorinero	1616	1	1	1,891.583	USD	126.11	10.51	
								372.09	
	ELEMENTOS DE SEGURIDAD				COSTO/H US \$			USD/m	
	EPP Convenio		9		1.247	USD	3.74	1.22	
	EPP Supervisión		2		1.095	USD	2.19	0.71	
								1.93	
	ACEROS DE PERFORACION				mts/perf	USD/m perf		USD/m	
	Barra de 12 pies		1		139	0.12	USD	17.06	
	Broca de Botones de 45 mm		1		139	0.12	USD	16.25	
	Broca Escariadora 102mm		1		139	0.13	USD	18.34	
	Adaptador de Culata 1838 T38		1		139	0.07	USD	9.53	
	Manguito T38		1		139	0.02	USD	2.46	
	Sostenimiento								
	Barra de 8 pies		1		69	0.10	USD	3.19	
	Broca de 37 mm		1		69	0.37	USD	4.08	
	Adaptador perno Split Set		1		69	0.11	USD	9.72	
	Adaptador de Culata R32		1		69	0.10	USD	3.11	
	Manguito R32		1		69	0.02	USD	3.48	
								26.96	
	HERRAMIENTAS Y MATERIALES								
	Herramientas		4		USD/pers	5.87	USD	23.50	
	Insumos Operativos		1		USD/m	131.37	USD	131.37	
								65.80	
	EXPLOSIVOS					Costo unitario			
	Emulox 32mm		19	kg	USD/kg	2.96	USD	57.38	
	ANFO		100	kg	USD/kg	1.52	USD	151.50	
	Nonel 4,8 m		40	uni d	USD/unid	3.22	USD	128.83	
	Detonador Nº 8		2	uni d	USD/unid	0.44	USD	0.88	
	Macha Lenta		6	m	USD/m	0.44	USD	2.65	
	Cordon Detonante 5		20	m	USD/m	0.23	USD	4.52	
	Cordon Detonante 40		39	m	USD/m	0.67	USD	26.06	
								121.15	
	MATERIALES DE SOSTENIMIENTO					Costo unitario			
	Pernos Split set		33	uni d	USD/unid	6.22	USD	205.41	
	Mallas electrosoldadas		4	uni d	USD/unid	46.05	USD	184.18	
								126.94	
	EQUIPOS INCLUYE COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				hs turno				
	JUMBO BOOMER 51D		1	uni d	2.5	239.94			
	SCOOP WAGNER ST7		1	uni d	2	184.09			
	JUMBO BOLTEC 5		1	uni d	7	714.36			
	MIRLO		1	uni d	2	41.89			
								1,180.28	
	ENERGIA EQUIPOS AUXILIARES				hs turno				
	COMPRESOR	Sullair 135 KW	1	uni d	2	20.52			
	Ventilación	30 KG 22 KW	1	total	8	13.38			
	Bombeo	Bomba 0,75 KW	1	total	2	0.11			
								34.01	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							2,301.26	
	Imprevistos				10.0%			230.13	
	Gastos Administrativos				5.0%			115.06	
	TOTAL							2,646.45	



Reducción de Costos Operativos en Mina Farallón Negro –
Optimizando Estándares de Perforación & Voladura en
Desarrollo - Preparación



COSTO POR METRO DE AVANCE DIAGRAMA PROPUESTO –SECCION 4.1 m x 4.1 m

ITEM	DESCRIPCION	INCID.		PRECIO UNITARIO	Unidad	P.PARC. \$	SUBTOT. USD/m	TOTAL USD/m
-	MANO DE OBRA	LEGAJO	Cantidad	Horas			USD/h	
	Jefatura	1678	1	2	4,321.755	USD	288.12	48.02
	Supervisor	1586	1	2	2,716.939	USD	181.13	30.19
	Operador Jumbo	1783	1	6	1,804.883	USD	120.33	60.16
	Ayudante de Jumbo	1818	1	6	2,093.422	USD	139.56	69.78
	Operador de Scoop	1700	1	3.5	2,045.717	USD	136.38	39.78
	Ayudante de Scoop	2193	1	3.5	1,826.422	USD	121.76	35.51
	Operador de Eq. Auxiliar	2330	1	1	1,755.957	USD	117.06	9.76
	Perforista Sostenimiento	2329	1	3	1,755.957	USD	117.06	29.27
	Ayudante de Sostenimiento	2189	1	3	1,590.850	USD	106.06	26.51
	Pañolero	1784	1	1	2,267.932	USD	151.20	12.60
	Polvorinero	1616	1	1	1,891.583	USD	126.11	10.51
								372.09
-	ELEMENTOS DE SEGURIDAD				COSTO/H US \$		USD/m	
	EPP Convenio		9		1.247	USD	3.74	1.27
	EPP Supervisión		2		1.095	USD	2.19	0.74
								2.01
-	ACEROS DE PERFORACION				mts/perf	USD/m perf	USD/m	
	Barra de 12 pies	1			127	0.12	15.65	5.05
	Broca de Botones de 45 mm	1			127	0.12	14.90	4.81
	Broca Escariadora 102mm	1			127	0.13	16.82	5.42
	Adaptador de Culata 1838 T38	1			127	0.07	8.74	2.82
	Manguito T38	1			127	0.02	2.25	0.73
	Sostenimiento							
	Barra de 8 pies	1			69	0.10	3.19	1.08
	Broca de 37 mm	1			69	0.37	4.08	1.38
	Adaptador perno Split Set	1			69	0.11	9.72	3.30
	Adaptador de Culata R32	1			69	0.10	3.11	1.06
	Manguito R32	1			69	0.02	3.48	1.18
								26.83
-	HERRAMIENTAS Y MATERIALES							
	Herramientas	4			USD/pers	5.87	23.50	18.88
	Insumos Operativos	1			USD/m	131.37	131.37	46.92
								65.80
-	EXPLOSIVOS					Costo unitario		
	Emulex 32mm	19	kg		USD/kg	2.96	55.65	18.90
	ANFO	100	kg		USD/kg	1.52	151.50	51.44
	Nonel 4,8 m	39	unidad		USD/unid	3.22	125.61	42.65
	Detonador Nº 8	2	unidad		USD/unid	0.44	0.88	0.30
	Mecha Lenta	6	m		USD/m	0.44	2.65	0.90
	Cordon Detonante 5	20	m		USD/m	0.23	4.52	1.53
	Cordon Detonante 40	36	m		USD/m	0.67	24.05	8.17
								123.89
-	MATERIALES DE SOSTENIMIENTO					Costo unitario		
	Pernos Splitset	33	unidad		USD/unid	6.22	205.41	69.75
	Mallas electrosoldadas	4	unidad		USD/unid	46.05	184.18	62.54
								132.29
-	EQUIPOS INCLUYE COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES				hs turno			
	JUMBO AXERA	1	unidad		2.6	249.69		
	SCOOP WAGNER ST7	1	unidad		2	184.09		
	JUMBO BOLTEC 5	1	unidad		7	714.36		
	MERLO	1	unidad		2	41.89		
								1,190.04
-	ENERGIA EQUIPOS AUXILIARES				hs turno			
	COMPRESOR	Sullair 135 KW	1	unidad	2	20.52		
	Ventilación	30 KG 22 KW	1	total	8	13.38		
	Bomba	Bomba 0,75 KW	1	total	2	0.11		
								34.01
	TOTAL COSTOS DIRECTOS							2,319.04
	Imprevistos				10.0%			231.90
	Gastos Administrativos				5.0%			115.95
	TOTAL							2,666.90