

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



***IMPLEMENTACIÓN DE PRECORTE EN
UN DIAGRAMA DE VOLADURA EN
MINERÍA SUBTERRÁNEA***

ALUMNOS: Carreño Moya, Paola Roxana M.U.Nº: 671

Correa, Luis Humberto M.U.Nº: 726

DIRECTORA: Ing. Caletti, Claudia Beatriz

CO-DIRECTOR: Ing. Saracho, Javier Horacio

NOVIEMBRE DE 2015



AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen del Valle por brindarnos la oportunidad de cumplir nuestro sueño, por darnos salud, inteligencia y comprensión para lograr nuestro objetivo.

A nuestros padres y hermanos por acompañarnos y brindarnos todo su apoyo a lo largo de nuestra vida.

A la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas perteneciente a la Universidad Nacional de Catamarca por ser nuestra casa de estudio y facilitarnos las herramientas necesarias para ser futuros profesionales.

A nuestra Directora la Ingeniera Claudia Caletti por guiarnos, dedicándonos su sabiduría y entereza en la confección de este trabajo.

A nuestro Co-Director el Ingeniero Javier Saracho por compartir sus conocimientos y experiencia.

A los profesores de la Carrera de Ingeniería de Minas, por transmitirnos sus conocimientos y experiencias.

A la empresa YMAD por darnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo final en sus instalaciones.

A Carlos Almaraz por su predisposición constante, por sus palabras de aliento, y por confiar en nosotros, dándonos la libertad de proponer cambios en la ejecución de los trabajos.

Al Ingeniero Octavio Bertero, por entregarnos información que fue de gran utilidad para nuestro trabajo.

Al Turno "D", por su compañerismo, respeto y ayuda en la realización de las tareas de campo, en especial a Mauricio, Nelson, Diego, Nicolás, Darío, Ángel, Cristian, Héctor, William y Ariel.

A nuestros amigos y compañeros por compartir sus horas de estudio con nosotros.

A todos Gracias...



DEDICATORIA

Primeramente a las personas que son mi mayor ejemplo y orgullo: mis padres Emilia y Luis, gracias por confiar en mí y estar siempre conmigo.

A mis hermanos Lorena y Darío, por su apoyo y preocupación constante.

A mi amor Manuel, quien fue durante todos estos años mi compañero incondicional, el pilar de mi vida, siempre ayudándome en todo y con mucha fe en mí, sin él todo hubiera sido más difícil.

A Elita, Carlos y Carlitos por ser mi segunda familia y ofrecerme todo su afecto.

A mi mejor amiga Cinthia, la persona que me brindó su amistad siempre que lo necesite, ofreciéndome consejos y palabras de aliento.

A mi amigo Pablito por ser un gran compañero de estudio, ayudándome en los últimos pasos de este camino.

A mi tío postizo Pedrito Carreño por los buenos momentos compartidos y su alegría que permanecerá intacta en mi corazón.

Carreño Moya, Paola Roxana



DEDICATORIA

A mi madre Paula, mis hermanos Ariel y Gonzalo por su apoyo, fortaleza y perseverancia acompañándome en todo momento, guiándome en este largo camino para llegar a cumplir con mi objetivo.

A mi padre Luis tú recuerdo vivirá siempre en mi corazón, mi ángel protector y guía en cada instante de mí vida.

Mis abuelos Ángela y Norberto que desde el más allá se sentirán orgullosos.

A mis tíos Cecilia, Isabel, Gabriel y primos por su apoyo incondicional para obtener este título.

A Pedro Carreño persona que dejó un gran aprendizaje en mí.

A mis amigos y compañeros que compartieron conmigo horas de estudio y conocimiento durante todo este tiempo ayudándome a crecer como persona.

Luis H. Correa



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	3
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	3
1.4 GENERALIDADES.....	3
1.4.1 Ubicación geográfica del yacimiento	3
1.4.2 Inicio de actividad e Infraestructura.....	4
1.4.3 Geología regional	4
1.4.4 Geología local	5
1.4.5 Método de Explotación y Concentración de Mineral	7
<i>CAPÍTULO 2</i>	8
<i>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</i>	8
2.1 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LA ROCA	8
2.1.1 Dureza	8
2.1.2 Resistencia mecánica	8
2.1.3 Elasticidad y plasticidad	8
2.1.4 Abrasividad.....	9
2.1.5 Estructura	9
2.2 EXPLOSIVOS	10
2.2.1 CLASIFICACIÓN DE EXPLOSIVOS.....	10
2.2.2.1 Altos explosivos.....	10
2.2.2.2 Agente de Voladura.....	12
2.2.2 ACCESORIOS DE VOLADURA.....	13
2.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS EXPLOSIVOS	17
2.2.3.1 Potencia y Energía	18
2.2.3.2 Velocidad de Detonación.....	18
2.2.3.3 Densidad	18
2.2.3.4 Presión de detonación y presión de explosión.....	19
2.2.3.5 Resistencia al agua	19
2.2.3.6 Sensibilidad	19
2.2.3.7 Transmisión.....	19
2.2.3.8 Resistencia a las bajas temperaturas.....	19
2.2.3.9 Balance de oxígeno.....	20
2.2.3.10 Vida útil	20
2.3 VOLADURA EN MINERÍA SUBTERRÁNEA	21
2.3.1 Generalidades	21
2.3.2 Partes de un diagrama de voladura subterránea	21
2.3.2.1 Cuele o arranque.....	22
2.3.2.2 Ayudas: contracuele y destroza.....	22
2.3.2.3 Contorno: hastiales y corona	22



2.3.2.4 Zapatera.....	22
2.3.3 Evaluación de la voladura en minería subterránea	23
2.4 VOLADURA CONTROLADA	23
2.4.1 Diferencias entre voladura convencional y voladura controlada.....	24
2.4.2 Voladura de Precorte	27
2.4.2.1 Evaluación de resultados del precorte.....	27
2.4.3 Voladura de Recorte	28
CAPÍTULO 3.....	31
ESTUDIO DEL CASO.....	31
3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	32
3.1.1 PRUEBA N° 1	34
3.1.2 PRUEBA N° 2	37
3.1.3 PRUEBA N° 3.....	41
3.1.4 PRUEBA N° 4.....	44
3.1.5 PRUEBA N° 5.....	47
3.1.6 PRUEBA N° 6.....	50
3.1.7 PRUEBA N° 7	52
3.1.8 PRUEBA N° 8.....	55
3.1.9 PRUEBA N° 9.....	58
3.1.10 PRUEBA N° 10	61
CAPÍTULO 4.....	64
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
CAPÍTULO 5.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXO 1: PERFILES LONGITUDINALES DE F.N.....	67
ANEXO 2: PRUEBAS	70
Nomenclatura empleada	71
Prueba N° 1.....	72
Prueba N° 2.....	75
Prueba N° 3.....	79
Prueba N° 4.....	82
Prueba N° 5.....	86
Prueba N° 6.....	90
Prueba N° 7.....	93
Prueba N° 8.....	97
Prueba N° 9.....	101
Prueba N° 10.....	105
ANEXO 3: CATÁLOGOS.....	108



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de dureza de la roca.....	8
Tabla 2: Especificaciones técnicas – Gelamón (FM)	11
Tabla 3: Especificaciones técnicas – Gelatina especial (EXSA)	12
Tabla 4: Especificaciones técnicas – ANFO (Austin Powder - Enaex).....	13
Tabla 5: Especificaciones técnicas – Cordón detonante de gramaje 5 y 40 (Austin Powder).....	14
Tabla 6: Especificaciones técnicas – Fulminante N°8 (FAMESA explosivos)	14
Tabla 7: Especificaciones técnicas – Mecha de seguridad (FAMESA explosivos)	15
Tabla 8: N° de serie – Detonadores no eléctricos (Britanite).....	16
Tabla 9: Evaluación de resultados de precorte	28
Tabla 10: Control de perforación - Prueba N° 1	73
Tabla 11: Control de carga explosiva - Prueba N° 1	74
Tabla 12: Control de perforación - Prueba N° 2	76
Tabla 13: control de carga explosiva - Prueba N° 2	77
Tabla 14: control de perforación - Prueba N° 3	80
Tabla 15: control de carga explosiva - Prueba N° 3	81
Tabla 16: control de perforación - Prueba N° 4	83
Tabla 17: control de carga explosiva - Prueba N° 4	84
Tabla 18: control de perforación - Prueba N° 5	87
Tabla 19: control de carga explosiva - Prueba N° 5	88
Tabla 20: control de perforación - Prueba N° 6	91
Tabla 21: control de carga explosiva - Prueba N° 6	92
Tabla 22: control de perforación - Prueba N° 7	94
Tabla 23: control de carga explosiva - Prueba N° 7	95
Tabla 24: control de perforación - Prueba N° 8	98
Tabla 25: control de carga explosiva - Prueba N° 8	99
Tabla 26: control de perforación - Prueba N° 9	102
Tabla 27: control de carga explosiva - Prueba N° 9	103
Tabla 28: control de perforación - Prueba N° 10	106
Tabla 29: control de carga explosiva - Prueba N° 10	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de Mina Farallón Negro	4
Figura 2: Mapa geológico Regional de YMAD	5
Figura 3: Mapa Geológico local de YMAD	6
Figura 4: Curvas de Esfuerzo-Deformación de diferentes tipos de roca.....	9
Figura 5: Zonas de una voladura a Sección Completa	21
Figura 6: Ubicación del arranque.....	22
Figura 7: Efectos en una voladura convencional vs voladura controlada	26
Figura 8: Suma de los efectos de impacto de todos los taladros sobre la corona	26
Figura 9: Esquemas de cargas explosivas en voladura convencional vs voladura controlada	27
Figura 10: Mecánica de corte lineal en voladura de recorte	29
Figura 11: Principio de fisuramiento lineal en voladura de recorte	29
Figura 12: Voladura de Precorte vs Recorte.....	30
Figura 13: Secuencia de voladura en tope con recorte	31
Figura 14: Secuencia de voladura en frente con recorte a) vista frontal; b) vista de perfil.....	32
Figura 15: Diagrama de perforación en tope de sección 2,5m x 2,3m – Prueba N° 1	35
Figura 16: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 1	35
Figura 17: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 1	36
Figura 18: Diagrama de perforación en tope de sección 3,5m x 3m– Prueba N° 2	37
Figura 19: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 2	38



Figura 20: Falta de carga de columna en el barreno – Prueba N° 2.....	39
Figura 21: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 2.....	40
Figura 22: Diagrama de perforación en tope de sección 2,7m x 2,5m– Prueba N° 3	42
Figura 23: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 3	42
Figura 24: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 3.....	43
Figura 25: a) Vista en planta que muestra la dirección de perforación para evitar material inestable hacia el lado izquierdo del tope; b) vista en perfil que detalla la ubicación de los taladros ayudas de corona por debajo de los taladros vacíos del precorte – Prueba N° 4.....	44
Figura 26: Diagrama de perforación en tope de sección 2,5m x 2,9m – Prueba N° 4	45
Figura 27: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 4	45
Figura 28: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 4.....	46
Figura 29: Diagrama de perforación en tope de sección 2,5m x 2,9m – Prueba N° 5	47
Figura 30: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 5	48
Figura 31: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 5.....	49
Figura 32: Vista en perfil del frente, con la ubicación de los taladros ayudas de corona – prueba N° 6....	50
Figura 33: Diagrama de perforación en frente de sección 2,8 m x 1,5m– Prueba N° 6	50
Figura 34: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 6	51
Figura 35: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 6.....	51
Figura 36: Diagrama de perforación en frente de sección 2,5m x 2m – Prueba N° 7	52
Figura 37: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 7	53
Figura 38: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 7.....	54
Figura 39: Diagrama de perforación en frente de sección 2,8m x 2,7m – Prueba N° 8	55
Figura 40: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 8	56
Figura 41: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 8.....	57
Figura 42: Diagrama de perforación en tope de sección 3m x 2,5m – Prueba N° 9.....	58
Figura 43: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 9	59
Figura 44: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 9.....	60
Figura 45: Diagrama de perforación en frente de sección 2,8m x 2,7m – Prueba N° 10.....	61
Figura 46: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 10	62
Figura 47: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 10.....	63
Figura 48: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 1	72
Figura 49: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 2.....	75
Figura 50: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 3.....	79
Figura 51: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 4.....	82
Figura 52: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 5.....	86
Figura 53: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 6.....	90
Figura 54: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 7	93
Figura 55: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 8	97
Figura 56: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 9	101
Figura 57: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 10	105

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Alto explosivo – Gelamón (FM).....	11
Imagen 2: Alto explosivo – Gelatina especial (EXSA).....	12
Imagen 3: Agente de Voladura – ANFO (Enaex - Austin Powder).....	13
Imagen 4: Accesorio de voladura – Cordón detonante de 40 y 5 gr/m (Austin Powder).....	14
Imagen 5: Accesorio de voladura – Fulminante N° 8 (FAMESA explosivos)	15
Imagen 6: Accesorio de voladura – Mecha de Seguridad (FAMESA explosivos).....	15
Imagen 7: Accesorio de voladura – Detonador no eléctrico con conector J (Britanite).....	16
Imagen 8: Accesorio de voladura – Taco inerte Inervil (FM).....	17
Imagen 9: Accesorio de voladura – Separadores de madera	17
Imagen 10: Fragmentación de la voladura – Prueba N° 1	36



Implementación de Precorte en un Diagrama de Voladura en Minería Subterránea



Imagen 11: Material colgado en el precorte – Prueba N° 2	38
Imagen 12: Medias cañas del precorte – Prueba N° 2.....	39
Imagen 13: Anillos de material producto de introducir demasiado en taco en el taladro – Prueba N° 2....	40
Imagen 14: Tiros soplados hacia el sector izquierdo del tope – Prueba N° 3	43
Imagen 15: Medias cañas en superficie irregular – Prueba N° 3	43
Imagen 16: Material colgado en la corona – Prueba N° 4.....	46
Imagen 17: Nuevo tope de perforación, luego de limpieza y tojeo – Prueba N° 4	46
Imagen 18: Superficie con medias cañas y escaso material para tojeo – Prueba N° 5	48
Imagen 19: Fragmentación producto de la voladura – Prueba N° 5	49
Imagen 20: Medias cañas y presencia de taladro hueco en el techo - Prueba N° 6.....	51
Imagen 21: Armado del cebo con triple cordón detonante – Prueba N° 7	53
Imagen 22: Visualización de medias cañas – Prueba N° 7.....	54
Imagen 23: Superficie precortada en el techo de la labor – Prueba N° 7	54
Imagen 24: Contorno final del techo – Prueba N° 8.....	56
Imagen 25: Superficie de precorte – Prueba N° 9.....	59
Imagen 26: Fragmentación de la voladura en mineral – Prueba N° 9.....	60
Imagen 27: Techo regular con ausencia de medias cañas – Prueba N° 10	62
Imagen 28: tope perforado - Prueba N° 1	74
Imagen 29: material sin desprenderse en el techo - Prueba N° 2.....	77
Imagen 30: Marcación de diagrama de perforación - Prueba N° 2	78
Imagen 31: fragmentación de la voladura - Prueba N° 2	78
Imagen 32: fragmentación de la voladura - Prueba N° 3	81
Imagen 33: tope cargado, con jaboncillo hacia el hastial izquierdo - Prueba N° 4.....	84
Imagen 34: revisión postvoladura - Prueba N° 4.....	85
Imagen 35: tojeo del techo - Prueba N° 4	85
Imagen 36: arranque con dos taladros de expansión - Prueba N° 5.....	88
Imagen 37: resultados de la voladura - Prueba N° 5	89
Imagen 38: control de los tiempos de perforación - Prueba N° 5.....	89
Imagen 39: fragmentación de la voladura - Prueba N° 6	92
Imagen 40: perforación de frente con desquinche - Prueba N° 7	95
Imagen 41: marcación de puntos del precorte - Prueba N° 7	96
Imagen 42: fragmentación de la voladura - Prueba N° 7	96
Imagen 43: perforación de frente - Prueba N° 8	99
Imagen 44: armado del cebo con un cordón detonante de gramaje 40 - Prueba N° 8	100
Imagen 45: fragmentación de la voladura - Prueba N° 8	100
Imagen 46: tope en mineral - Prueba N° 9.....	103
Imagen 47: utilizando cargadora de ANFO en tope - Prueba N° 9	104
Imagen 48: minicargadora utilizada para cargar explosivos en topes y frentes - Prueba N° 9	104
Imagen 49: perforación de frente - Prueba N° 10	107



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la posibilidad de implementar voladuras con técnica de “Precorte”, en diagramas de perforación de sección completa y franjas de explotación, tanto en estéril como en mineral, en la Mina Farallón Negro perteneciente a la empresa YMAD.

Actualmente en todas las labores se realiza la perforación y secuencia de voladura aplicando la metodología convencional de minería subterránea, utilizando en algunos casos el criterio de “Recorte”.

En las voladuras controladas del tipo precorte, se pretende que la estructura de la roca circundante resulte lo menos afectada por las vibraciones que origina la voladura central, otorgándole una mayor estabilidad a las labores.

Para el estudio de esta técnica, se realizaron pruebas en Veta Encuentro, Nivel 2446, rama Noreste y Sudeste; y Veta Laboreo Oeste, Niveles 2419 y 2479; donde se analizaron diferentes parámetros referidos a carga explosiva, espaciamiento, distancia a la cara libre, etc, de los taladros que constituyen el contorno superior de la sección, permitiendo con estos datos realizar una evaluación integral de la técnica de precorte.



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Las actividades de perforación y voladura son las más importantes operaciones mineras en el ciclo total de minado. Los diseños inadecuados de voladuras pueden tener graves consecuencias en el ciclo de producción, especialmente en las operaciones siguientes de carga y transporte.

Toda planificación de perforación y voladura deberá implementarse de acuerdo a las condiciones geomecánicas, económicas y con prácticas operativas seguras, diseñadas para minimizar los impactos nocivos (inestabilidad de paredes), así como para garantizar un ambiente de trabajo seguro, tanto para los trabajadores, como para los equipos de producción.

Es por ello que se analiza la posibilidad de implementar la técnica de Precorte en el diseño de perforación y voladura, con el propósito de reducir la sobre-excavación, logrando mejores condiciones de seguridad y reduciendo así los trabajos de fortificación.

La técnica de Precorte es la más generalizada entre las diversas técnicas que constituyen las denominadas voladuras controladas o de contorno. Como su propio nombre lo indica, se trata de provocar una superficie de discontinuidad en el terreno, de acuerdo a un perfil predefinido, previamente a la voladura del mismo.

Con el Precorte se pretende reducir en gran medida el nivel de fracturación de la roca circundante así como aumentar la estabilidad mecánica de la misma.

Los resultados esperados con esta técnica son:

- a) Frentes mecánicamente más estables. Como consecuencia directa de esta estabilidad:
 - Menos necesidad de refuerzos como ser pernos, mallas, cerchas¹, etc.
 - Reducción del tiempo de saneo².
 - Incremento de la seguridad en la explotación por la disminución del riesgo de caída de bloques sueltos, desprendimientos, etc.
- b) Menor agrietamiento y fracturación del macizo rocoso.
- c) Menor sobre-excavación del techo y/o hastiales.
- d) Disminución en la cantidad de material a mover.
- e) Disminución de los costos finales en la explotación.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incorporación de la técnica de Precorte en un diagrama de voladura de sección completa y franja de explotación en Veta Alto de la Blenda, rama Laboreo Oeste y Veta Encuentro sector Noreste y Sudeste, de la Mina Farallón Negro perteneciente a la empresa Yacimientos Mineros Agua de Dionisio (YMAD), con el fin

¹ **Cercha:** son estructuras fabricadas con perfiles de acero para soporte rígido, cuya función es otorgar inmediata seguridad, ajustándose lo más posible a la línea de excavación en el frente de avance de la galería.

² **Saneos:** conjunto de operaciones de limpieza de frente, techo y hastiales de una galería luego de una voladura.



de mejorar la estabilidad del macizo rocoso en las labores de explotación, desarrolladas en veta y estéril.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones post-voladura en la superficie de la labor (techo y/o hastiales) a través de las observaciones del contorno, sea este regular, rugoso, agrietado, con medias cañas, etc. para poder determinar el grado de daño del mismo.
- Realizar un avance con técnica de precorte en una sola voladura.
- Determinar la carga explosiva y su distribución en los barrenos de precorte.
- Variar la secuencia de salida en la voladura.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente estudio se desarrolla en Veta Alto de la Blenda, rama Laboreo Oeste y Veta Encuentro sector Noreste y Sudeste, de la Mina Farallón Negro.

El procedimiento de voladura utilizado por el Departamento Mina de la Empresa YMAD es la convencional, es decir, iniciar la detonación desde la parte central (arranque) hacia el contorno de la sección.

Con el fin de evaluar la incorporación de la técnica de Precorte en un diagrama de voladura de sección completa y franja de explotación, se analizó variar el espaciamiento en el contorno de la sección (corona y parte de los hastiales), adaptando estos taladros a los diagramas de perforación que usan actualmente en la mina.

Por lo tanto, el presente estudio se limita a implementar voladuras de precorte, con el fin de mejorar la estabilidad del macizo rocoso en las labores de explotación, desarrolladas en veta y estéril, haciendo uso de los explosivos que posee en stock la mina.

La Empresa no cuenta con estudios geológicos-estructurales de detalle. Por lo cual, queda fuera del alcance de este trabajo la aplicabilidad de los resultados obtenidos en otras áreas de la Empresa.

1.4 GENERALIDADES

1.4.1 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 Hualfín, 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; Hualfín, a 35 km; Belén a 100 km; Santa María, a 120 km. y Andalgalá a 180 km.



Figura 1: Ubicación geográfica de Mina Farallón Negro

1.4.2 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 bullión³.

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.

1.4.3 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

³ **Bullión:** aleación metálica que contiene aproximadamente 10% de oro y 85% de plata.

estratovolcán⁴ 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 porfíroides que pertenecen al basamento cristalino de las sierras pampeanas de edad precámbrica.

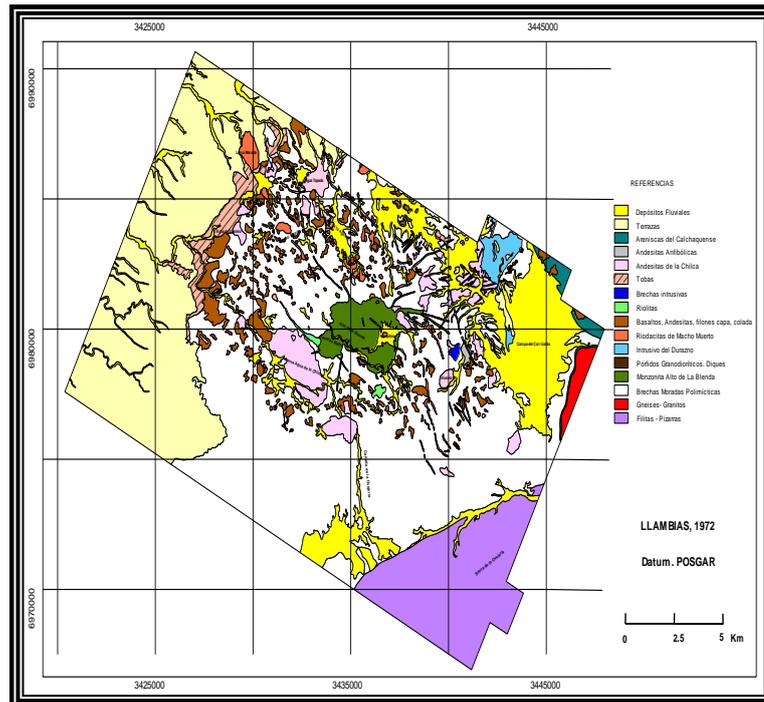


Figura 2: Mapa geológico Regional de YMAD

1.4.4 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.

⁴ **Estratovolcán:** es un volcán cónico de gran altura, compuesto por múltiples capas de lava endurecidas, piroclastos alternantes y cenizas volcánicas.

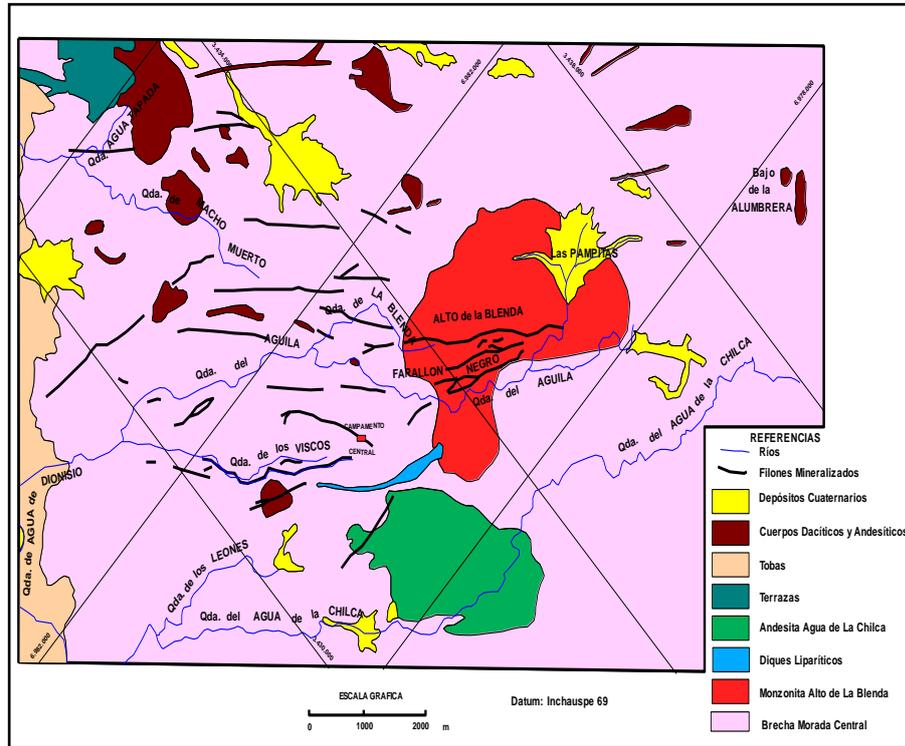


Figura 3: Mapa Geológico local de YMAD

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 escarapela 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 electrón 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.

1.4.5 Método de Explotación y Concentración de Mineral

El método de explotación utilizado es el de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado, el cual consiste en arrancar el mineral en franjas horizontales, comenzando por la parte inferior del rajo y avanzando en forma ascendente, mediante perforación horizontal con jumbos⁵ y posterior voladura.

El mineral volado es cargado y extraído en su totalidad a través del uso de palas cargadoras frontales de bajo perfil (LHD⁶), transportando el mineral a bolsillos o buzones de carga, en donde camiones volquetes con capacidades de 10 a 20 toneladas lo extraen a superficie.

Cuando se ha explotado la franja 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, esto sirve para el sostenimiento de los hastiales, como así también, de plataforma de trabajo para explotar la siguiente franja.

El mineral minado es clasificado en Alta (3–5 gr/tn) y Baja (2–3 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-Crowe⁷, 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 (350-400 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.

⁵ **Jumbo**: equipos mecanizados de perforación utilizados en explotación subterránea.

⁶ **LHD**: Load=Carga, Haul=Transporte, Dum=Descarga.

⁷ **Merrill-Crowe**: técnica de separación para extracción de metales a partir de una solución cianurada.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LA ROCA⁸

Las características geomecánicas, 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:

2.1.1 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, del grado de humedad, etc.

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

Tabla 1: Clasificación de dureza de la roca

2.1.2 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.

2.1.3 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.

⁸ *Manual de perforación y voladuras de rocas, C. López Jimeno, (1.994).*

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.

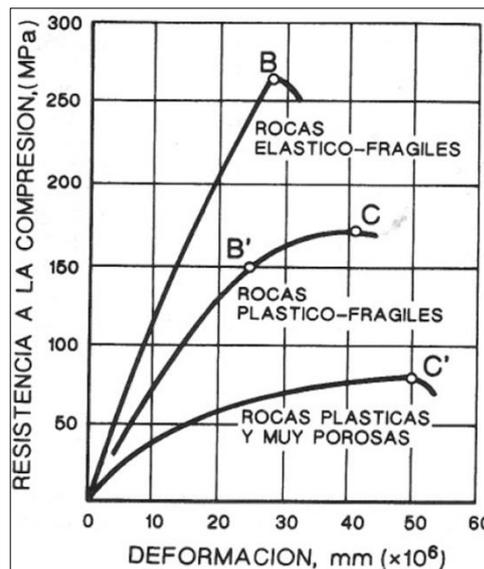


Figura 4: Curvas de Esfuerzo-Deformación de diferentes tipos de roca

2.1.4 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 éstos tengan igual dureza, son más abrasivos, pues van dejando superficies ásperas con presencia de granos duros, por ejemplo, los granos de cuarzo en un granito.

2.1.5 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.

2.2 EXPLOSIVOS⁹

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.

2.2.1 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).

2.2.2.1 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:

- **Gelamón** (de Fabricaciones Militares - FM): en sus distintas variantes de valor fuerza, se encuentra dentro de la familia de los explosivos de tipo gelatinoso de muy alto poder rompedor y muy buena resistencia al agua. Son explosivos formados por una masa semi-plástica constituida por una gelatina de nitroglicerina-nitrocelulosa con incorporación de sales amónicas y aditivos varios destinados a adaptar su uso a distintas alternativas. Son seguros y el uso de guantes facilita su manipuleo.

⁹ *Manual práctico de voladura, EXSA, (2.014).*

Características de uso: dada su alta velocidad de detonación genera muy buena fragmentación, especialmente en rocas duras.

Seguridad: el gelamón es sensible al detonador N°8 y al cordón detonante de 5 gr/m. Por sus características de formulación es apto para trabajos a bajas temperaturas sin generar problemas de seguridad.

Resistencia: su elevada resistencia a la acción del agua se ve fundamentada en la gran estabilidad de su gelatina, lo que le confiere la posibilidad de permanencia en barrenos inundados por un extenso período de tiempo. Su composición permite trabajar en temperaturas desde -15°C hasta 50°C.

Presentación: se presenta encartuchado en envoltura de papel parafinado, acondicionados en una bolsa de polietileno de 80 micrones de espesor, todo en cajas de cartón corrugado conteniendo 25 kg.

Vida útil: es de 12 meses a partir de la fecha de fabricación en adecuadas condiciones de almacenamiento y conservación.

En Farallón Negro se utilizan gelamones de 22 y 32 mm de diámetro con un VF de 65%.

PRODUCTO	DENSIDAD (g/cc)	VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/seg)	PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)	CALOR DESARROLLADO (tn/kg)	VOLUMEN DE GASES (l/kg)	TRANSMISIÓN	POTENCIA RELATIVA AL ANFO	
							PESO	VOLUMEN
VF 65 %	1,5	6.000	139,5	919	682	100 mm	0,99	2,03

Tabla 2: Especificaciones técnicas – Gelamón (FM)



Imagen 1: Alto explosivo – Gelamón (FM)

- **Gelatina Especial** (de EXSA S.A.): dinamita elaborada para reducir los costos en procesos de limpieza, transporte y chancado de material en voladuras de roca dura a muy dura. Su alta velocidad de detonación proporciona una excelente fragmentación de la roca, evitando así voladuras secundarias o reiterados procesos de trituración.

Recomendable en taladros con presencia de agua.

Se inician con detonador N°8 como mínimo.

Puede usarse como cebo para iniciación de agentes de voladura tipo ANFO.

Presentación: cartuchos de papel kraft parafinado, dispuestos en bolsas plásticas y embalados en cajas de cartón corrugado.

Vida útil: conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, el producto está garantizado por 60 meses, después de su fecha de fabricación.

En la mina utilizan gelatina especial de 32 mm de diámetro.

PRODUCTO	DENSIDAD (g/cc)	VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/seg)	PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)	ENERGÍA (KJ/kg)	RESISTENCIA AL AGUA
Gelatina Especial 75	1,38	5.500	157	3.520	Excelente

Tabla 3: Especificaciones técnicas – Gelatina especial (EXSA)



Imagen 2: Alto explosivo – Gelatina especial (EXSA)

2.2.1.2 Agente de Voladura

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

El agente explosivo utilizado en la mina es:

- **ANFO** (de Austin Powder y Enaex): las Nagolitas son una serie de agentes de voladura a base de nitrato de amonio y gasoil.

Es especialmente recomendable para uso en pequeño diámetro en minería subterránea, 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.

PRODUCTO	EMPRESA	DENSIDAD (g/cc)	VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/seg)	VOLUMEN DE GASES (l/kg)	CALOR DESARROLLADO (Kcal/kg)
Nagolita común	AUSTIN POWDER	0,78	3.400	1.054	923
Premiun - A	ENAEEX	0,75 ± 3%	3.600 - 4.100	1.050	912

Tabla 4: Especificaciones técnicas – ANFO (Austin Powder - Enaex)



Imagen 3: Agente de Voladura – ANFO (Enaex - Austin Powder)

2.2.2 ACCESORIOS 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** (de Austin Powder): 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.

PRODUCTO	NÚCLEO DE PENTRITA (g/m)	FUERZA DE TENSION MÍNIMA (kg)	VELOCIDAD DE DETONACIÓN MÍNIMA (m/seg)	DIÁMETRO EXTERIOR (PROMEDIO EN mm)	MATERIAL RECUBRIMIENTO	COLOR RECUBRIMIENTO
5	5	70	6.500	4,1	PVC	ROJO
40	40	70	6.500	8,0	PVC	NARANJA

Tabla 5: Especificaciones técnicas – Cordón detonante de gramaje 5 y 40 (Austin Powder)



Imagen 4: Accesorio de voladura – Cordón detonante de 40 y 5 gr/m (Austin Powder)

- **Fulminante común N°8** (de FAMESA explosivos): 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.

PRODUCTO	LONGITUD DEL FULMINANTE (mm)	DIÁMETRO DEL FULMINANTE (mm)	RESISTENCIA AL IMPACTO 2 kg/1m	SENSIBILIDAD A LA CHISPA DE LA MECHA
Fulminante común N°8	45	6,3	No detona	Buena

Tabla 6: Especificaciones técnicas – Fulminante N°8 (FAMESA explosivos)



Imagen 5: Accesorio de voladura – Fulminante N° 8 (FAMESA explosivos)

- Mecha de Seguridad** (de FAMESA explosivos): 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.

PRODUCTO	NÚCLEO DE PÓLVORA (g/m)	TIEMPO DE COMBUSTIÓN (seg/m)	LONGITU DE LA CHISPA (mm)	DIÁMETRO EXTERNO (mm)	IMPERMEABILIDAD	COLOR DE RECUBRIMIENTO PLÁSTICO
Mecha de Seguridad	6	150 A 165	50	5,2	Muy buena	Blanco

Tabla 7: Especificaciones técnicas – Mecha de seguridad (FAMESA explosivos)



Imagen 6: Accesorio de voladura – Mecha de Seguridad (FAMESA explosivos)

- **Detonadores No Eléctricos** (de Britanite): 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"¹⁰, 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.

Nº 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

Tabla 8: N° de serie – Detonadores no eléctricos (Britanite)



Imagen 7: Accesorio de voladura – Detonador no eléctrico con conector J (Britanite)

¹⁰ **Conector J:** sirve para identificar el número de retardo y sujetar en forma transversal el tubo de choque al cordón detonante que lo iniciará.

- **Taco Inerte** (de Fabricaciones Militares - FM): 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 50 cm.

Presentación: el producto se entrega envasado en film de polietileno de 60µm, en cajas de cartón corrugado con una capacidad de entre 20 y 25 kg dependiendo del diámetro.



Imagen 8: Accesorio de voladura – Taco inerte Inervil (FM)

- **Separador de Cargas:** en la industria minera existen diferentes accesorios que permiten espaciar la carga a lo largo de los barrenos en las voladuras de contorno, en el caso de la Mina Farallón Negro no poseen este tipo de elementos, por lo que se buscaron diferentes alternativas y una de ellas fue cortar separadores de madera con longitudes variables según diseño de carga.



Imagen 9: Accesorio de voladura – Separadores de madera

2.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS EXPLOSIVOS¹¹

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:

¹¹ *Curso inicial de explosivos, FM, (2.007).*

2.2.3.1 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.

2.2.3.2 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

2.2.3.3 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.

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• A mayor densidad:<ul style="list-style-type: none">- > poder rompedor- > energía de iniciación | <ul style="list-style-type: none">• A menor densidad:<ul style="list-style-type: none">- Disminución de la energía para reaccionar- 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.

2.2.3.4 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.

2.2.3.5 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.

2.2.3.6 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.

2.2.3.7 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.

2.2.3.8 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.

2.2.3.9 Balance de oxígeno

El balance de oxígeno en una sustancia explosiva es un factor importante en la formación de gases tóxicos como así también en la energía liberada por un explosivo. Este se expresa como porcentaje de exceso (+) o deficiencia (-) de oxígeno en la mezcla.

El margen de seguridad de +2 a +5 como límite, buscando un promedio de +2 a +3 como ideal. Si es mayor a +5 el nitrógeno se oxidará formando NO y NO₂ tóxicos, si es menor a +2 se formará CO, igualmente tóxico. Con un balance igual a cero se obtendrá la máxima energía, pues todos los ingredientes reaccionarán completamente.

El tener un explosivo balanceado en oxígeno nos asegura:

- Una combustión completa, que se traduce en la utilización máxima de la potencia explosiva.
- Baja o nula producción de gases tóxicos, que produce un importante mejoramiento de la calidad del trabajo del operario frente a las emanaciones.
- Protección del medio ambiente.

El criterio del balance de oxígeno fue establecido por Lathropy Handrick para sustancias orgánicas de fórmula estequiometría C_xH_yO_z, según la ecuación siguiente, que representa el porcentaje de oxígeno que es necesario añadir para reaccionar con la masa de la sustancia, para que ésta pueda oxidarse completamente.

$$BO (\%) = \left(Z - 2X - \frac{Y}{2} \right) * \frac{16}{M} * 100$$

Donde:

Z = número de átomos de Oxígeno

Y = número de átomos de Hidrogeno

X = número de átomos de Carbono

M = peso molecular de la sustancia

2.2.3.10 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.

2.3 VOLADURA EN MINERÍA SUBTERRÁNEA¹²

2.3.1 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.

Debido a su longitud en relación con la relativamente pequeña sección transversal de la galería, 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”.

Como las dimensiones del burden¹³ y espaciamiento son cortas, especialmente en el área del arranque, los explosivos deberán ser lo suficientemente insensibles para evitar la transmisión de la detonación por simpatía, pero sí tener una velocidad de detonación lo suficientemente elevada, superior a 3.000 m/s para evitar el efecto canal¹⁴ en los explosivos encartuchados dentro de taladros de mayor diámetro.

2.3.2 Partes de un diagrama de voladura subterránea

Las zonas de un diagrama de perforación a sección completa son: cuele o arranque, ayudas (contracuele y destroza), contorno y zapatera.



Figura 5: Zonas de una voladura a Sección Completa

¹² *Manual práctico de voladura, EXSA, (2.014).*

¹³ **Burden:** se define como la distancia más corta a la cara libre.

¹⁴ **Efecto Canal:** fenómeno que consiste en que los gases sobrecalentados de una explosión se expandan rápidamente por el espacio anular vacío entre la columna de explosivo y la pared del taladro, comprimiendo el aire y éste, a su vez, al explosivo, por delante del “frente de detonación”, creando un súbito incremento de su densidad que ocasiona su desensibilización. Esto paraliza el avance del proceso de detonación originando un “tiro quedado”.

2.3.2.1 Cuele o arranque

El principio de una voladura en galería reside, en la apertura de un vacío inicial, denominado cuele o arranque, destinado a crear una cara libre de gran superficie para facilitar la subsiguiente rotura del resto de la sección, de modo que los taladros puedan tener una salida destrozando la roca en dirección al vacío generado.

Según las dimensiones de la galería y el diámetro de los taladros, la superficie de arranque puede ser de 1 a 2 m², normalmente adecuada para facilitar la salida de los taladros hacia ella, pero con taladros de diámetros mayores el área necesaria puede llegar a 4 m².

La ubicación influye en la facilidad de proyección del material roto, en el consumo de explosivo y el número de taladros necesarios para el disparo.

Por lo general, si se localiza cerca de uno de los hastiales (a) se requiere menos taladros en el frente; cerca del techo (b) proporciona un buen desplazamiento y centrado de la pila de escombros, pero con mayor consumo de explosivo; al piso (c) es conveniente sólo cuando el material puede caer fácilmente por desplome. En general, la mejor ubicación es al centro de la sección ligeramente por debajo del punto medio (d).

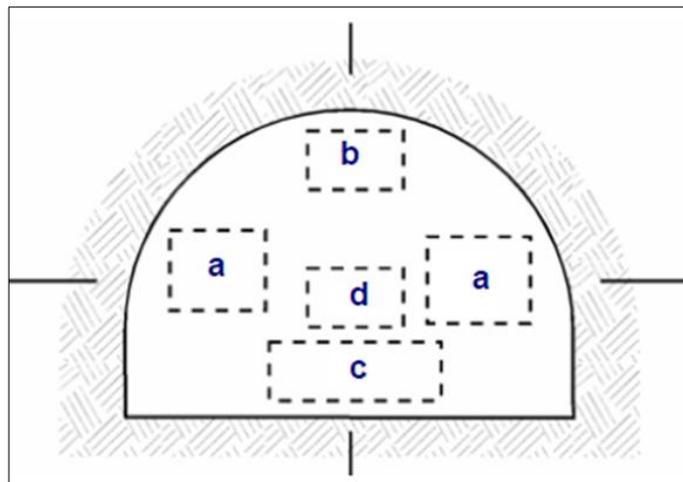


Figura 6: Ubicación del arranque

2.3.2.2 Ayudas: contracuele y destroza

Son los taladros que rodean a los taladros de arranque y forman las salidas hacia la cavidad inicial. De acuerdo a las dimensiones de la sección varían su número y distribución comprendiendo a las primeras ayudas (contracuele), segunda y terceras ayudas (taladros de destroza) que salen en segundo lugar.

2.3.2.3 Contorno: hastiales y corona

Los hastiales son los taladros laterales ubicados a los costados de un diagrama de perforación. Mientras, que los barrenos que forman el techo o bóveda se denominan corona.

2.3.2.4 Zapatera

Son los que están ubicados en el piso de la sección, por lo general se disparan al final en la secuencia de salida.

2.3.3 Evaluación de la voladura en minería subterránea

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 fracturado.

2) El avance debe aproximarse a la longitud de los taladros.

3) La periferia en la labor deberá ser igual a la proyectada; si resulta menor, requerirá ensanche adicional (desquinche¹⁵). Por otro lado, si sobrepasa el límite especificado resultarán problemas de costo, y en ciertos casos problemas de estabilidad y gastos de sostenimiento (sobre-excavación).

4) En galerías es indispensable mantener el nivel del piso para el drenaje de agua, si se presentan irregularidades como lomos (*toes*), originados por falta de carga o poca inclinación de los taladros del piso, éstos lomos dificultan el trabajo de las palas cargadoras requiriendo trabajo adicional.

5) La fragmentación depende del trabajo en que se va a emplear, pero por lo general una fragmentación demasiado gruesa o demasiado fina generará inconvenientes en las etapas subsiguientes.

6) La sobrerotura (*Over break*) 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 las condiciones geológicas de incompetencia, debilidad estructural y el 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.

7) El desplazamiento y acumulación del material volado, debe ser adecuado para facilitar las operaciones de carga y transporte. La forma de acumulación se proyecta de acuerdo al tipo de equipo de limpieza, tratando de evitar demasiada proyección en la galería.

8) La falta de desplazamiento: Cuando un disparo rompe material pero no se mueve de su sitio, se dice que el tiro se ha “congelado”. Esto se traduce en mala fragmentación en la parte inferior e interior de la pega¹⁶, en dificultad para la remoción del material fragmentado y en riesgo de encontrar material explosivo no detonado. Esto ocurre generalmente cuando falla el arranque.

2.4 VOLADURA CONTROLADA¹⁷

El objetivo de la voladura controlada es evitar el rompimiento de la roca fuera de límites previamente establecidos, es decir evitar la sobrerotura. Es un método especial que permite obtener superficies de cortes lisas y bien definidas, al mismo tiempo que evita el agrietamiento excesivo de la roca remanente, con lo que contribuye a mejorar su estabilidad, aspecto muy importante en trabajos subterráneos de orden permanente, para prevención de desplome de techos y otros riesgos.

¹⁵ **Desquinche:** ensanche de una galería, cualquiera sea su dirección, mediante la perforación y voladura controlada de tiros

¹⁶ **Pega:** Llámese así a la acción de realizar una voladura.

¹⁷ *Manual práctico de voladura, EXSA, (2.014).*

Consiste en el empleo de cargas explosivas lineales de baja energía colocadas en taladros muy cercanos entre sí, que se disparan en forma simultánea para crear y controlar la formación de una grieta o plano de rotura.

En términos generales, si el disparo para este corte es anterior a la detonación de los taladros centrales, se denomina “Precorte”, y si es posterior se lo conoce como Recorte.

2.4.1 Diferencias entre voladura convencional y voladura controlada

En la práctica el método de voladura controlada requiere de ciertas condiciones que la diferencian del método convencional, como se muestra a continuación:

- **Voladura convencional**

Los taladros de voladura normal destrozan la roca por interacción entre sí, con predominio de fracturamiento radial; para lograr este efecto es necesario mantener ciertas condiciones, como:

- 1) Relación de espaciamiento a burden:

$$E = (1,3 \text{ a } 1,5) \times B$$

- 2) Relación de acoplamiento (diámetro de taladro a diámetro de cartucho), máxima de 1,2 a 1, buscando un adecuado confinamiento y atacado del explosivo.

- 3) Distribución de la carga explosiva, ocupando en promedio los 2/3 de la longitud del taladro (66%) procurando la mayor concentración de carga al fondo del mismo.

- 4) Uso de taco inerte para retener la explosión en el taladro el mayor tiempo posible, y para mejorar el grado de confinamiento.

- 5) Empleo de explosivo con el mayor poder rompedor y empuje, según características de la roca.

- 6) Disparo de todos los taladros de la voladura siguiendo un orden de salida, espaciados en tiempo de acuerdo a un esquema de secuencias (arranques, ayudas, hastiales, corona, etc.).

- **Voladura controlada**

A diferencia de los taladros de voladura normal, los taladros periféricos en una voladura controlada deben espaciarse de tal modo, que las fracturas creadas se dirijan a los puntos de menor resistencia, es decir, de taladro a taladro, alineándose para formar un plano de corte, con lo que se disminuye o elimina la formación de fracturas radiales.

Entre sus condiciones fundamentales tenemos:

- 1) Relación de espaciamiento a burden inversa a la normal; es decir menor espaciamiento que burden, usualmente: $E = 0,5 \text{ a } 0,8 B$. En la práctica varían entre 0,25 y 0,6 m.

- 2) Explosivo de menor diámetro que el del taladro para que la relación de desacoplamiento sea mayor que la convencional de 2,1 a 1.

- 3) El diámetro de los taladros de contorno normalmente es igual a los del resto del diagrama.

- 4) Carga explosiva lineal distribuida a lo largo del taladro preferentemente con cartuchos acoplables o en ciertos casos carga amortiguada con espaciadores.

5) Para amortiguar la onda y facilitar la formación del plano de corte, se puede intercalar taladros vacíos de guía entre los cargados.

6) Taco inerte para contener los gases y evitar que la columna desacoplada sea soplada, es decir, para mantener el explosivo dentro del taladro, no para confinarlo.

7) Empleo de explosivo de baja potencia y velocidad.

8) El disparo de todos los taladros del contorno debe ser simultáneo, o máximo en dos o tres etapas de retardo muy cercanas, de lo contrario el plano de corte puede no formarse completamente.

9) Mantener el alineamiento y paralelismo de los taladros, de acuerdo al diseño del corte a realizar, un mal emboquillado o desviaciones resultarán en sobrerotura o salientes de roca, así, desviaciones mayores de 10 a 15 cm al fondo pueden deformar el corte o dar lugar a tiros quedados.

10) Los explosivos disponibles para carga controlada son:

- Tubos plásticos rígidos con carga interior explosiva de baja velocidad y presión, acoplables para formar columnas de longitud requerida, con plumas centradoras para desacoplar la carga.

- Cartuchos convencionales espaciados entre sí, iniciados axialmente con cordón detonante.

- Sistema de carga con cámara de aire (*air deck*), esta consiste en incorporar una columna de aire dentro de un tiro cargado. Normalmente esta columna de aire separa la carga de fondo del taco inerte.

Si antes del cebo existe una cámara de aire, los gases generados en la detonación ocuparán completamente la cámara y la presión de éste descenderá hasta alcanzar el equilibrio. Si existe una condición de buen confinamiento de taco, en ese momento los gases comenzarán a actuar en la pared del taladro produciendo la generación y apertura de nuevas grietas y los demás efectos propios de la detonación de una carga confinada de explosivos.

- Cordón detonante de alto gramaje (60, 80, 120 gr/m) este elemento reduce la densidad de carga lineal.

➤ Ventajas de la voladura controlada

a. Produce superficies de rocas lisas y estables.

b. Contribuye a reducir las vibraciones, producto de la detonación de los taladros centrales del diagrama.

a. Reduce la sobre-excavación y el agrietamiento en la roca. Es importante tener en cuenta que en la voladura convencional, normalmente todos los taladros del núcleo suman sus efectos de impacto a los de la corona o periferia afectando la roca circundante a profundidades de hasta 1,50 y 2 m debilitando así la estructura en general, mientras que implementando una voladura controlada sólo se afecta entre 0,20 y 0,50 m, mejorando el autosostenimiento de la labor.

➤ Desventajas de la voladura controlada

a. Mayor costo que la voladura convencional por requerir más perforación y empleo de explosivos especiales o acondicionados a propósito.

b. Incremento en el trabajo de perforación, que puede afectar la producción diaria, debido a que se realizan menos voladuras por turno.

c. En algunos tipos de terreno no llega a dar los resultados esperados, como por ejemplo en material detrítico incompetente o deleznable. Mejores resultados por lo general se obtienen en rocas homogéneas y competentes.

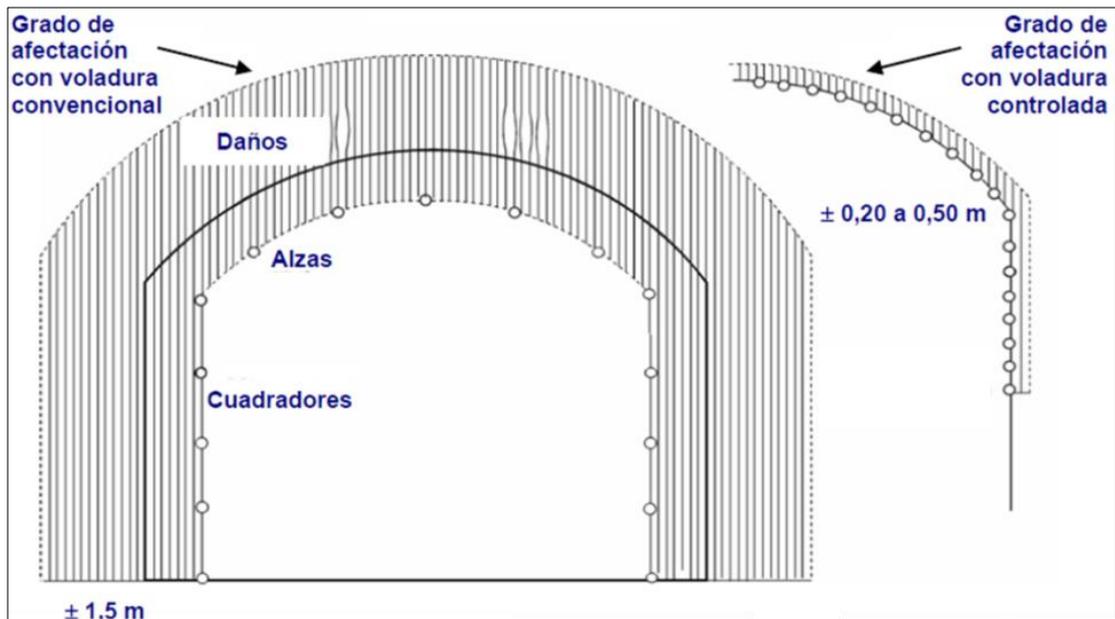


Figura 7: Efectos en una voladura convencional vs voladura controlada

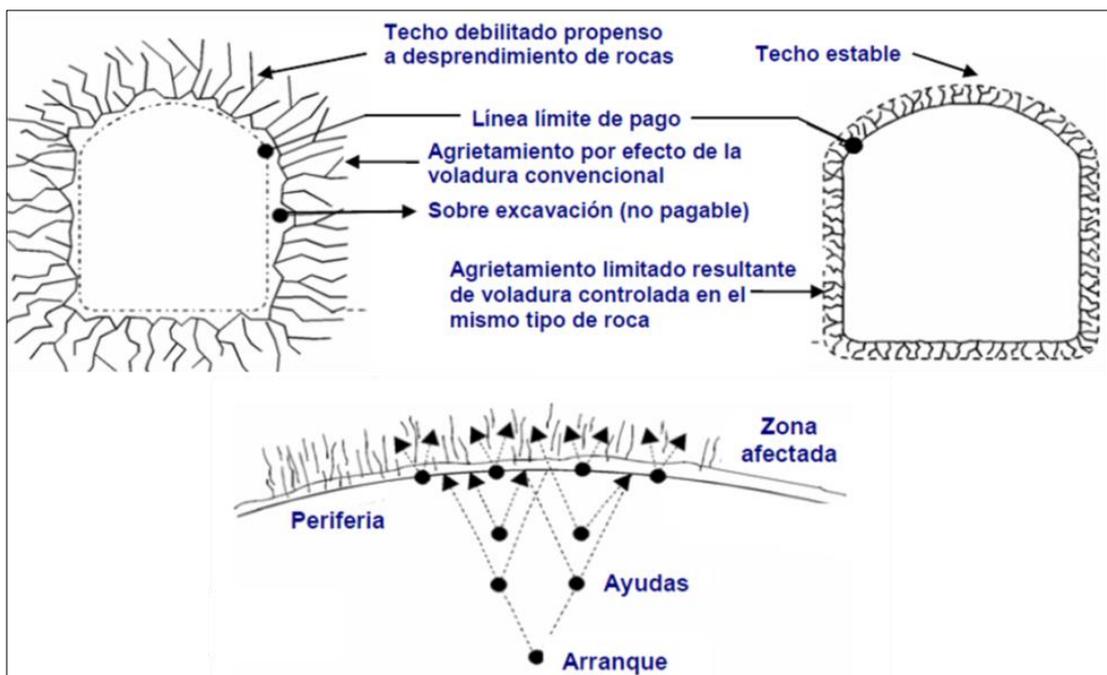


Figura 8: Suma de los efectos de impacto de todos los taladros sobre la corona

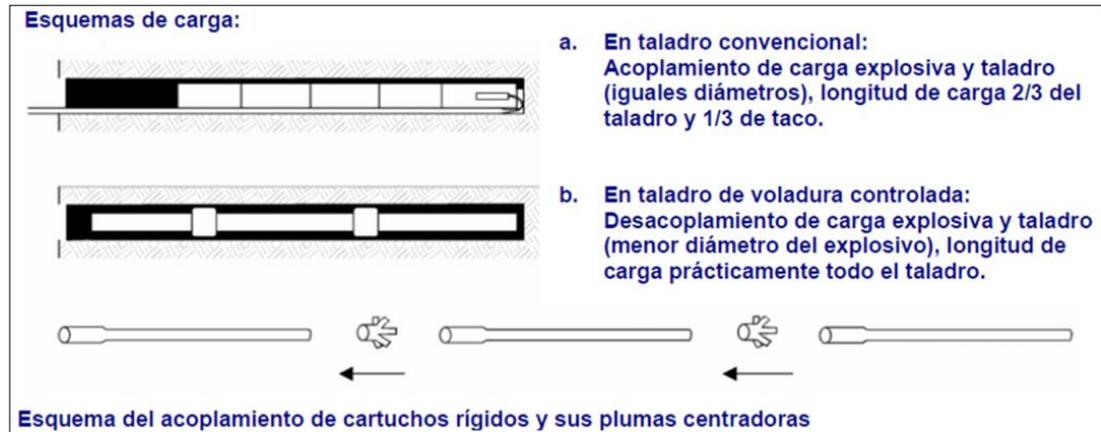


Figura 9: Esquemas de cargas explosivas en voladura convencional vs voladura controlada

2.4.2 Voladura de Precorte

Consiste en crear en el macizo rocoso una discontinuidad o plano de fractura (grieta continua) antes de disparar la voladura central, mediante una fila de taladros cercanos con cargas explosivas desacopladas disparados simultáneamente.

El disparo de los taladros de precorte también puede hacerse junto con los del arranque, o adelantándolos una fracción de tiempo, es decir, en dos etapas.

Normalmente es necesario efectuar algunos disparos de prueba para conocer el comportamiento de la roca y ajustar parámetros.

En algunos casos se aplica una carga concentrada de 2 a 3 veces al fondo del taladro, en otros toda la columna es desacoplada, es decir de baja energía y de menor diámetro que el del taladro.

Existen diferentes criterios respecto a las necesidades de taquear o no los taladros, y sobre la longitud del taco teniendo en cuenta la necesidad de mantener retenidos los gases de explosión.

2.4.2.1 Evaluación de resultados del precorte

Esta evaluación un tanto empírica puede hacerse de forma cuantitativa y cualitativa.

La evaluación cuantitativa se basa en el cálculo del factor de cañas visibles, que es el cociente entre la longitud de las medias cañas visibles después de la voladura y la longitud total que fue perforada.

El análisis de la superficie creada, que permite la observación de daños, se muestra en la siguiente tabla:

RESULTADO DE LA VOLADURA			
PERFIL DE EXCAVACION	FALLA	MOTIVO	SOLUCION
	Ninguna	Ninguno	Ninguna
	Sobreexcavación general	Sobrecarga Fila anterior de taladros sobrecargados	Disminuir carga Aumentar el espaciamiento Distanciar fila anterior Aumentar tiempo de retardo entre filas de voladura primaria
	Sobreexcavación alrededor de los taladros	La presión de taladro es superior a la resistencia dinámica a compresión de la roca	Disminuir la densidad linear de carga y aumentar el desacoplamiento
	Sobreexcavación entre los taladros	Espaciamiento entre taladros demasiado pequeño	Aumentar el espaciado entre taladros
	Roca sobresaliente entre los taladros	Espaciamiento excesivo entre los taladros	Reducir el espaciado entre taladros y aumentar ligeramente la carga

Tabla 9: Evaluación de resultados de precorte

2.4.3 Voladura de Recorte

Consiste en la voladura de una fila de taladros cercanos, con cargas desacopladas, pero después de la voladura central. Como esta técnica implica el arranque de roca hacia una cara libre, el espaciamiento normalmente es mayor que en el de precorte.

El disparo es en dos etapas, primero los taladros centrales y después los de recorte.

Las condiciones de confinamiento de ambas técnicas son diferentes, en el precorte mientras no sale la voladura central el burden es infinito, en tanto que en el recorte el burden tiene una distancia definida y razonable, después de haber salido la voladura central, de modo que puede ser estimado en el diseño de la voladura.

En las voladuras de recorte la carga explosiva llena completamente el taladro, que al detonar crea una zona adyacente en la que la resistencia dinámica a compresión de la roca es ampliamente superada, triturándola y pulverizándola. Fuera

de esa zona de transición, los esfuerzos de tracción asociados a la onda de compresión generan grietas radiales alrededor de todo el taladro, lo que se denomina fisuramiento radial. Cuando son dos las cargas que se disparan simultáneamente, esas grietas radiales tienden a propagarse por igual en todas direcciones, hasta que por colisión de las dos ondas de choque en el punto medio entre taladros, se producen esfuerzos de tracción complementarios perpendiculares al plano axial.

Las tracciones generadas en ese plano superan la resistencia dinámica a tracción de la roca, creando un nuevo agrietamiento y favoreciendo la propagación de las grietas radiales en la dirección del corte proyectado, lográndose esto en especial cuando dos taladros son cercanos. Posteriormente estas grietas se amplían y extienden bajo la acción de cuña de los gases de explosión que se infiltran en ellas. La propagación preferencial en el plano axial junto con el efecto de apertura por la presión de gases permite obtener un plano de fractura definido.

La presión de gases es clave en la voladura controlada, por lo que se debe tratar de mantenerla hasta que complete la unión de las grietas que parten de los taladros adyacentes. Esto se conseguirá adecuando la longitud de retacado para evitar el escape prematuro de los gases a la atmósfera.

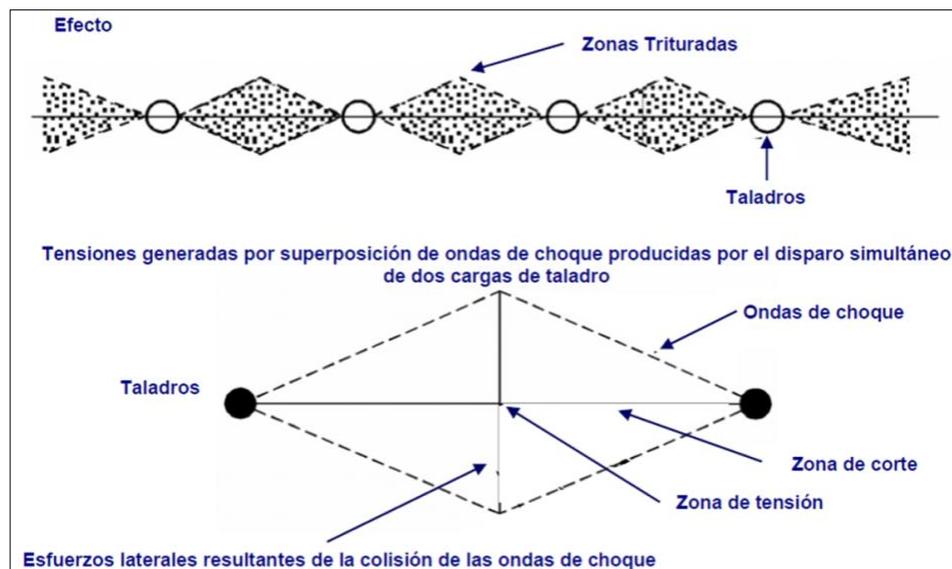


Figura 10: Mecánica de corte lineal en voladura de recorte



Figura 11: Principio de fisuramiento lineal en voladura de recorte

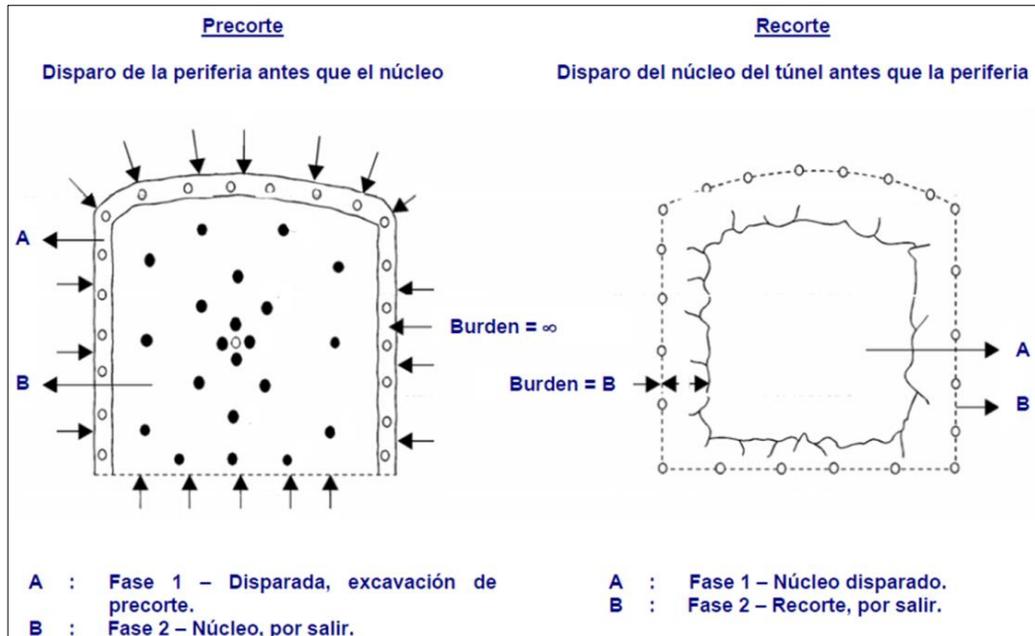


Figura 12: Voladura de Precorte vs Recorte

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DEL CASO

Actualmente en Mina Farallón Negro la explotación se desarrolla a través de dos Vetas principales: *Encuentro* y *Alto de la Blenda*. Esta última hacia el Sur se ramifica formando Veta Esperanza Sudeste, Veta Esperanza y Veta Laboreo Oeste. Este estudio se desarrolló en Veta Encuentro, Nivel 2446, rama Noreste y Sudeste; y Veta Laboreo Oeste, Niveles 2419 y 2479.

Las voladuras en topes¹⁸ y frentes¹⁹ de explotación son ejecutadas mediante voladura convencional y, en sectores geomecánicamente inestables, voladuras controladas del tipo *Recorte*, que consiste en variar la carga explosiva en el contorno del diagrama de perforación, para minimizar el deterioro en techo y hastiales. Ejemplos de diagramas en tope y frente utilizados en Farallón Negro se muestran a continuación.

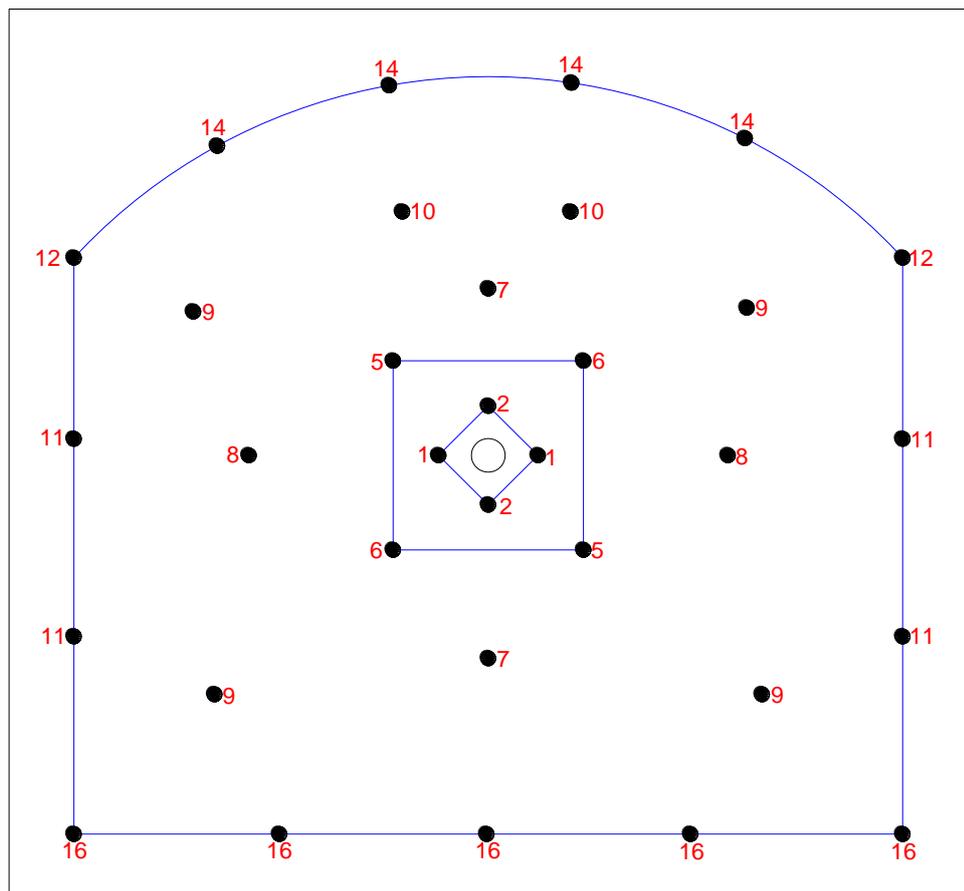


Figura 13: Secuencia de voladura en tope con recorte

¹⁸ **Tope:** término utilizado por la empresa para definir un frente de explotación de sección completa.

¹⁹ **Frente:** término utilizado por la empresa para definir la franja horizontal propia del método de explotación empleado; Corte y Relleno.

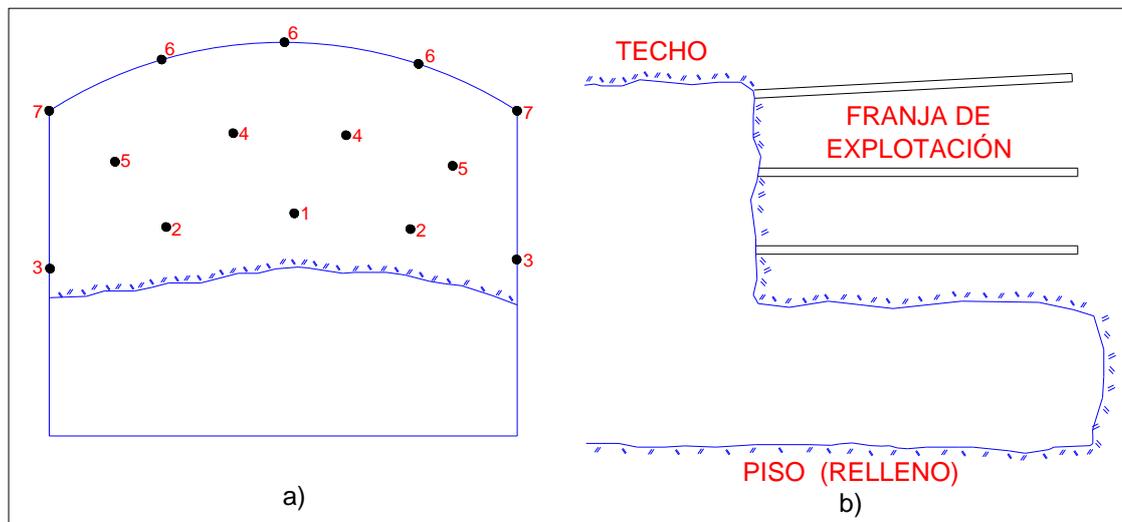


Figura 14: Secuencia de voladura en frente con recorte a) vista frontal; b) vista de perfil

El presente trabajo consiste en analizar la posibilidad de implementar la técnica de Precorte. Uno de los requisitos para aplicar ésta técnica, es encontrar el espaciamiento óptimo entre taladros que logre el fin de un precorte, o sea, crear una discontinuidad que permita la disipación de los gases y ondas de choques generados por la voladura central, reduciendo de esta manera el daño en el techo. Para esto, nos apoyamos en la bibliografía existente, donde se recomienda que el espaciamiento sea el menor posible. Otra de las recomendaciones sugeridas por profesionales consultados, fue que la técnica de precorte debía realizarse en dos etapas, es decir, primeramente la voladura del contorno de la sección, dejando relajar el macizo rocoso un par de horas, y posteriormente volar los taladros centrales (arranque, destroza, zapatera, etc.) porque, teóricamente, al realizar la voladura en una sola etapa, podría cortarse la línea de fuego²⁰ dejando tiros quedados²¹, generando esto un riesgo para el personal y equipos involucrados.

En base a estas indicaciones, y al tiempo de ciclo de trabajo de perforación y producción diaria, se decidió utilizar un espaciamiento de **30 cm** en corona y parte de los hastiales, ajustándonos a los diferentes diagramas de perforación utilizados por la Empresa y, además, la voladura debía ser ejecutada en una sola etapa, siendo esto un desafío para la ejecución de este trabajo.

3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

En general, la metodología seguida inicia a partir de una descripción general de los aspectos y características observables a simple vista, en los cuales se detectó que para ejecutar la perforación de los topes y frentes de avances, la Empresa no posee diagramas estandarizados, por lo que no se realiza la marcación de los taladros en el tope, lo que les permite adaptar diferentes diagramas según tipo de roca, lo cual se refleja en la variación del número de taladros perforados.

²⁰ **Línea de fuego:** es la línea que une al detonador con el elemento que producirá la energía necesaria para la explosión.

²¹ **Tiros quedados:** explosivos o restos de explosivos que no detonan en el momento de la voladura.

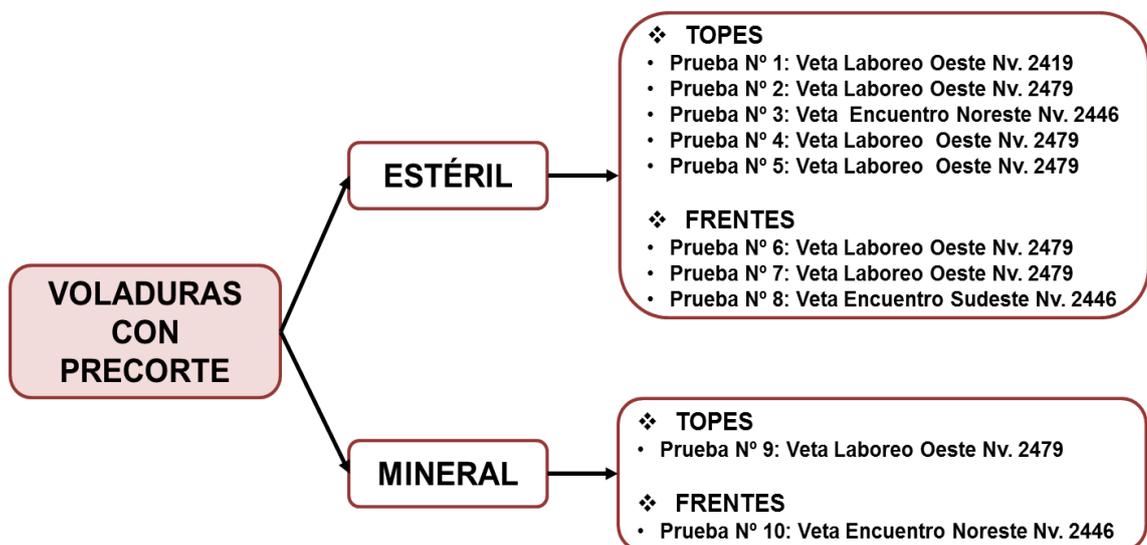
La investigación in situ constituye una parte esencial del presente estudio, es por ello, que se realizó el reconocimiento de los sectores en explotación, analizando en ellos la ejecución de las diferentes tareas, prestando mayor interés a las etapas de perforación y voladura.

La metodología empleada para este estudio se detalla a continuación:

- Marcación de los puntos a perforar;
- Control de tiempos de perforación;
- Medición de longitud de algunos taladros perforados;
- Diseño de secuencia y carga explosiva a implementar;
- Análisis de resultados post-voladura: daño en las paredes y techo, observación de medias cañas, fragmentación, avance de la pega, regularidad de la nueva superficie a perforar, etc.

El trabajo se basó en un Método de Estudio de **prueba y error**, el cual pertenece a un método llamado heurístico que busca la obtención de *conocimiento*, a través, de probar una alternativa y verificar si funciona. Si es así, se tiene una solución. En caso contrario (resultado erróneo) se intenta una alternativa diferente.

Las pruebas realizadas se detallarán de la siguiente forma:



3.1.1 PRUEBA N° 1

- *Veta*: Laboreo Oeste Nv. 2419
 - *Fecha*: 31/07/15
 - *Tipo de material*: estéril
 - *Sección perforada*: tope
 - *Ancho de la sección (m)*: 2,50
 - *Altura de la sección (m)*: 2,30
 - *Longitud de perforación (m)*: 2,00
 - *Diámetro de perforación (mm)*: 45
 - *Diámetro de taladro de expansión (mm)*: 102
 - *Turno*: Noche
- *Equipo utilizado*: Boomer S1 D es un moderno equipo hidráulico de perforación frontal de un brazo, adecuado para galerías de secciones de hasta 31 m².

➤ *Descripción*: la perforación se realizó en un material de roca andesítica fuertemente alterada, con presencia de óxidos hacia el hastial izquierdo.

La pared de perforación era irregular y tenía boquetes²² en los taladros de la zapatera, provocando inconvenientes en el emboquillado²³ de algunos taladros, incrementando el tiempo de perforación.

Concluida esta tarea se procedió a medir la longitud de los taladros con cinta métrica para calcular una longitud promedio de perforación.

Con la ayuda del software Autocad se realizó el diagrama de perforación del tope, en el cual se detalla la secuencia de salida de los taladros, indicando con el número 1 de la serie el precorte efectuado en corona y parte de los hastiales.

Este precorte se perforó con un espaciamiento de 30 cm y se cargó dejando un taladro vacío de por medio, que actuaba como cara libre para el taladro cargado, logrando de esta forma el re-direccionamiento de las grietas provocadas por la detonación, generando la separación o corte de la sección perforada respecto del macizo rocoso remanente.

En esta prueba se colocó el mismo tiempo de retardo (25 ms) para un taladro del cuele como así los pertenecientes al precorte.

²² **Boquete**: abertura o rotura irregular que queda en la superficie de perforación, como resultado de algún factor en la voladura anterior.

²³ **Emboquillar**: acción de iniciar la perforación afianzando la broca en un lugar seguro del frente de perforación.

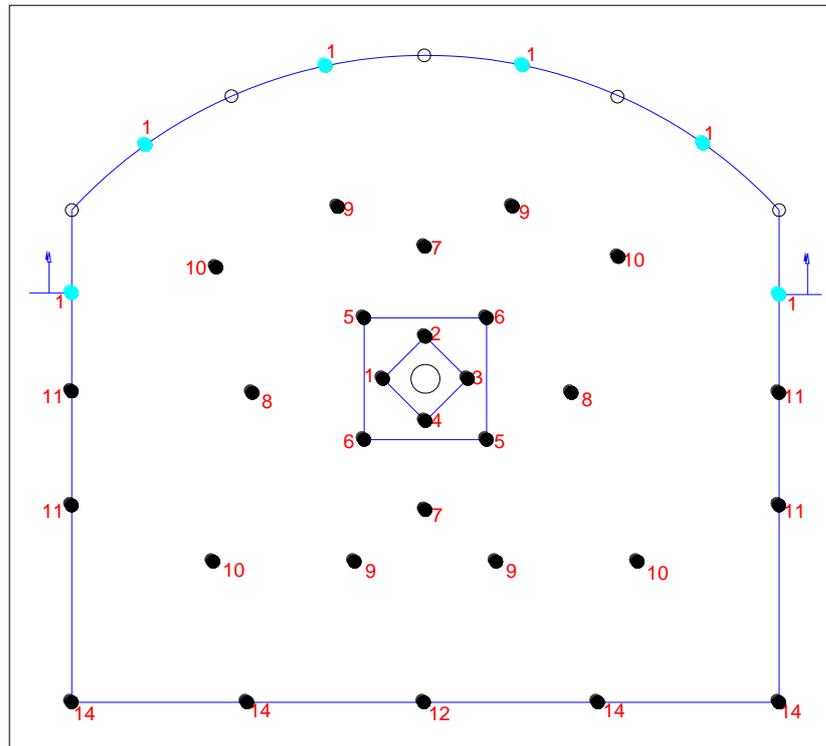


Figura 15: Diagrama de perforación en tope de sección 2,5m x 2,3m – Prueba N° 1

➤ *Carga utilizada en el precorte:* para esta prueba se diseñó una carga desacoplada distribuida a lo largo del taladro, constituida por:

- 3 gelamones de 20 cm de longitud y 32 mm de diámetro;
- 2 separadores de madera de 50 cm de longitud;
- Cordón detonante de gramaje²⁴ 40;
- Taco inerte de 50 cm de longitud.

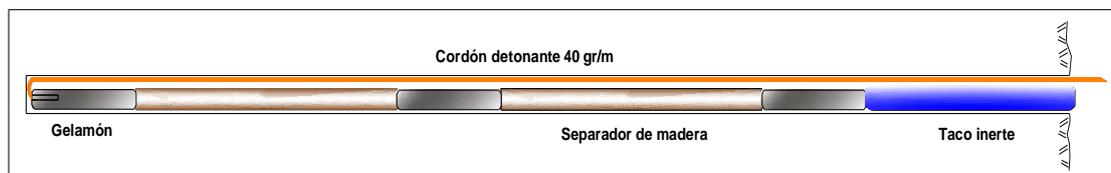


Figura 16: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 1

➤ *Carga utilizada en el resto de los taladros:*

- Zapatera: 2 gelamones, ANFO y taco;
- Resto: 1 gelamón, ANFO y taco.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- La pega salió en una sola voladura de manera satisfactoria;
- No hubo tiros quedados ni soplados;

²⁴ **Gramaje:** peso en gramos por metro lineal.

- Se logró una superficie de perforación más regular, debido a la implementación de taco en todos los tiros;
- Se observa poca cantidad de material que se requiere hacer caer mediante tojeo²⁵;
- El avance fue de 1,8 m (90% de la longitud de perforación);
- Fragmentación fina, probablemente por exceso de carga explosiva o cantidad de taladros en el diagrama, por lo que recomienda reducir alguno de éstos factores.



Imagen 10: Fragmentación de la voladura – Prueba N° 1

- *Análisis cualitativo:* inexistencia de medias cañas, correspondiendo al caso de sobre-excavación entre taladros descrita en la tabla N° 9.

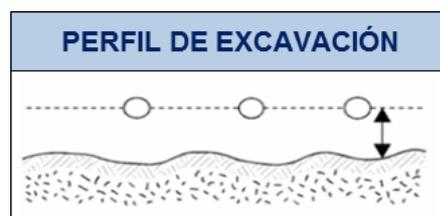


Figura 17: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 1

Este resultado era de esperarse debido a que en roca blanda es difícil que queden marcadas las medias cañas, por lo que se podría aumentar el espaciamiento entre taladros o reducir la carga explosiva, pero a pesar de ello, se logró una superficie de contorno más regular y lisa;

- *Análisis cuantitativo:* no se aplica.

²⁵ **Tojeo:** operación de desprender las rocas sueltas, especialmente en el techo de las labores mineras.

3.1.2 PRUEBA N° 2

- Veta: Laboreo Oeste Nv. 2479
- Fecha: 01/08/15
- Tipo de material: estéril
- Sección perforada: tope
- Ancho de la sección (m): 3,50
- Altura de la sección (m): 3,00
- Longitud de perforación (m): 3,20
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Noche
- Equipo utilizado: Boomer S1 D

➤ *Descripción:* la perforación se efectuó en una roca de caja andesítica dura, principalmente en la parte central de la sección, influyendo en los tiempos de perforación.

La superficie del tope era regular, con una fractura hacia el lado superior derecho.

El precorte se realizó en corona y parte superior de los hastiales, manteniendo el espaciamiento original de 30 cm.

La carga del resto de los taladros constó de un cebo²⁶ en el fondo del barreno y ANFO para completar la columna explosiva, sellando la misma con taco inerte.

El amarre de los taladros del tope se realizó con cordón de gramaje 5 conectado a una mecha de seguridad de armada²⁷ doble.

La salida se secuencia diseñada para el precorte fue la misma que un taladro del arranque (25 ms).

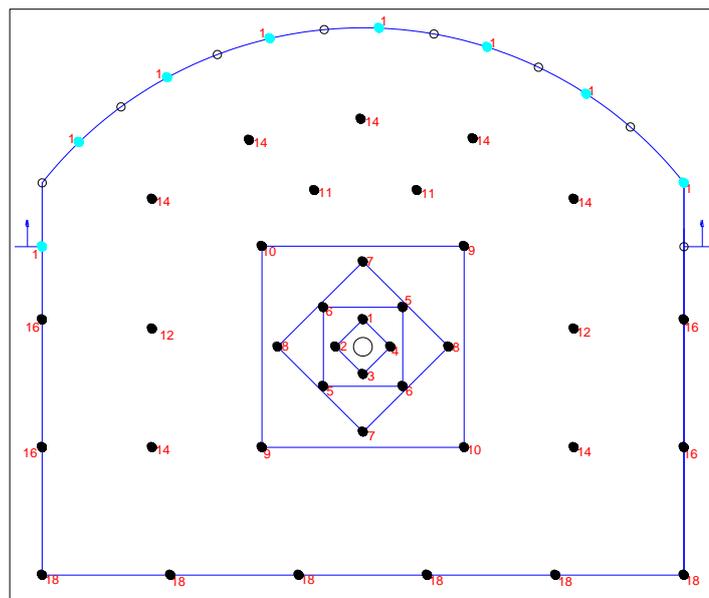


Figura 18: Diagrama de perforación en tope de sección 3,5m x 3m– Prueba N° 2

²⁶ **Cebo:** carga de explosivo de alta potencia y sensibilidad, en la que se sitúa el detonador.

²⁷ **Armada:** término minero para indicar el prensado del fulminante a la mecha.

➤ *Carga utilizada en el precorte:* para esta prueba se diseñó una carga concentrada en el fondo del taladro, que consistió en:

- 4 gelamones de 20 cm de longitud y 32 mm de diámetro;
- Cordón detonante de gramaje 40;
- Taco inerte de 50 cm de longitud.

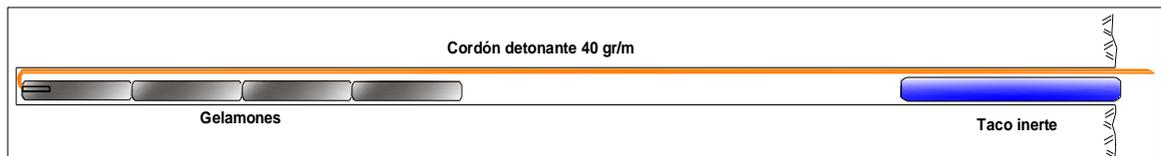


Figura 19: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 2

➤ *Carga utilizada en el resto de los taladros:*

- Arranque y zapatera: 2 gelamones, ANFO y taco;
- Resto: 1 gelamón, ANFO y taco.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

▪ En la voladura todos los tiros cargados detonaron de manera normal. Pero los taladros pertenecientes a la zona de ayuda de corona tenían una distancia respecto a la fila de precorte de unos 50 cm, que resultó elevada para lograr desprender el material que estaba comprendido entre ambas filas;



Imagen 11: Material colgado en el precorte – Prueba N° 2

- El avance fue de 2,9 m (90,5% de la longitud de perforación);

- Por otro lado, los taladros del precorte cumplieron en gran parte con el objetivo de generar el plano de discontinuidad, hecho que se pudo constatar de dos maneras diferentes, uno a través de la observación visual donde se veía la grieta que unía los taladros y dos por medio del tojeo manual comprobando que el material estaba suelto, y que se desprendía con facilidad;
- Para desprender el material en su totalidad fue necesario recargar con explosivo 3 taladros ubicados en la corona;
- Posteriormente realizado el disparo de estos últimos taladros, se pudo visualizar las medias cañas en el techo de la labor;



Imagen 12: Medias cañas del precorte – Prueba Nº 2

- La fragmentación de la pega tuvo un tamaño adecuado por ser un material estéril, pero debido a falta de ANFO en la carga de columna, se incrementó la longitud del taco, produciendo algunos anillos de material con sobre-tamaño en la parte frontal del tope.

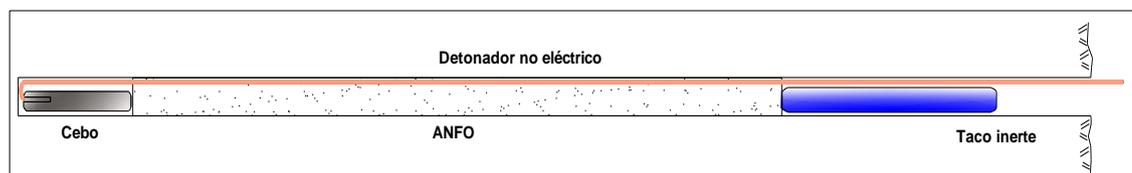


Figura 20: Falta de carga de columna en el barreno – Prueba Nº 2



Imagen 13: Anillos de material producto de introducir demasiado en taco en el taladro – Prueba N° 2

- *Análisis cualitativo:* corresponde a medias cañas con rocas sobresalientes entre las mismas, producto de la desviación en la perforación de los taladros, por lo que es importante controlar el paralelismo y espaciamiento diseñado.



Figura 21: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 2

- *Análisis cuantitativo:* se basa en el cálculo del factor de cañas visibles (FCV), que es una relación entre la longitud de las medias cañas visibles y la longitud de perforación, ambas medidas en los taladros cargados;

$$FCV = \frac{\text{Longitud de cañas visibles (m)}}{\text{Longitud de perforación (m)}}$$

$$FCV = \frac{17,6}{25,6} = \mathbf{0,68}$$

3.1.3 PRUEBA N° 3

- *Veta*: Encuentro Noreste Nv. 2446
 - *Fecha*: 18/08/15
 - *Tipo de material*: estéril
 - *Sección perforada*: tope
 - *Ancho de la sección (m)*: 2,70
 - *Altura de la sección (m)*: 2,50
 - *Longitud de perforación (m)*: 2,90
 - *Diámetro de perforación (mm)*: 45
 - *Diámetro de taladro de expansión (mm)*: 102
 - *Turno*: Día
- *Equipo utilizado*: Quasar DD 210 de Tamrock (Sandvik) es un equipo compacto y flexible electro-hidráulico de perforación frontal de un brazo.

➤ *Descripción*: la perforación se realizó en un tope de roca de caja monzonítica muy fracturada con pátinas de carbonatos blancos y rosados, por lo que el número de taladros fue reducido.

Por el centro del tope cruzaba una veta de unos 50 cm de espesor con abundante limonita, aunque la voladura se consideró como material estéril debido a la gran dilución²⁸ provocada por las dimensiones de la sección.

El tiempo de perforación fue prolongado, debido a que el equipo tenía poca fuerza de avance o empuje, además, la mala calidad de la roca a perforar contribuyó en el aumento de éste, debido a que la broca del equipo de perforación tendía a atascarse.

La pared de la sección era irregular, dificultando el emboquille de los taladros, hecho que provocó la variación en el espaciamiento de los mismos.

Para esta prueba la perforación de la fila correspondiente a las ayudas de corona se distanció de la línea de precorte unos 40 cm.

Debido a las grietas internas que tenía el tope, la carga de ANFO se dificultó ya que el mismo se esparcía a través de dichas grietas.

La secuencia de salida de los tiros en el precorte fue de 25 ms (serie 1) mientras que el arranque se inició con 50 ms (serie 2).

El número de taladros perforados en la corona fue de 9, de los cuales 5 fueron cargados y 4 se mantuvieron vacíos, como se detalla en el diagrama siguiente.

²⁸ **Dilución**: mezcla de mineral con roca estéril producto de la voladura. Tiene consecuencia directa en la menor recuperación de mineral en los procesos de beneficio.

- En el resto del techo se pudieron visualizar algunas medias cañas, pero no de manera regular, esto se debió a las fracturas propias de la roca que lograron una superficie angulosa.



Imagen 14: Tiros sopladados hacia el sector izquierdo del tope – Prueba Nº 3



Imagen 15: Medias cañas en superficie irregular – Prueba Nº 3

- *Análisis cualitativo*: pertenece a medias cañas con sobre-excavación alrededor de los taladros, debido principalmente a alteraciones de la roca.



Figura 24: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba Nº 3

- *Análisis cuantitativo*: el factor de cañas visibles, fue:

$$FCV = \frac{5}{14,5} = 0,35$$

3.1.4 PRUEBA N° 4

- Veta: Laboreo Oeste Nv. 2479
- Fecha: 01/09/15
- Tipo de material: estéril
- Sección perforada: tope
- Ancho de la sección (m): 2,50
- Altura de la sección (m): 2,90
- Longitud de perforación (m): 2,80
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Noche
- Equipo utilizado: Boomer S1 D

➤ *Descripción:* la perforación se realizó en el nuevo acceso al rajo de explotación de la Veta Laboreo Oeste, en un frente regular de roca andesítica alterada con presencia de carbonatos rosados y jaboncillo³⁰ hacia el sector izquierdo del tope.

El arranque de este diagrama de perforación tenía dos taladros vacíos de expansión.

La perforación con precorte se aplicó al sector de corona y parte superior de los hastiales.

Los taladros ayudas de corona se perforaron a 40 cm de ésta, ubicándolos debajo de los taladros sin carga del precorte y con una leve inclinación hacia el fondo de los mismos, con el fin de lograr desprender todo el material precortado del techo, evitando lo sucedido en la prueba N° 2.

Por último, todos los taladros fueron perforados a 40° - 45° respecto a la superficie de perforación del tope, porque se debía evitar el material blando (jaboncillo) por seguridad y estabilidad de la labor.

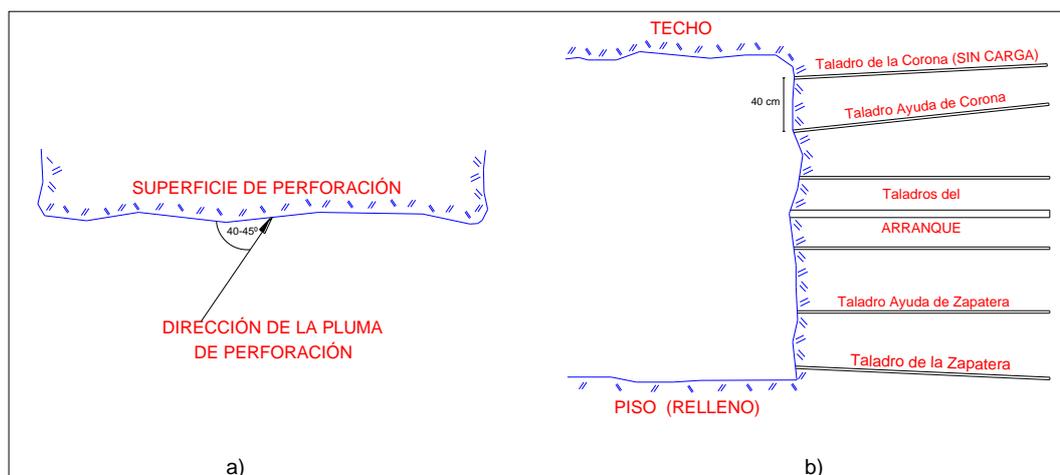


Figura 25: a) Vista en planta que muestra la dirección de perforación para evitar material inestable hacia el lado izquierdo del tope; b) vista en perfil que detalla la ubicación de los taladros ayudas de corona por debajo de los taladros vacíos del precorte – Prueba N° 4

³⁰ **Jaboncillo:** es una estructura que ha sufrido cambios, debido a la fricción entre dos cuerpos a altas temperaturas y presiones, convirtiéndolo en un material pastoso.

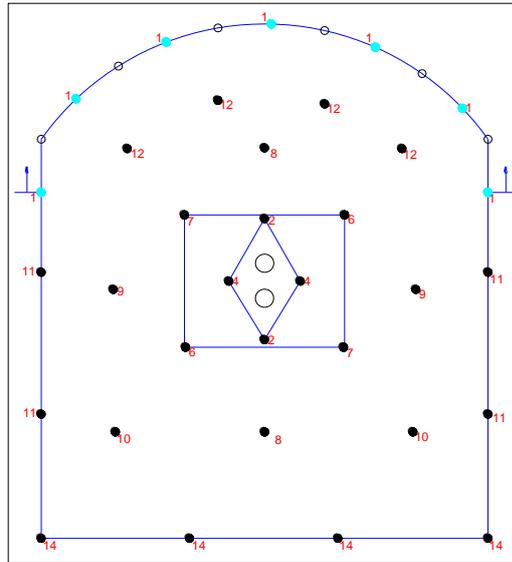


Figura 26: Diagrama de perforación en tope de sección 2,5m x 2,9m – Prueba N° 4

➤ *Carga utilizada en el precorte:*

- 4 gelatinas de EXSA, distribuidas de forma desacoplada;
- 3 separadores de madera de 50 cm de longitud;
- Cordón detonante de gramaje 40;
- Taco inerte.

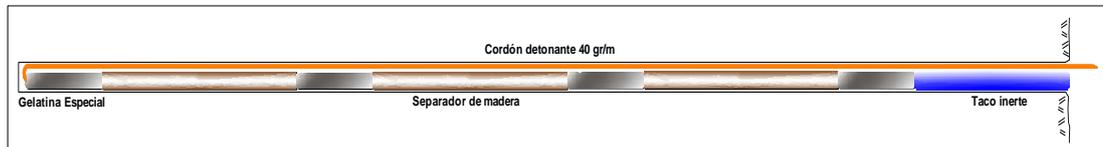


Figura 27: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 4

➤ *Carga utilizada en el resto de los taladros:*

- Arranque, ayuda de corona y zapatera: 2 gelatinas, ANFO y taco;
- Hastiales: 3 gelatinas, cordón detonante de gramaje 40 y taco, no se utilizó ANFO para evitar la sobre-excavación de los hastiales, debido a la presencia de jaboncillo, dejando de esta manera un pilar de material hacia el hastial izquierdo, para lograr mayor estabilidad de la labor;
- Resto: 1 gelatina especial, ANFO y taco.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- La fragmentación fue uniforme y adecuada para el equipo de carguío;
- El avance fue de 2,5 m (90 % de la longitud de perforación);
- Todos los taladros de la voladura detonaron de acuerdo a la secuencia asignada, quedando material en la parte frontal derecha de la corona, posiblemente por falta de carga en la boca del taladro;
- Por otro lado, el material colgado se desprendió fácilmente por tojeo manual, debido a que la zona ya estaba precortada.



Imagen 16: Material colgado en la corona – Prueba N° 4



Imagen 17: Nuevo tope de perforación, luego de limpieza y tojeo – Prueba N° 4

- *Análisis cualitativo:* se observaron algunas medias cañas, no de manera regular, con presencia rocas salientes entre los taladros;



Figura 28: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 4

- *Análisis cuantitativo:* el factor de cañas visibles, fue:

$$FCV = \frac{8,4}{19,6} = 0,40$$

3.1.5 PRUEBA N° 5

- Veta: Laboreo Oeste Nv. 2479
- Fecha: 02/09/15
- Tipo de material: estéril
- Sección perforada: tope
- Ancho de la sección (m): 2,50
- Altura de la sección (m): 2,90
- Longitud de perforación (m): 2,80
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Noche
- Equipo utilizado: Boomer S1 D

➤ Descripción: la voladura de este tope es a continuación de la prueba N° 4.

El piso y techo de la labor presentaba brechas andesíticas, con clastos angulosos de carbonatos blancos y rosados.

La perforación se realizó en una superficie regular, con roca medianamente dura hacia el hastial derecho, mientras que hacia el sector izquierdo se observaba una veta de ley marginal, con venillas de cuarzo, pátinas de óxido de manganeso, de estructura laminar y textura bandeada colorme³¹.

La perforación de precorte se realizó solamente en la corona del tope.

El diagrama de perforación fue similar al de la prueba anterior, en donde el arranque tiene un retardo mayor que la fila de precorte y, además, los taladros tienen una secuencia de salida enfrentada, la cual mejora la fragmentación del material por impacto.

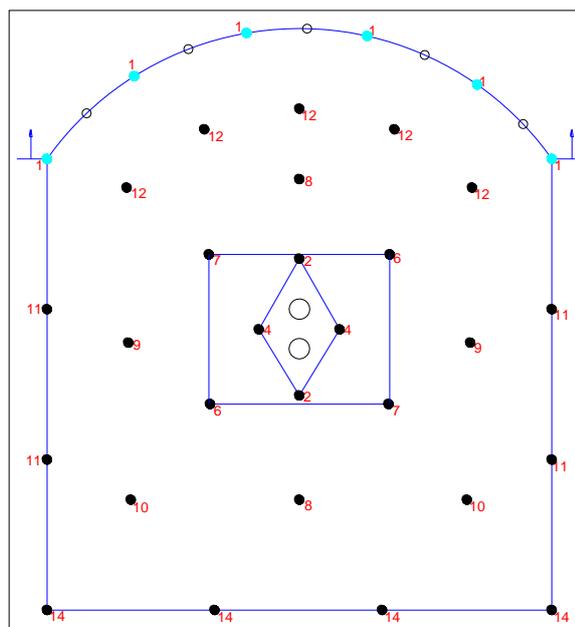


Figura 29: Diagrama de perforación en tope de sección 2,5m x 2,9m – Prueba N° 5

³¹ Textura colorme: masas bandeadas redondeadas y regulares que presentan agregados de forma esférica.

➤ *Carga utilizada en el precorte:*

- 5 gelatinas de EXSA, 4 de ellas desacopladas a través de separadores de madera, medio taco inerte y el quinto cartucho en la boca del taladro, para evitar material colgado en la parte frontal del tope;
- 3 separadores de madera de 50 cm de longitud;
- Cordón detonante de gramaje 40;
- ½ taco inerte.

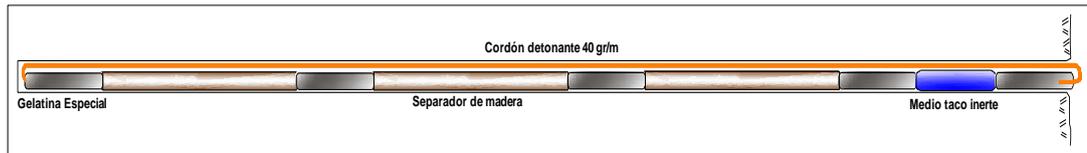


Figura 30: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 5

➤ *Carga utilizada en el resto de los taladros:*

- Arranque, ayuda de corona y zapatera: 2 gelatinas, ANFO y taco;
- Hastiales: 4 gelatinas, cordón detonante de gramaje 40 y taco;
- Resto: 1 gelatina especial, ANFO y taco.

➤ *Análisis de resultados post-voladura:*

- La voladura salió de manera satisfactoria, logrando obtener un techo regular, con escaso material suelto en el contorno de la labor;
- El avance fue de 2,6 m (93 % de la longitud de perforación);
- La fragmentación fue buena.



Imagen 18: Superficie con medias cañas y escaso material para tojeo – Prueba N° 5



Imagen 19: Fragmentación producto de la voladura – Prueba N° 5

- *Análisis cualitativo:* se observaron medias cañas producto del precorte realizado, con presencia de rocas salientes en algunos sectores;



Figura 31: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 5

- *Análisis cuantitativo:* el factor de cañas visibles, fue:

$$FCV = \frac{15,2}{16,8} = 0,90$$

3.1.6 PRUEBA N° 6

- Veta: Laboreo Oeste Nv. 2479
- Fecha: 04/08/15
- Tipo de material: estéril
- Sección perforada: frente
- Ancho de la sección (m): 2,80
- Altura de la sección (m): 1,50
- Longitud de perforación (m): 3,20
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Día
- Equipo utilizado: Boomer S1 D

➤ Descripción: la perforación se realizó en roca andesítica competente, con presencia de óxidos hacia el hastial derecho y parte central del frente.

Al igual que en las pruebas realizadas en tope, el distanciamiento entre la línea de precorte y ayudas de corona fue de 40 cm, con una leve inclinación hacia el fondo.

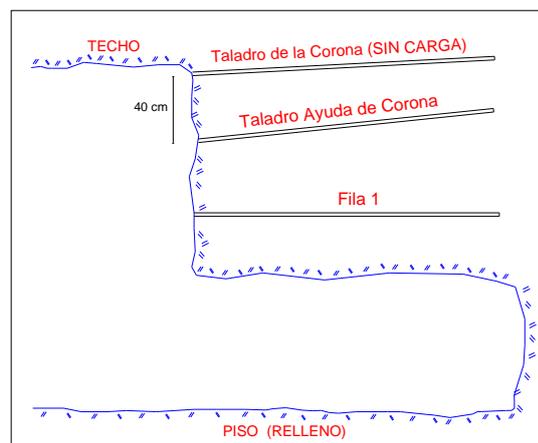


Figura 32: Vista en perfil del frente, con la ubicación de los taladros ayudas de corona – prueba N° 6

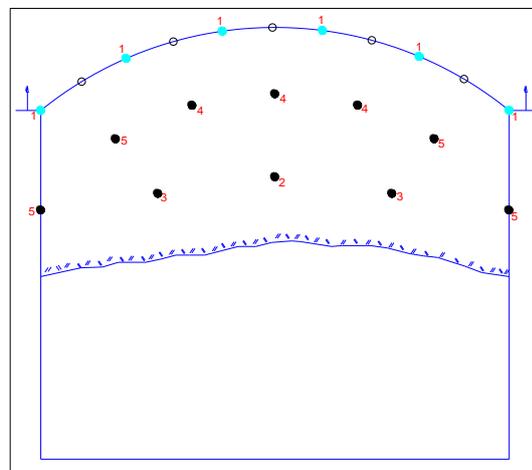


Figura 33: Diagrama de perforación en frente de sección 2,8 m x 1,5m – Prueba N° 6

- *Carga utilizada en el precorte:*
 - 1 gelamón de 20 cm de longitud y 32 mm de diámetro;
 - Doble cordón detonante de gramaje 40;
 - Taco inerte.

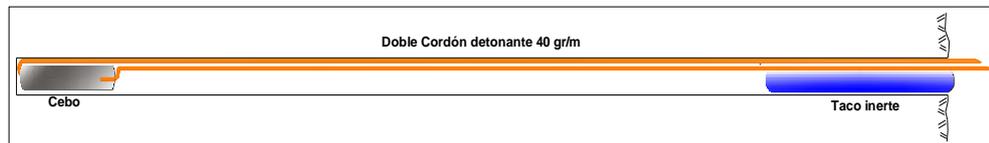


Figura 34: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 6

- *Carga utilizada en el resto de los taladros:*
 - Ayudas de corona y fila 1: 5 gelamones como carga concentrada al fondo;
- *Análisis de resultados post-voladura:*
 - La fragmentación fue adecuada;
 - El avance fue de 3,05 m (95 % de la longitud de perforación);
 - La superficie del techo quedó regular, con escaso material para tojeo.
 - Es importante mantener la inclinación y paralelismo entre los taladros que forman el precorte, para evitar la formación de taladros huecos en el techo.

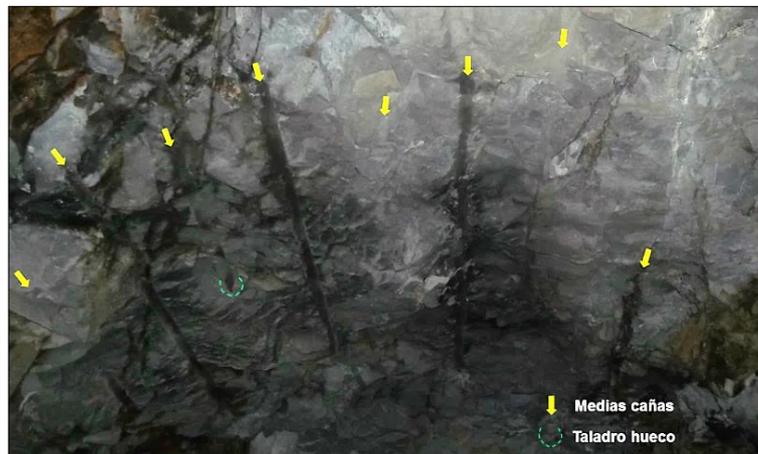


Imagen 20: Medias cañas y presencia de taladro hueco en el techo - Prueba N° 6

- *Análisis cualitativo:* se visualizaron medias cañas, con reducida cantidad de rocas salientes;



Figura 35: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 6

- *Análisis cuantitativo:* el factor de cañas visibles, fue:

$$FCV = \frac{11,2}{19,2} = 0,58$$

3.1.7 PRUEBA N° 7

- Veta: Laboreo Oeste Nv. 2479
- Fecha: 15/08/15
- Tipo de material: estéril
- Sección perforada: frente
- Ancho de la sección (m): 2,50
- Altura de la sección (m): 2,00
- Longitud de perforación (m): 3,20
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Día
- Equipo utilizado: Boomer S1 D

➤ *Descripción:* el frente perforado fue en roca andesítica dura, con alteraciones hacia el lado derecho, producto de la oxidación.

Además, se realizó un desquinche³² hacia el hastial izquierdo, para evitar una falla geológica.

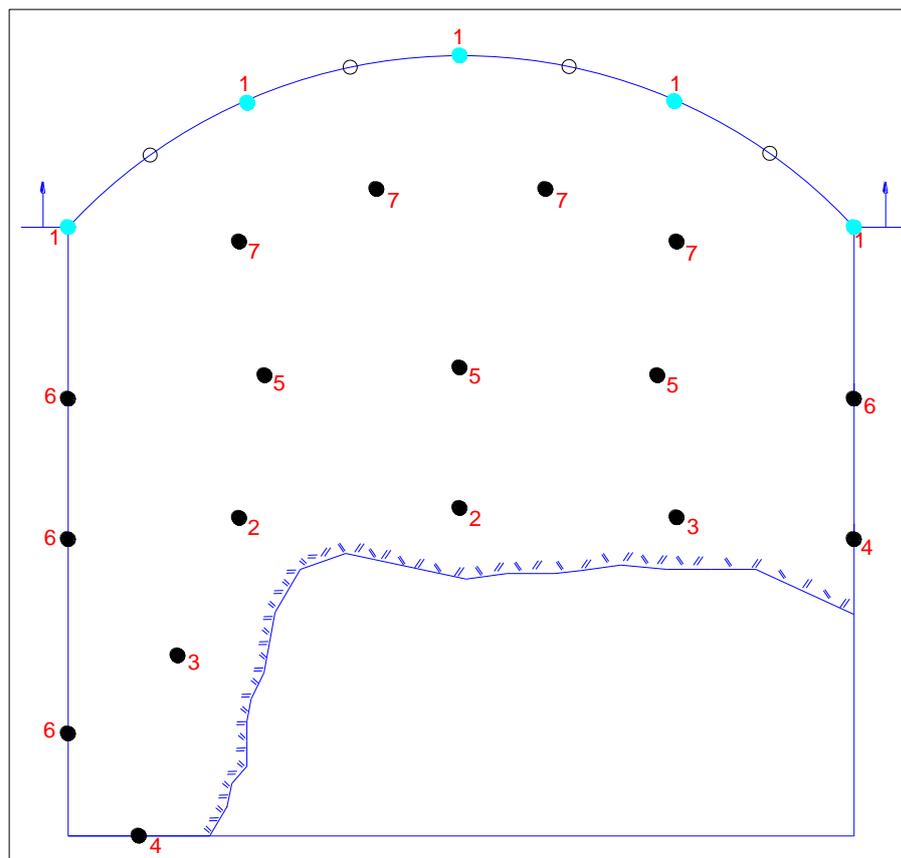


Figura 36: Diagrama de perforación en frente de sección 2,5m x 2m – Prueba N° 7

³² **Desquinche:** trabajo realizado para ampliar la sección de una labor.

- *Carga utilizada en el precorte:*
 - 1 gelamón de 20 cm de longitud y 32 mm de diámetro;
 - Triple cordón detonante de gramaje 40;
 - Taco inerte.

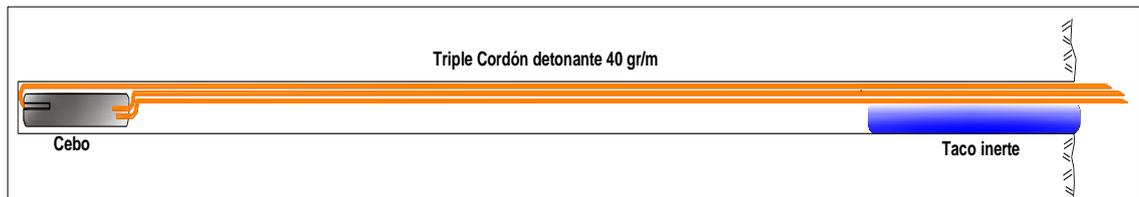


Figura 37: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 7



Imagen 21: Armado del cebo con triple cordón detonante – Prueba N° 7

- *Carga utilizada en el resto de los taladros:*
 - Ayudas de corona y taladros del hastial izquierdo: 2 gelamones; ANFO y taco inerte;
 - Resto: 1 gelamón, ANFO y taco.

- *Análisis de resultados post-voladura:*
 - La fragmentación fue apropiada;
 - El avance fue de 3,00 m (94 % de la longitud de perforación);
 - El precorte cortó de manera regular la superficie del techo, dejando poco material suelto.



Imagen 22: Visualización de medias cañas – Prueba N° 7



Imagen 23: Superficie precortada en el techo de la labor – Prueba N° 7

- *Análisis cualitativo:* el corte entre taladros generó un perfil de excavación muy bueno, formando un plano uniforme en el techo de la labor;



Figura 38: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 7

- *Análisis cuantitativo:* el factor de cañas visibles, fue:

$$FCV = \frac{9,6}{16} = 0,60$$

3.1.8 PRUEBA N° 8

- Veta: Encuentro Sudeste Nv. 2446
- Fecha: 29/08/15
- Tipo de material: estéril
- Sección perforada: frente
- Ancho de la sección (m): 2,80
- Altura de la sección (m): 2,70
- Longitud de perforación (m): 3,00
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Noche
- Equipo utilizado: Quasar DD 210 de Tamrock (Sandvik)

➤ *Descripción:* la perforación de este frente fue en roca monzonítica, fracturada, con alteraciones de pátinas de óxido de hierro y carbonatos blancos hacia el sector derecho y, en la parte central presentaba venillas de carbonato blanco y rosado.

El frente era regular y se encontraba ubicado por encima de una labor, que se intentaba rellenar con el material de esta voladura, por lo que no era necesario mantener una fragmentación pequeña en la parte inferior del mismo.

El diseño de la carga en el precorte fue de manera desacoplada, dejando un taladro vacío de por medio.

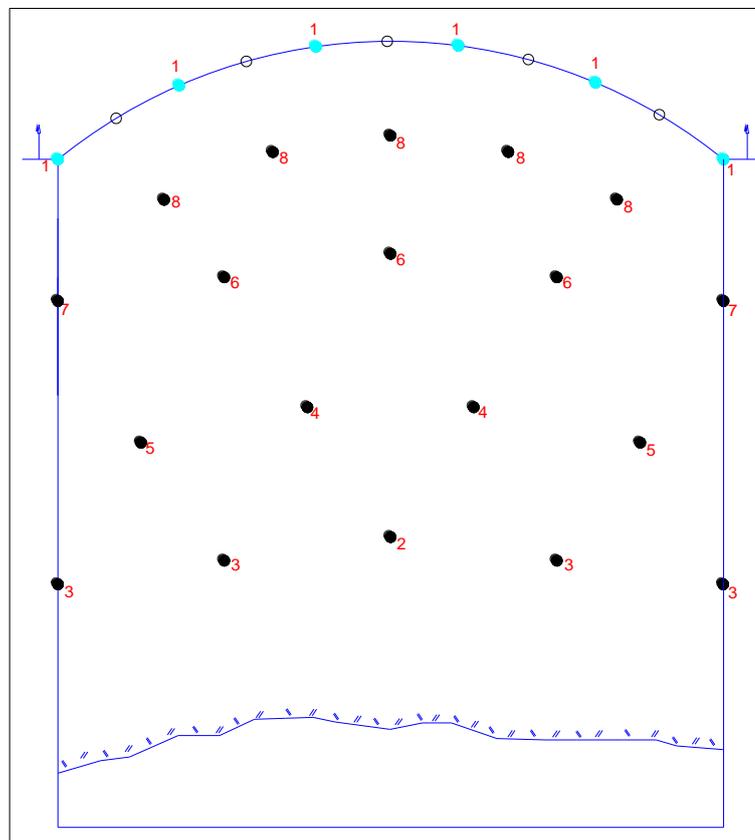


Figura 39: Diagrama de perforación en frente de sección 2,8m x 2,7m – Prueba N° 8

- *Carga utilizada en el precorte:*
 - 5 gelatinas de EXSA;
 - Cordón detonante de gramaje 40;
 - 4 separadores de madera, de 40 cm de longitud;
 - Taco inerte.

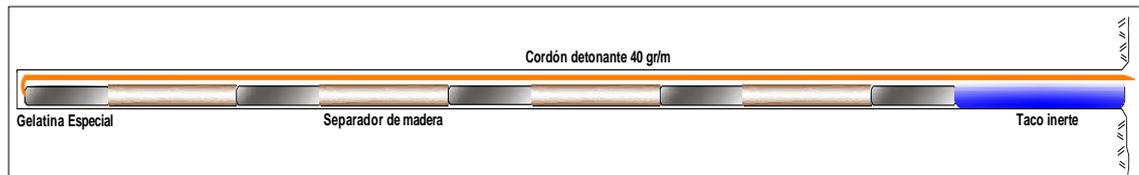


Figura 40: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 8

- *Carga utilizada en el resto de los taladros:*
 - Ayudas de corona: 7 gelatinas;
 - Fila 1: 5 gelatinas;
 - Fila 2: 6 gelatinas;
 - Fila 3: 12 gelatinas, ya que la distancia a la cara libre de esta fila era superior a 1 metro.
- *Análisis de resultados post-voladura:*
 - La fragmentación tuvo un tamaño adecuado, para ser utilizado como relleno;
 - El avance fue de 2,80 m (93 % de la longitud de perforación);
 - En general, el techo quedó medianamente regular, con escasa cantidad de material suelto;
 - El nuevo frente presentó una superficie regular, observándose sólo dos boquetes de aproximadamente 15 cm hacia el sector derecho.
 - No se observaron medias cañas completas, posiblemente porque la carga lineal fue excesiva;



Imagen 24: Contorno final del techo – Prueba N° 8

- *Análisis cualitativo*: el perfil corresponde a una sobre-excavación entre los taladros;



Figura 41: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 8

- *Análisis cuantitativo*: el factor de cañas visibles, fue:

$$FCV = \frac{2,8}{18} = 0,15$$

3.1.9 PRUEBA N° 9

- Veta: Laboreo Oeste Nv. 2479
- Fecha: 18/08/15
- Tipo de material: mineral
- Sección perforada: tope
- Ancho de la sección (m): 3,00
- Altura de la sección (m): 2,50
- Longitud de perforación (m): 3,00
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Día
- Equipo utilizado: Boomer S1 D

➤ Descripción: el sector a perforar consistió en una roca de caja andesítica y una veta central, con presencia de carbonatos blancos, con impregnación de óxidos de manganeso y limonita.

La superficie a perforar era medianamente regular.

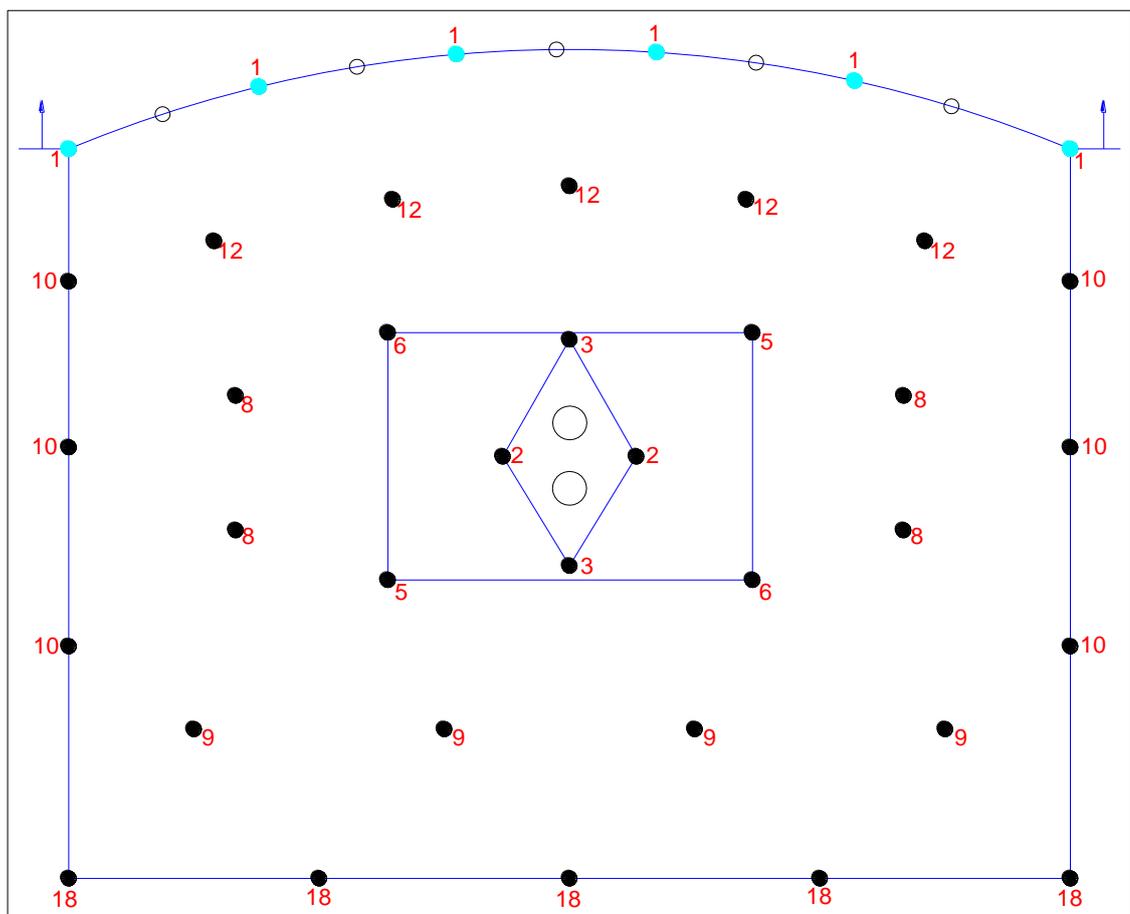


Figura 42: Diagrama de perforación en tope de sección 3m x 2,5m – Prueba N° 9

- *Carga utilizada en el precorte:*
 - 1 gelamón de 20 cm de longitud y 32 mm de diámetro;
 - Doble cordón detonante de gramaje 40;
 - Taco inerte.

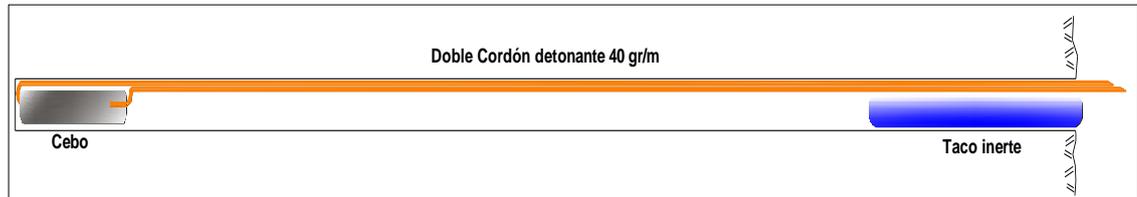


Figura 43: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 9

- *Carga utilizada en el resto de los taladros:*
 - Arranque y ayudas de corona: 2 gelamones; ANFO y taco inerte;
 - Resto: 1 gelamón, ANFO y taco.
- *Análisis de resultados post-voladura:*
 - El avance fue de 2,85 m (95 % de la longitud de perforación);
 - La voladura tuvo poca proyección, facilitando la etapa de carga;
 - La fragmentación fue buena;
 - Se visualizaron medias cañas, quedando un techo regular, con poco material suelto;



Imagen 25: Superficie de precorte – Prueba N° 9



Imagen 26: Fragmentación de la voladura en mineral – Prueba N° 9

- *Análisis cualitativo:* en algunas partes de la superficie del techo, se observó un perfil de excavación con rocas salientes entre taladros;



Figura 44: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 9

- *Análisis cuantitativo:* el factor de cañas visibles, fue:

$$FCV = \frac{12}{18} = 0,66$$

3.1.10 PRUEBA N° 10

- Veta: Encuentro Noreste Nv. 2446
- Fecha: 30/08/15
- Tipo de material: mineral
- Sección perforada: frente
- Ancho de la sección (m): 2,80
- Altura de la sección (m): 2,70
- Longitud de perforación (m): 3,00
- Diámetro de perforación (mm): 45
- Diámetro de taladro de expansión (mm): 102
- Turno: Noche
- Equipo utilizado: Quasar DD 210 de Tamrock (Sandvik)

➤ *Descripción:* la caja es monzonita, con presencia de pirita, en la parte central se observa una intrusión³³ de monzonita alterada.

La veta estaba alterada y tenía abundante limonita.

La perforación constó de taladros en corona, ayudas de corona y 4 filas de producción.

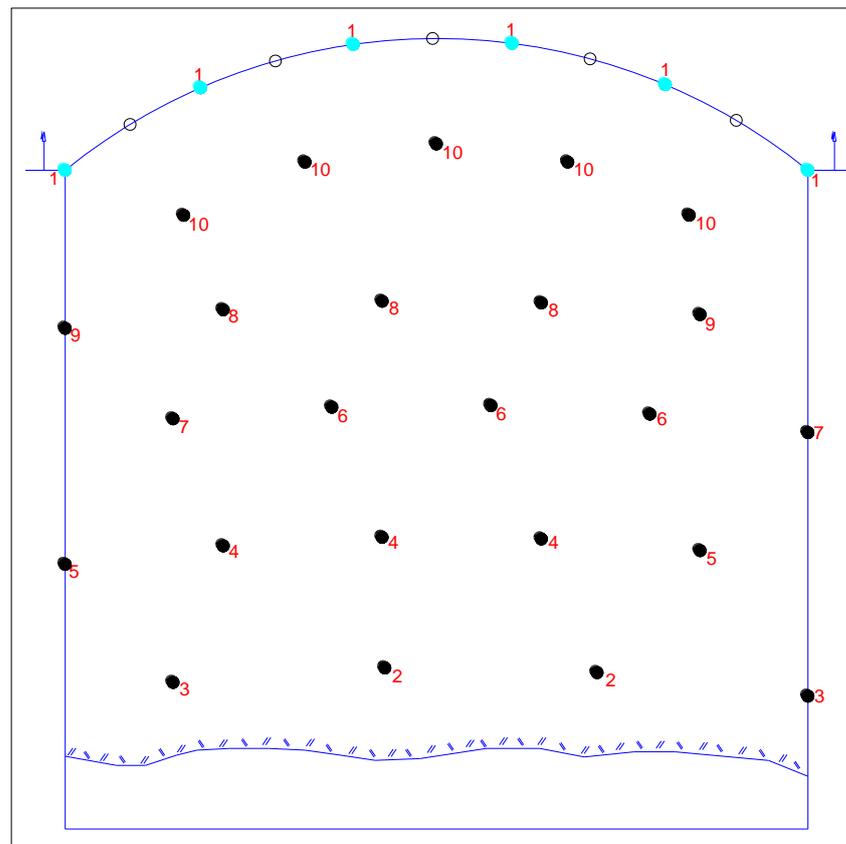


Figura 45: Diagrama de perforación en frente de sección 2,8m x 2,7m – Prueba N° 10

³³ **Intrusión:** infiltración de una masa magmática entre dos estratos sólidos, o a través de ellos, sin alcanzar la superficie terrestre.

- *Carga utilizada en el precorte:*
 - 1 gelamón de 20 cm de longitud y 32 mm de diámetro;
 - Triple cordón detonante de gramaje 40;
 - Taco inerte.

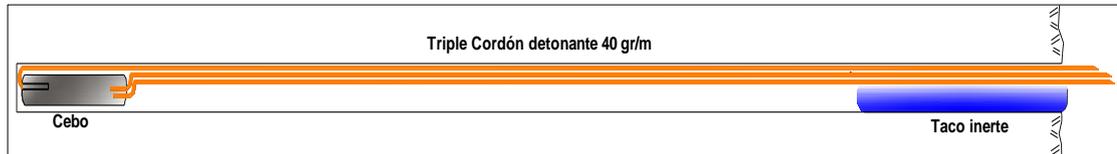


Figura 46: Diseño de carga en el precorte – Prueba N° 10

- *Carga utilizada en el resto de los taladros:*
 - Resto: 5 gelatinas de EXSA.

- *Análisis de resultados post-voladura:*
 - La voladura no fue satisfactoria;
 - La fragmentación no fue buena, debido a que hubo una cantidad de material con sobre-tamaño, especialmente de anillos, esto se debe posiblemente porque la carga estaba concentrada en el fondo y faltaron cartuchos de explosivos en el resto del taladro, es decir, la densidad de carga fue baja.
 - No hubo tiros quedados, sin embargo, los del precorte soplaron. Una posible razón es que faltó retacar el cebo en el fondo del taladro, ya que al momento de realizar la carga no se contaba con el atacador adecuado para el diseño de estos taladros.
 - Se efectuó la recarga de estos taladros con 5 gelatinas y un cordón detonante de gramaje 5.
 - Luego de la segunda voladura, se observó un techo regular y liso;

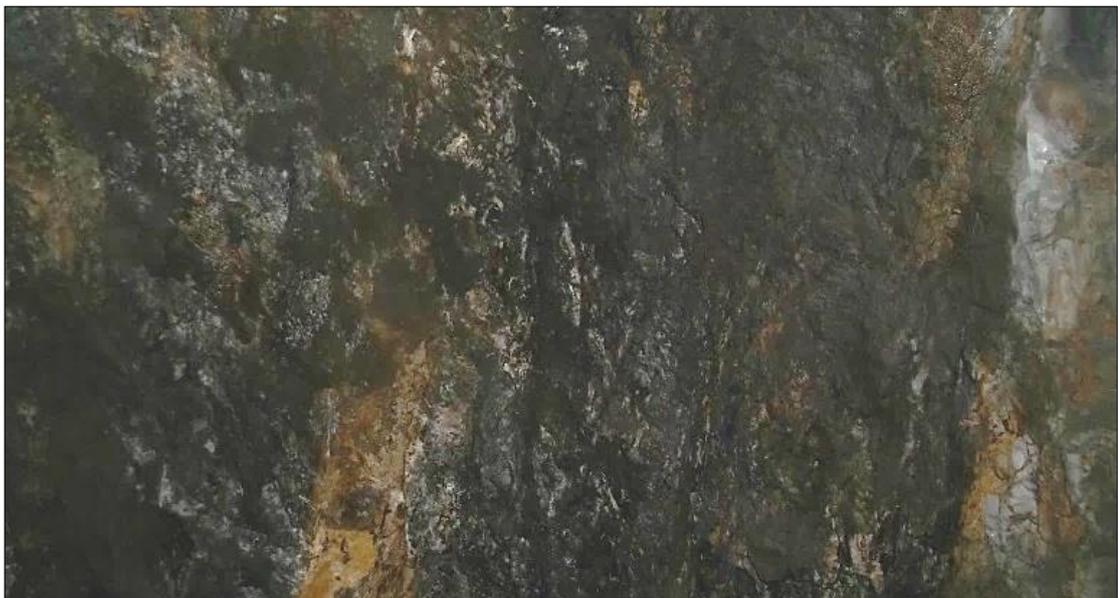


Imagen 27: Techo regular con ausencia de medias cañas – Prueba N° 10

- *Análisis cualitativo*: la superficie generada tenía una leve sobre-excavación, por lo que no se observaron medias cañas;

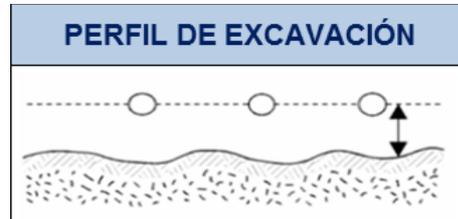


Figura 47: Evaluación cualitativa del precorte – Prueba N° 10

- *Análisis cuantitativo*: no se aplica.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

* Dentro de las técnicas de voladuras controladas, el precorte puede ser ejecutado en forma conjunta con la voladura central, en una sola pega.

* La implementación de la voladura con precorte, no influyó en el ciclo de producción, ya que las etapas de perforación, carga y voladura se realizaron en un mismo turno.

* El espaciamiento que se determinó para un burden de 0,4 m, fue: $E = 0,75 \times (0,4 \text{ m}) = 0,3 \text{ m}$; realizando la carga explosiva, dejando un taladro vacío de por medio.

* Es importante mantener el control en la etapa de perforación, en cuanto a espaciamiento, paralelismo e inclinación de los taladros que forman el precorte, con el fin de obtener un contorno regular en la labor.

* Retacar el cebo en el fondo del taladro es primordial para evitar que éste sople.

* La utilización de tacos inertes, mejoró la eficiencia de la voladura, respecto a fragmentación, regularidad de las nuevas superficies de perforación, mayor rendimiento de los explosivos empleados y un avance promedio por voladura del 92 %.

* La técnica de precorte brindó mejoras en el contorno de la labor, respecto a la voladura convencional utilizada actualmente, reduciendo la sobre-excavación y el material suelto que requiera ser saneado, como así también, incrementando la estabilidad del macizo rocoso.

* El análisis del factor de cañas visibles (FCV) arrojó un valor promedio de 0,53, el cual es un indicador positivo de que la técnica de precorte es viable.

* En sectores de roca blanda y/o fracturada, no se logró visualizar medias cañas en forma completa, sin embargo, esto no significa que la técnica no sea aplicable, ya que más allá de esos resultados, se logró mejorar notablemente el contorno, dejando superficies más lisas y regulares.

* Se diseñaron diferentes tipos de cargas explosivas, para los taladros ubicados en techo y parte superior de los hastiales:

- En topes de roca competente, la carga desacoplada a través de separadores de madera, brindaron los mejores resultados;
- En frentes de roca dura, se obtuvieron buenos resultados con la implementación de doble y triple cordón detonante de gramaje 40.
- En topes y frentes de roca blanda y/o fracturada, la carga fue excesiva.



RECOMENDACIONES

- ❖ Continuar con la implementación de las técnicas de voladuras controladas, ya sea, precorte o recorte, con el fin de mantener estables los sectores en explotación.
- ❖ Mantener la buena práctica de utilizar tacos, de la manera apropiada, para aumentar la eficiencia de las voladuras.
- ❖ En rocas blandas y/o fracturadas se recomienda variar la densidad de carga lineal y/o espaciamiento.
- ❖ Se sugiere continuar con las pruebas de voladuras controladas, haciendo uso de explosivos específicos para la aplicación de ésta técnica, como ser:
 - Tubos plásticos rígidos con carga interior explosiva de baja velocidad y presión, acoplables para formar columnas de longitud requerida, con plumas centradoras para desacoplar la carga.
 - Cordón detonante de alto gramaje (60, 80, 120 gr/m) para reducir la densidad de carga lineal.
 - Sistema de carga con cámara de aire, que consiste en incorporar una columna de aire dentro de un tiro cargado.
- ❖ Utilizar detonadores **lp** (largo período - segundos), en los taladros de un diagrama de perforación, para obtener un mayor control de la voladura, excepto en el arranque donde se debe aplicar detonadores **ms** (milisegundos), para generar rápidamente la cara libre (en tope).



CAPÍTULO 5

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.
- República de Colombia Ministerio de minas y energía (2.003). Glosario técnico minero. Bogotá D.C. Agosto de 2.003.
- Información proporcionada por las diferentes áreas de la empresa YMAD (Yacimientos Mineros Agua de Dionisio).
- Páginas de internet:
 - <http://www.fab-militares.gov.ar/servicios-mineros-2/>
 - <http://www.atlascopco.com.ar/ares/products/>
 - <http://www.austin.com.ar/contenidos/es/productos.php>
 - <http://exsa.net/soluciones/productos/>
 - http://www.famesa.com.pe/Prod_Accesorios.asp?tipo=1
 - <http://www.britanite.com.br/index.php?p=produtos&Abrir=17>
 - <http://www.enaex.cl/lineas-de-negocio/explosivos-y-servicios>
 - <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/>



ANEXO 1: PERFILES LONGITUDINALES DE F.N.



ANEXO 2: PRUEBAS



Nomenclatura empleada

Aco: Ayuda de corona

Ah: Ayuda de hastiales

Aux: Auxiliares

Az: Ayuda de zapateras

C: cuele

Cc: Contra-cuele

Co: Corona

F1: Fila 1

F2: Fila 2

F3: Fila 3

F4: Fila 4

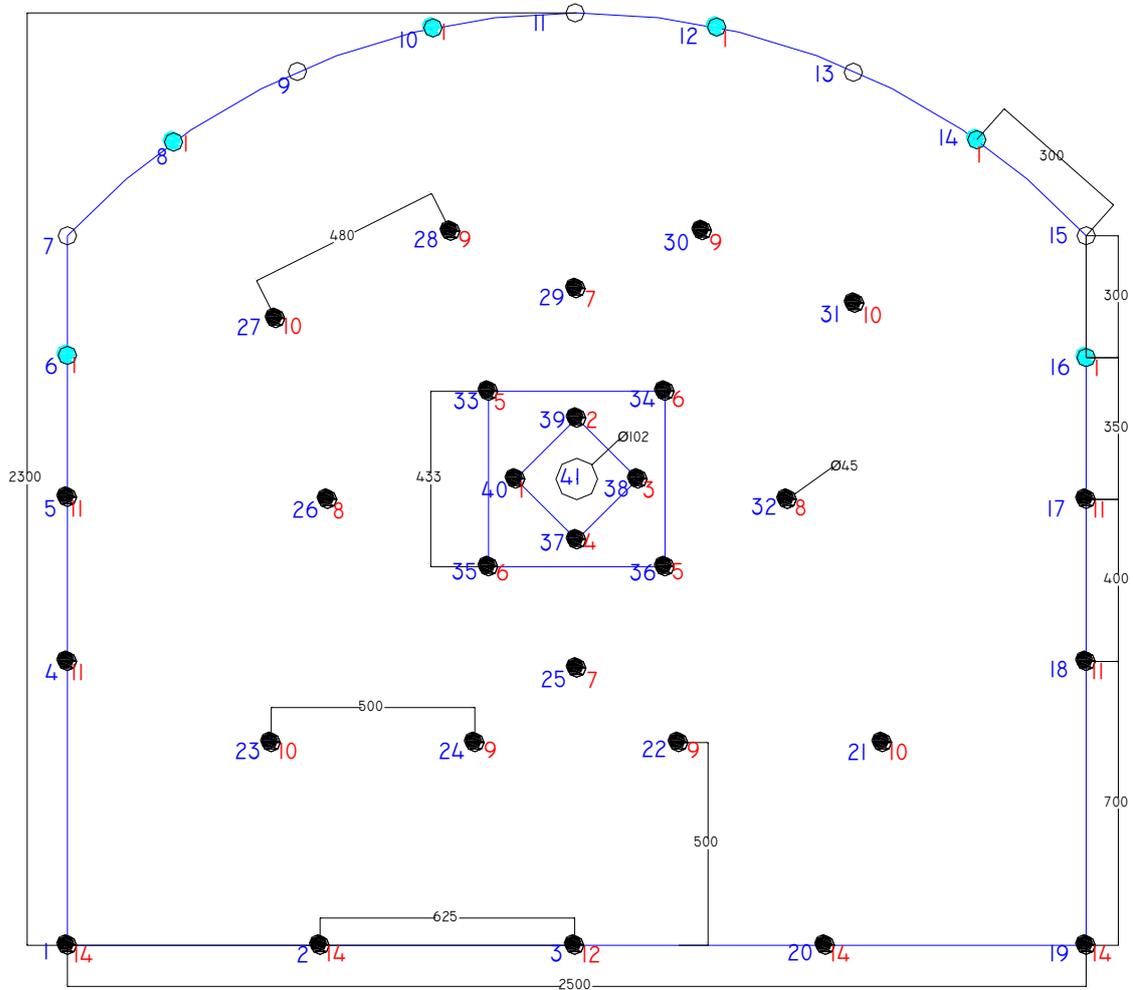
H: hastial

Sc: Sin carga

Z: Zapatera

Ø: Diámetro

Prueba Nº 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Laboreo Oeste	Nivel: 2419
Tipo de material: Estéril	Fecha: 31/07/15
Sección perforada: Tope	Escala: 1/17000
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 48: Diagrama de perforación y voladura - Prueba Nº 1

PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Laboreo Oeste		Nivel:	2419	
Tipo de material	Estéril		Fecha:	31/07/2015	
Altura del Tope (m)	2,30		Turno:	Noche	
Ancho del Tope (m)	2,50				
Longitud de perforación (m)	2,00				
∅ de vacío de perforación (mm)	102	∅ de perforación (mm):	45		
Perforista	Mauricio Mirabal				
Equipo utilizado	Bommer 2				
Observaciones del sector	Material alterado - tope estrecho - roca blanda				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:38	0:03:36		14	Z
2	0:00:12	0:04:25	1,80	14	Z
3	0:00:10	0:01:29		12	Z
4	0:00:36	0:01:43		11	H
5	0:00:45	0:01:51	2,00	11	H
6	0:00:43	0:01:21		1	H
7	0:00:31	0:01:45		sc	Co
8	0:00:35	0:01:40	1,95	1	Co
9	0:00:38	0:01:40		sc	Co
10	0:00:48	0:01:28		1	Co
11	0:00:51	0:02:40	2,00	sc	Co
12	0:00:57	0:01:37		1	Co
13	0:00:26	0:01:18		sc	Co
14	0:00:40	0:01:21	1,90	1	Co
15	0:00:58	0:01:33		sc	Co
16	0:00:47	0:01:20		1	H
17	0:00:31	0:01:24	2,00	11	H
18	0:00:24	0:01:26		11	H
19	0:00:29	0:00:50		14	Z
20	0:00:38	0:01:20		14	Z
21	0:00:13	0:01:18	1,95	10	Az
22	0:00:33	0:01:43		9	Az
23	0:00:44	0:01:17		10	Az
24	0:00:36	0:01:08		9	Az
25	0:00:48	0:01:35		7	Aux
26	0:00:32	0:01:18	2,00	8	Ah
27	0:00:34	0:01:21		10	Aco
28	0:00:23	0:01:40		9	Aco
29	0:00:31	0:01:33		7	Aux
30	0:00:37	0:01:18	1,90	9	Aco
31	0:00:39	0:01:33		10	Aco
32	0:00:15	0:01:29		8	Ah
33	0:00:29	0:01:35		5	Cc
34	0:00:23	0:00:54	1,85	6	Cc
35	0:00:39	0:01:24	2,00	6	Cc
36	0:00:54	0:01:25	1,90	5	Cc
37	0:00:31	0:01:30		4	C
38	0:00:24	0:01:26	2,00	3	C
39	0:00:25	0:01:27		2	C
40	0:00:42	0:01:27		1	C
41 (Vacío) ∅ 45 mm	0:00:24	0:01:28		sc	vacío
∅ 102 mm	0:00:27	0:02:03			
TOTAL	0:24:00	1:07:39			
PROMEDIO			1,94		

Tabla 10: Control de perforación - Prueba Nº 1

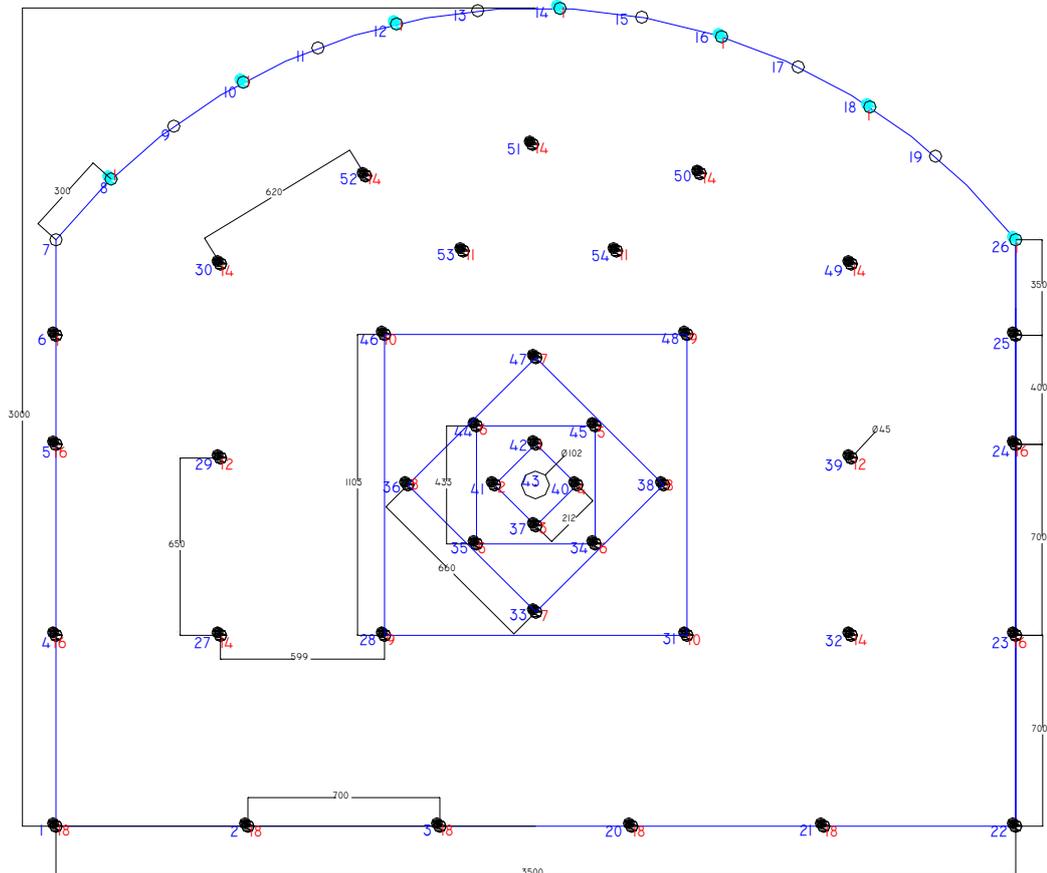
PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2419
Tipo de material	Estéril	Fecha:	31/07/2015
Altura del Tope (m)	2,30	Turno:	Noche
Ancho del Tope (m)	2,50	Volumen (m ³)	11,17
Longitud de perforación (m)	1,94	Tonelaje (tn)	30,15
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	74,34
Factor de Carga (kg/tn)	2,47		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)		Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)
		52	0,215
CARGA DE COLUMNA (ANFO)		Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)
		2,5	25
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	
		35	
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	
		12	
	Exel	Cantidad Total	
		35	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		35	

Tabla 11: Control de carga explosiva - Prueba N° 1



Imagen 28: tope perforado - Prueba N° 1

Prueba Nº 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Laboreo Oeste	Nivel: 2479
Tipo de material: Estéril	Fecha: 01/08/15
Sección perforada: Tope	Escala: 1/20000
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 49: Diagrama de perforación y voladura - Prueba Nº 2



Implementación de Precorte en un Diagrama de Voladura en Minería Subterránea



PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Laboreo Oeste		Nivel:	2479	
Tipo de material	Estéril		Fecha:	01/08/2015	
Altura del Tope (m)	3,00		Turno:	Noche	
Ancho del Tope (m)	3,50				
Longitud de perforación (m)	3,20				
∅ de vacío de perforación (mm)	102		∅ de perforación (mm):	45	
Perforista	Mauricio Mirabal				
Equipo utilizado	Bommer 2				
Observaciones del sector	Pared regular - roca dura				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:28	0:02:11		18	Z
2	0:00:50	0:02:19		18	Z
3	0:00:52	0:02:29		18	Z
4	0:00:29	0:02:07	3,18	16	H
5	0:00:26	0:01:49		16	H
6	0:00:30	0:02:11		1	H
7	0:00:59	0:02:23		sc	Co
8	0:00:24	0:02:40	3,20	1	Co
9	0:00:43	0:02:41		sc	Co
10	0:00:59	0:02:55		1	Co
11	0:00:45	0:02:25		sc	Co
12	0:01:00	0:03:05		1	Co
13	0:01:00	0:02:35	3,20	sc	Co
14	0:00:52	0:02:15		1	Co
15	0:00:59	0:02:50		sc	Co
16	0:00:34	0:02:51		1	Co
17	0:00:22	0:03:53	3,15	sc	Co
18	0:00:56	0:02:52		1	Co
19	0:00:47	0:03:39		sc	Co
20	0:00:53	0:03:20		18	Z
21	0:00:30	0:01:49	3,19	18	Z
22	0:00:42	0:03:09		18	Z
23	0:00:37	0:03:37		16	H
24	0:00:44	0:02:52	3,20	16	H
25	0:00:38	0:03:02		sc	H
26	0:00:28	0:02:22		1	Co
27	0:00:29	0:01:41	3,10	14	Az
28	0:00:39	0:02:31	3,15	9	Az
29	0:00:46	0:02:18		12	Ah
30	0:00:37	0:02:42		14	Aco
31	0:01:15	0:03:15	3,17	10	Az
32	0:00:39	0:02:49	3,20	14	Az
33	0:00:48	0:02:32		7	Acc
34	0:00:36	0:03:23	3,20	6	Cc
35	0:00:38	0:02:46		5	Cc
36	0:00:29	0:02:52		8	Acc
37	0:00:16	0:03:08	3,18	3	C
38	0:00:35	0:04:43		8	Acc
39	0:00:40	0:03:07		12	Ah
40	0:00:27	0:03:26	3,19	4	C
41	0:00:39	0:04:37		2	C
42	0:00:40	0:03:56		1	C
43 (vacío) ∅ 45 mm	0:00:53	0:03:42		sc	vacío
∅ 102 mm	0:00:28	0:09:29			
44	0:00:58	0:03:07		6	Cc
45	0:00:28	0:02:52	3,20	5	Cc
46	0:01:17	0:03:36		10	Aux
47	0:00:30	0:02:58		7	Acc
48	0:00:40	0:02:54	3,15	9	Aux
49	0:00:28	0:03:02		14	Aco
50	0:00:43	0:02:58		14	Aco
51	0:00:38	0:02:37		14	Aco
52	0:00:53	0:02:29		14	Aco
53	0:00:41	0:02:51	3,15	11	Aux
54	0:00:26	0:03:48		11	Aux
TOTAL	0:37:43	2:46:30			
PROMEDIO			3,18		

Tabla 12: Control de perforación - Prueba Nº 2

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2479
Tipo de material	Estéril	Fecha:	01/08/2015
Altura del tope (m)	3,00	Turno:	Día
Ancho del Tope (m)	3,50	Volumen (m ³)	33,34
Longitud de perforación (m)	3,18	Tonelaje (tn)	90,03
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	168,23
Factor de Carga (kg/tn)	1,87		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	79	0,215	16,99
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	6	25	150
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		40	0,20
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		26	1,04
	Exel	Cantidad Total	
		45	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		45	

Tabla 13: control de carga explosiva - Prueba N° 2



Imagen 29: material sin desprenderse en el techo - Prueba N° 2

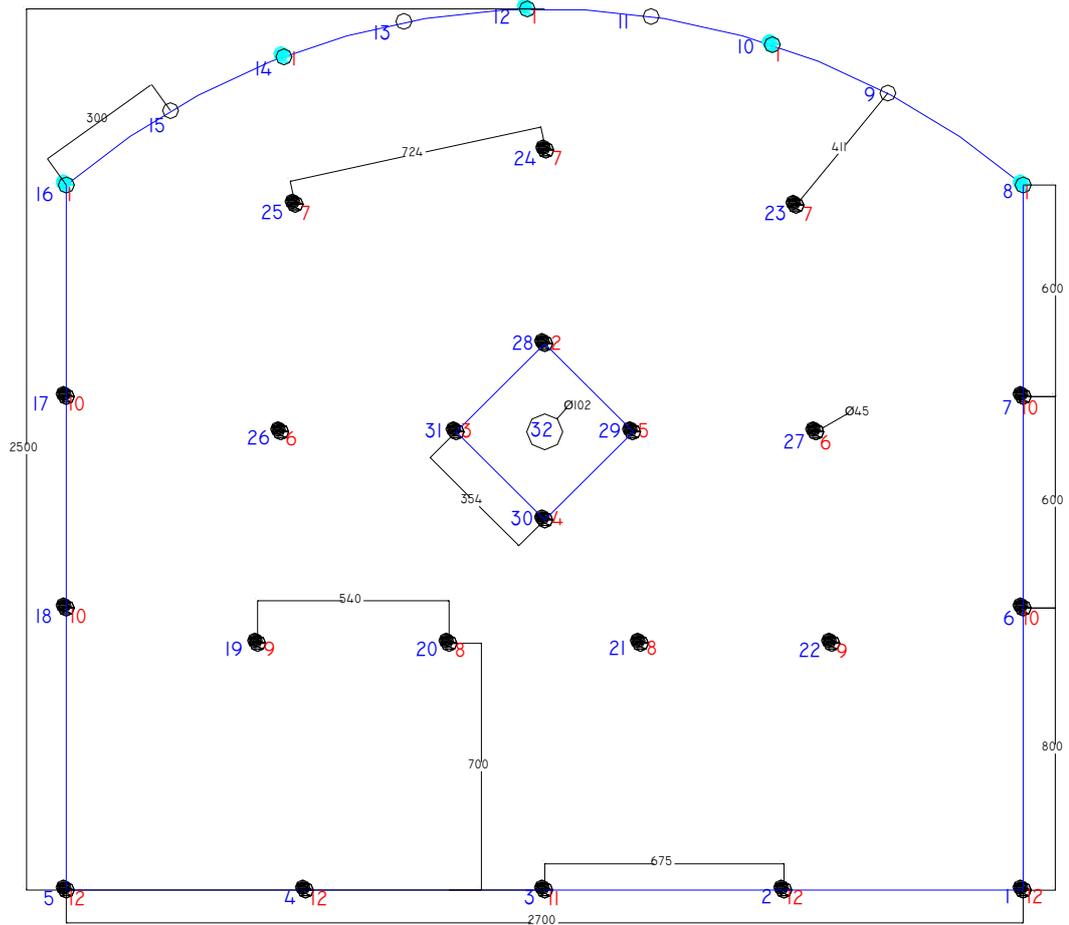


Imagen 30: Marcación de diagrama de perforación - Prueba Nº 2



Imagen 31: fragmentación de la voladura - Prueba Nº 2

Prueba Nº 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Encuentro Noreste	Nivel: 2446
Tipo de material: Estéril	Fecha: 18/08/15
Sección perforada: Tope	Escala: 1/16500
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 50: Diagrama de perforación y voladura - Prueba Nº 3

PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Encuentro Sudeste		Nivel:	2446	
Tipo de material	Estéril		Fecha:	18/08/2015	
Altura del Tope (m)	2,50		Turno:	Día	
Ancho del Tope (m)	2,70				
Longitud de perforación (m)	2,90				
∅ de vacío de perforación (mm)	102		∅ de perforación (mm):	45	
Perforista	Hector Villacorta				
Equipo utilizado	Quasar 2				
Observaciones del sector	Frente regular, material medio duro con Veta de 50 cm				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:01:15	0:05:50	2,85	12	Z
2	0:00:33	0:03:30		12	Z
3	0:00:38	0:04:00	2,90	11	Z
4	0:00:27	0:03:06		12	Z
5	0:00:10	0:07:00		12	Z
6	0:00:21	0:05:30	2,85	10	H
7	0:00:16	0:06:00		10	H
8	0:00:28	0:06:40		1	Co
9	0:00:12	0:06:46		sc	Co
10	0:00:37	0:03:08		1	Co
11	0:00:26	0:04:55		sc	Co
12	0:00:28	0:04:05		1	Co
13	0:00:50	0:03:00		sc	Co
14	0:00:30	0:02:53		1	Co
15	0:00:25	0:03:10		sc	Co
16	0:00:41	0:04:45		1	Co
17	0:00:33	0:05:38		10	H
18	0:00:27	0:04:05	2,90	10	H
19	0:00:40	0:05:36		9	Az
20	0:00:35	0:05:50		8	Az
21	0:01:08	0:02:55		8	Az
22	0:00:38	0:03:28		9	Az
23	0:00:22	0:03:39	2,85	7	Aco
24	0:00:41	0:03:56		7	Aco
25	0:00:25	0:03:49		7	Aco
26	0:00:33	0:02:58	2,90	6	Ah
27	0:00:34	0:03:46		6	Ah
28	0:00:31	0:03:33	2,85	2	C
29	0:00:47	0:03:18	2,90	5	C
30	0:00:39	0:04:03		4	C
31	0:00:40	0:08:04		3	C
(Vacío) ∅ 45 mm	0:00:34	0:06:25	2,90	Sc	vacío
∅ 102 mm	0:00:47	0:08:04			
TOTAL	0:18:51	2:33:25			
PROMEDIO			2,88		

Tabla 14: control de perforación - Prueba Nº 3

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Encuentro Sudeste	Nivel:	2446
Tipo de material	Estéril	Fecha:	18/08/2015
Altura del Tope (m)	2,50	Turno:	Día
Ancho del Tope (m)	2,70	Volumen (m ³)	19,43
Longitud de perforación (m)	2,88	Tonelaje (tn)	52,45
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	85,87
Factor de Carga (kg/tn)	1,64		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	46	0,215	9,89
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	3	25	75
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		36	0,18
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		20	0,8
	Exel	Cantidad Total	
		28	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		28	

Tabla 15: control de carga explosiva - Prueba N° 3



Imagen 32: fragmentación de la voladura - Prueba N° 3

PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Laboreo Oeste		Nivel:	2479	
Tipo de material	Estéril		Fecha:	01/09/2015	
Altura del Tope (m)	2,90		Turno:	Noche	
Ancho del Tope (m)	2,50				
Longitud de perforación (m)	2,80				
∅ de vacío de perforación (mm)	102		∅ de perforación (mm):	45	
Perforista	Nelson Mamani				
Equipo utilizado	Bommer 2				
Observaciones del sector	Pared irregular - parte central roca dura - presencia de carbonatos rosados				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:30	0:01:33		1	H
2	0:00:16	0:01:49	2,75	sc	Co
3	0:00:20	0:02:00		1	Co
4	0:00:19	0:01:45		sc	Co
5	0:00:30	0:01:56		1	Co
6	0:00:15	0:01:41		sc	Co
7	0:00:25	0:01:58		1	Co
8	0:00:43	0:02:01		sc	Co
9	0:00:24	0:02:03		1	Co
10	0:00:22	0:02:12		sc	Co
11	0:00:28	0:02:04	2,70	1	Co
12	0:00:20	0:01:48		sc	Co
13	0:00:15	0:02:17		1	H
14	0:00:26	0:01:41	2,78	11	H
15	0:00:44	0:01:52		11	H
16	0:00:53	0:01:47		12	Aco
17	0:00:40	0:02:45		12	Aco
18	0:00:22	0:02:09	2,80	12	Aco
19	0:00:17	0:02:07		12	Aco
20 (vacío) ∅ 45 mm	0:00:31	0:03:30		sc	vacío
∅ 102 mm	0:00:34	0:06:30			
21 (vacío) ∅ 45 mm	0:00:15	0:03:22			
∅ 102 mm	0:00:27	0:05:29			
22	0:00:19	0:02:32	2,75	4	C
23	0:00:22	0:02:10		7	Cc
24	0:00:21	0:02:28		6	Cc
25	0:00:28	0:03:30		2	C
26	0:00:16	0:02:51	2,70	2	C
27	0:00:32	0:03:05		6	Cc
28	0:00:18	0:04:27		4	C
29	0:00:30	0:03:22		8	Aux
30	0:00:26	0:03:00		7	Cc
31	0:00:20	0:02:42	2,77	9	Ah
32	0:00:37	0:01:49		11	H
33	0:00:25	0:02:02		11	H
34	0:00:22	0:02:05		9	Ah
35	0:00:35	0:02:08		10	Az
36	0:00:27	0:02:55	2,73	8	Az
37	0:00:20	0:02:19		10	Az
38	0:00:49	0:02:13		14	Z
39	0:01:25	0:03:54		14	Z
40	0:00:30	0:02:32		14	Z
41	0:01:55	0:02:51	2,80	14	Z
TOTAL	0:21:33	1:51:14			
PROMEDIO			2,75		

Tabla 16: control de perforación - Prueba Nº 4

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2479
Tipo de material	Estéril	Fecha:	01/09/2015
Altura del Tope (m)	2,90	Turno:	Noche
Ancho del Tope (m)	2,50	Volumen (m ³)	19,96
Longitud de perforación (m)	2,75	Tonelaje (tn)	53,90
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	92,41
Factor de Carga (kg/tn)	1,71		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	74	0,215	15,91
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	3	25	75
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		35	0,18
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		33	1,32
	Exel	Cantidad Total	
		33	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		33	

Tabla 17: control de carga explosiva - Prueba N° 4



Imagen 33: tope cargado, con jaboncillo hacia el hastial izquierdo - Prueba N° 4

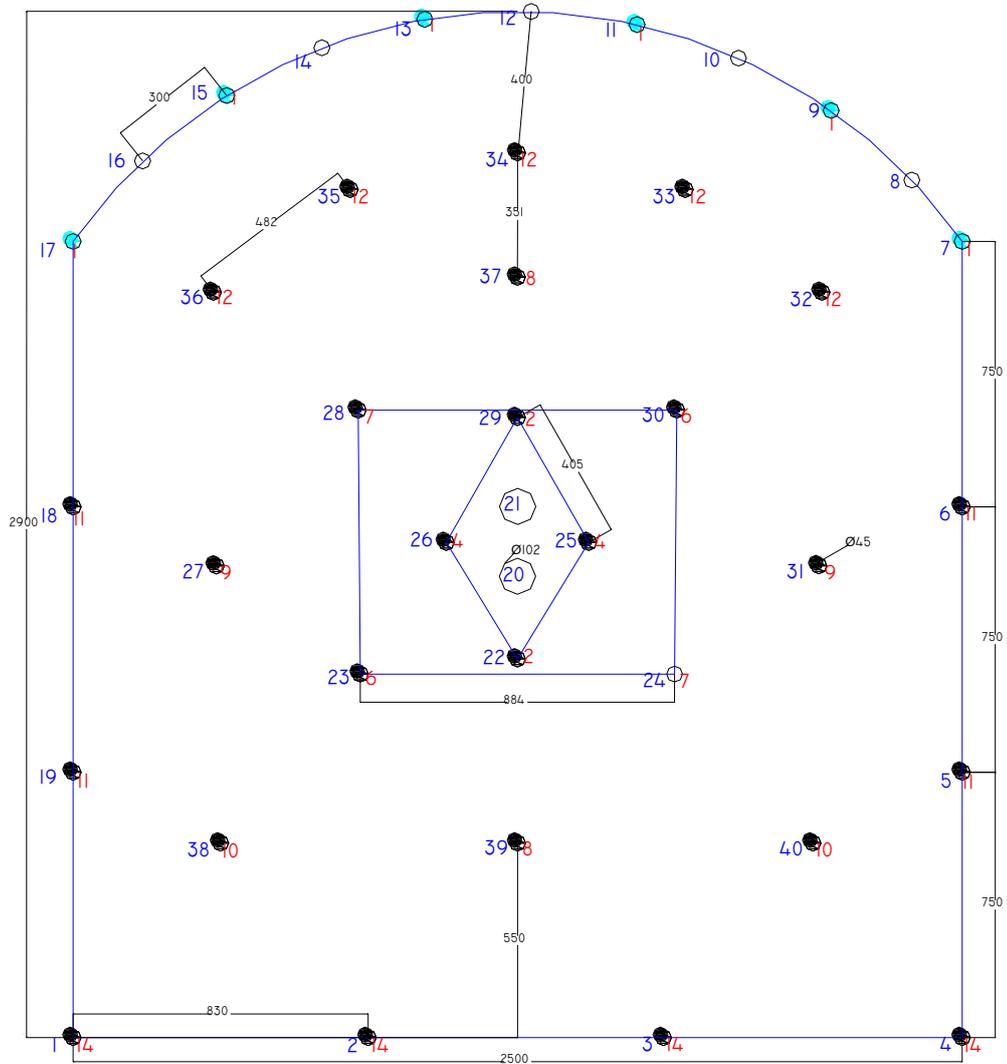


Imagen 34: revisión postvoladura - Prueba N° 4



Imagen 35: tojeo del techo - Prueba N° 4

Prueba Nº 5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Laboreo Oeste	Nivel: 2479
Tipo de material: Estéril	Fecha: 02/09/15
Sección perforada: Tope	Escala: 1/17500
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 52: Diagrama de perforación y voladura - Prueba Nº 5



Implementación de Precorte en un Diagrama de Voladura en Minería Subterránea



PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2479		
Tipo de material	Estéril	Fecha:	02/09/2015		
Altura del Tope (m)	2,90	Turno:	Noche		
Ancho del Tope (m)	2,50				
Longitud de perforación (m)	2,80				
∅ de vacío de perforación (mm)	102	∅ de perforación (mm):	45		
Perforista	Nelson Mamani				
Equipo utilizado	Bommer 2				
Observaciones del sector	Pared regular - roca medianamente dura				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:28	0:02:49	2,80	14	Z
2	0:01:13	0:03:08		14	Z
3	0:01:19	0:02:14		14	Z
4	0:00:42	0:02:29	2,76	14	Z
5	0:01:41	0:03:23		11	H
6	0:00:29	0:03:00		11	H
7	0:00:42	0:02:06	2,70	1	Co
8	0:00:46	0:02:00		sc	Co
9	0:00:53	0:02:06		1	Co
10	0:00:17	0:02:22		sc	Co
11	0:00:18	0:02:34		1	Co
12	0:00:22	0:03:13		sc	Co
13	0:00:26	0:02:55		1	Co
14	0:00:29	0:01:58		sc	Co
15	0:00:36	0:01:45		1	Co
16	0:00:45	0:01:43		sc	Co
17	0:00:39	0:01:58		1	Co
18	0:00:25	0:02:25	2,73	11	H
19	0:00:31	0:02:30		11	H
20 (vacío) ∅ 45 mm ∅ 102 mm	0:01:06	0:02:06	2,75	sc	vacío
	0:00:23	0:02:52			
21 (vacío) ∅ 45 mm ∅ 102 mm	0:00:35	0:02:34	2,75	sc	vacío
	0:00:16	0:03:07			
22	0:00:37	0:01:33		2	C
23	0:00:15	0:02:55	2,75	6	Cc
24	0:00:16	0:01:54	2,80	7	Cc
25	0:00:14	0:02:42		4	C
26	0:00:16	0:02:15		4	C
27	0:00:17	0:03:05	2,70	9	Ah
28	0:00:22	0:02:58		7	Cc
29	0:00:23	0:02:31		2	C
30	0:00:32	0:02:07		6	Cc
31	0:00:24	0:02:19		9	Ah
32	0:00:17	0:02:08	2,80	12	Aco
33	0:00:26	0:03:35		12	Aco
34	0:00:27	0:02:56		12	Aco
35	0:00:34	0:01:59		12	Aco
36	0:00:27	0:01:53		12	Aco
37	0:00:26	0:02:10	2,80	8	Aux
38	0:00:37	0:03:05		10	Az
39	0:00:24	0:02:17		8	Az
40	0:00:45	0:02:05	2,76	10	Az
TOTAL	0:23:20	1:43:44			
PROMEDIO			2,76		

Tabla 18: control de perforación - Prueba N° 5

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2479
Tipo de material	Estéril	Fecha:	02/09/2015
Altura del Tope (m)	2,90	Turno:	Noche
Ancho del Tope (m)	2,50	Volumen (m ³)	20,00
Longitud de perforación (m)	2,76	Tonelaje (tn)	54,01
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	94,01
Factor de Carga (kg/tn)	1,74		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	82	0,215	17,63
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	3	25	75
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		35	0,18
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		30	1,2
	Exel	Cantidad Total	
		33	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		33	

Tabla 19: control de carga explosiva - Prueba N° 5



Imagen 36: arranque con dos taladros de expansión - Prueba N° 5

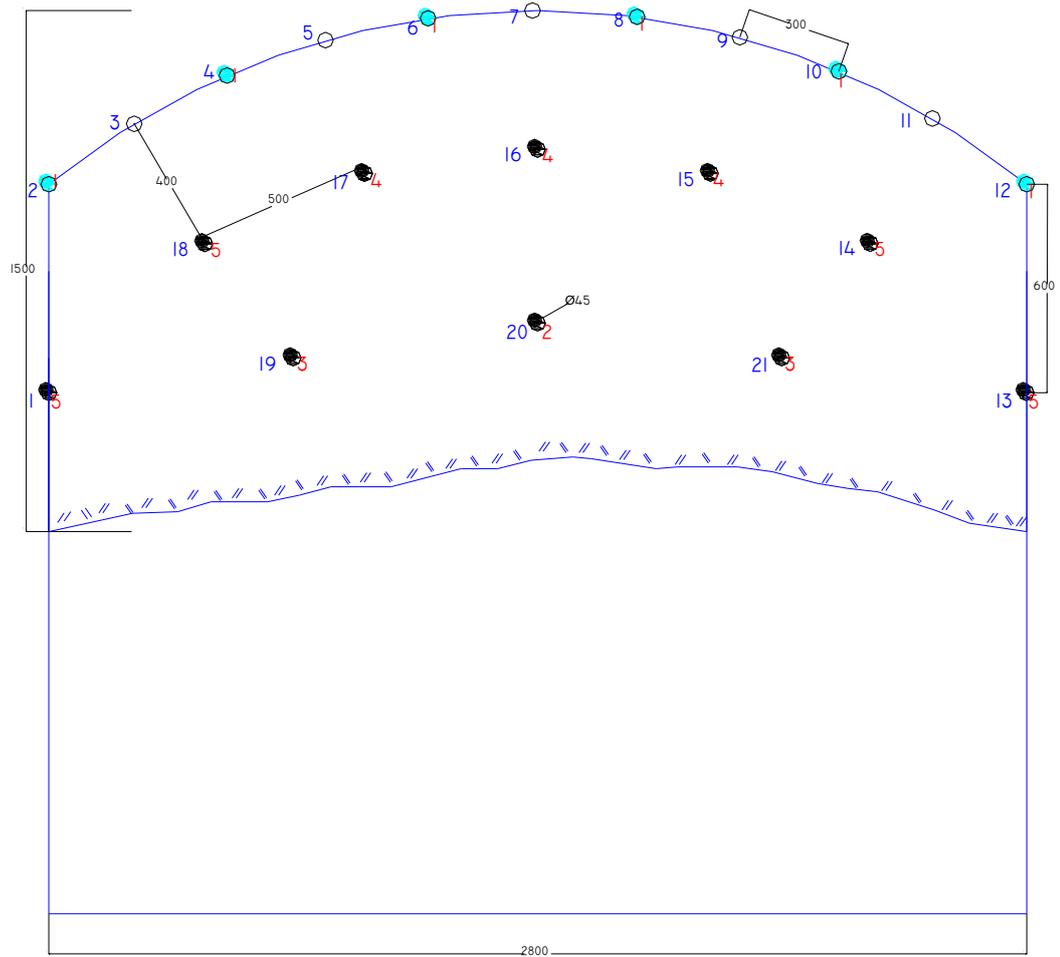


Imagen 37: resultados de la voladura - Prueba N° 5



Imagen 38: control de los tiempos de perforación - Prueba N° 5

Prueba Nº 6



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Laboreo Oeste	Nivel: 2479
Tipo de material: Estéril	Fecha: 04/08/15
Sección perforada: Frente	Escala: 1/17500
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 53: Diagrama de perforación y voladura - Prueba Nº 6



Implementación de Precorte en un Diagrama de Voladura en Minería Subterránea



PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta		Laboreo Oeste		Nivel: 2479	
Tipo de material		Estéril		Fecha: 04/08/2015	
Altura del Frente (m)		1,50		Turno: Día	
Ancho del Frente (m)		2,80			
Longitud de perforación (m)		3,20			
Ø de vacío de perforación (mm)		102		Ø de perforación (mm): 45	
Perforista		Nelson Mamaní			
Equipo utilizado		Bommer 2			
Observaciones del sector		Pared irregular - roca dura			
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:31	0:03:43	3,20	4	F1
2	0:00:50	0:03:35		1	Co
3	0:00:49	0:03:22	3,15	sc	Co
4	0:00:36	0:02:59		1	Co
5	0:00:56	0:02:56		sc	Co
6	0:01:07	0:03:57		1	Co
7	0:00:25	0:03:58	3,15	sc	Co
8	0:00:57	0:02:49		1	Co
9	0:00:48	0:02:32		sc	Co
10	0:01:42	0:02:44	3,10	1	Co
11	0:00:50	0:02:24		sc	Co
12	0:00:30	0:02:10		1	Co
13	0:00:25	0:02:01		4	F1
14	0:00:37	0:02:06	3,20	5	Aco
15	0:00:38	0:02:27		5	Aco
16	0:00:40	0:02:56		5	Aco
17	0:01:43	0:02:58	3,15	5	Aco
18	0:01:11	0:02:42		5	Aco
19	0:01:10	0:03:03	3,20	3	F1
20	0:00:48	0:03:02		2	F1
21	0:00:52	0:02:55		3	F1
TOTAL	0:18:05	1:01:19			
PROMEDIO			3,16		

Tabla 20: control de perforación - Prueba Nº 6

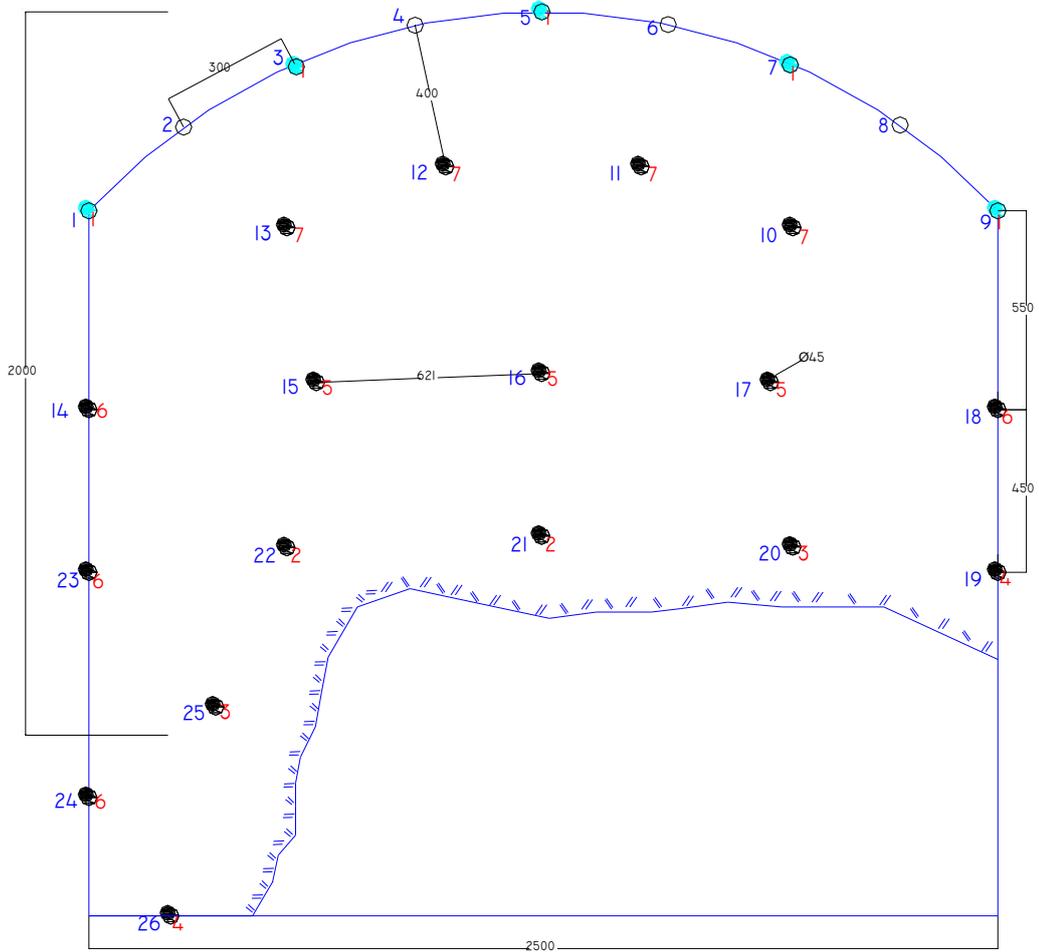
PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2479
Tipo de material	Estéril	Fecha:	04/08/2015
Altura del Frente (m)	1,50	Turno:	Día
Ancho del Frente (m)	2,80	Volumen (m ³)	13,29
Longitud de perforación (m)	3,16	Tonelaje (tn)	35,88
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	13,56
Factor de Carga (kg/tn)	0,38		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	56	0,215	12,04
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	0	25	0
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		15	0,08
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		36	1,44
	Exel	Cantidad Total	
		16	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		16	

Tabla 21: control de carga explosiva - Prueba N° 6



Imagen 39: fragmentación de la voladura - Prueba N° 6

Prueba Nº 7



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Laboreo Oeste	Nivel: 2479
Tipo de material: Estéril	Fecha: 15/08/15
Sección perforada: Frente	Escala: 1/17500
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 54: Diagrama de perforación y voladura - Prueba Nº 7



Implementación de Precorte en un Diagrama de Voladura en Minería Subterránea



PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta		Laboreo Oeste		Nivel:	2479
Tipo de material		Estéril		Fecha:	15/08/2015
Altura del Frente (m)		2,00		Turno:	Día
Ancho del Frente(m)		2,50			
Longitud de perforación (m)		3,20			
Ø de vacío de perforación (mm)		102		Ø de perforación (mm):	45
Perforista		Mauricio Mirabal			
Equipo utilizado		Bommer 2			
Observaciones del sector		Pared con alteración hacia la derecha - roca dura			
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:57	0:02:52		1	Co
2	0:00:27	0:01:59	3,15	sc	Co
3	0:00:57	0:01:55		1	Co
4	0:00:47	0:02:26	3,20	sc	Co
5	0:00:25	0:02:53		1	Co
6	0:00:50	0:01:46		sc	Co
7	0:00:38	0:03:10		1	Co
8	0:00:30	0:02:50		sc	Co
9	0:00:29	0:01:43	3,10	1	Co
10	0:00:54	0:01:38		7	Aco
11	0:00:34	0:02:10	3,15	7	Aco
12	0:00:39	0:02:11		7	Aco
13	0:00:29	0:02:57		7	Aco
14	0:00:43	0:02:18		6	F1
15	0:00:24	0:02:20	3,20	5	F1
16	0:00:32	0:02:27		5	F1
17	0:00:45	0:01:51		5	F1
18	0:00:35	0:01:36		6	F1
19	0:00:33	0:01:59	3,10	4	F2
20	0:00:28	0:01:33		3	F2
21	0:00:29	0:02:02	3,20	2	F2
22	0:00:34	0:02:04		2	F2
23	0:00:51	0:02:20	3,10	6	F2
24	0:00:39	0:01:53		6	Aux
25	0:00:45	0:01:30	3,15	3	Aux
26	0:00:42	0:02:26		4	Aux
TOTAL	0:16:36	0:56:49			
PROMEDIO			3,15		

Tabla 22: control de perforación - Prueba Nº 7

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2479
Tipo de material	Estéril	Fecha:	15/08/2015
Altura del Frente(m)	2,00	Turno:	Día
Ancho del Frente (m)	2,50	Volumen (m ³)	15,75
Longitud de perforación (m)	3,15	Tonelaje (tn)	42,53
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	70,69
Factor de Carga (kg/tn)	1,66		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelumón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	29	0,215	6,24
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	2,5	25	62,5
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		30	0,15
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		45	1,8
	Exel	Cantidad Total	
		22	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		22	

Tabla 23: control de carga explosiva - Prueba N° 7



Imagen 40: perforación de frente con desquinche - Prueba N° 7

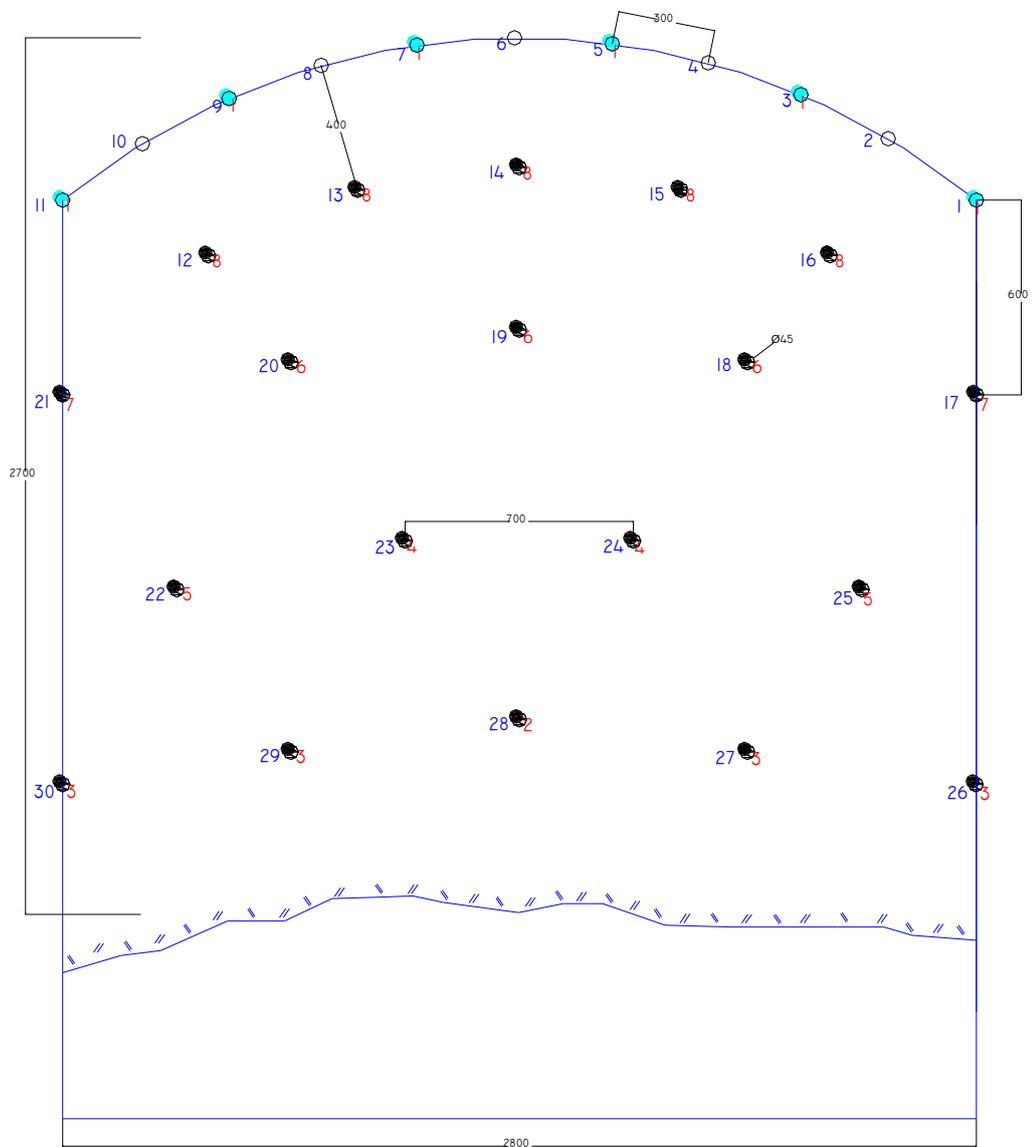


Imagen 41: marcación de puntos del precorte - Prueba N° 7



Imagen 42: fragmentación de la voladura - Prueba N° 7

Prueba Nº 8



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Encuentro Sudeste	Nivel: 2446
Tipo de material: Estéril	Fecha: 29/08/15
Sección perforada: Frente	Escala: 1/20000
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 55: Diagrama de perforación y voladura - Prueba Nº 8



Implementación de Precorte en un Diagrama de Voladura en Minería Subterránea



PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Encuentro Sudeste		Nivel:	2446	
Tipo de material	Estéril		Fecha:	29/08/2015	
Altura del Frente (m)	2,70		Turno:	Noche	
Ancho del Frente (m)	2,80				
Longitud de perforación (m)	3,00				
∅ de vacío de perforación (mm)	102		∅ de perforación (mm):	45	
Perforista	Héctor Villacorta				
Equipo utilizado	Quasar Tamrock 2				
Observaciones del sector	Pared regular con alteraciones hacia el hastial derecho				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:31	0:02:41		1	Co
2	0:00:32	0:02:57		sc	Co
3	0:00:36	0:02:41		1	Co
4	0:00:32	0:02:45		sc	Co
5	0:00:33	0:01:51		1	Co
6	0:00:24	0:03:24		sc	Co
7	0:00:27	0:02:19		1	Co
8	0:00:23	0:05:14		sc	Co
9	0:00:39	0:03:15		1	Co
10	0:00:31	0:05:48		sc	Co
11	0:00:30	0:05:31		1	Co
12	0:00:49	0:05:58		8	Aco
13	0:00:36	0:04:45		8	Aco
14	0:00:28	0:02:25	2,90	8	Aco
15	0:00:17	0:02:31		8	Aco
16	0:00:17	0:02:23		8	Aco
17	0:00:29	0:03:33	3,00	7	F1
18	0:00:26	0:04:24		6	F1
19	0:00:30	0:04:01		6	F1
20	0:00:24	0:07:45		6	F1
21	0:00:43	0:06:36	2,95	7	F1
22	0:00:27	0:05:30		5	F2
23	0:00:31	0:05:41		4	F2
24	0:00:26	0:06:05	2,90	4	F2
25	0:00:33	0:04:57		5	F2
26	0:00:28	0:04:39		3	F3
27	0:00:41	0:05:02	3,00	3	F3
28	0:00:30	0:04:48		2	F3
29	0:00:42	0:04:35	3,95	3	F3
30	0:00:35	0:04:03		3	F3
TOTAL	0:15:30	2:08:07			
PROMEDIO			2,95		

Tabla 24: control de perforación - Prueba N° 8

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Encuentro Sudeste	Nivel:	2446
Tipo de material	Estéril	Fecha:	29/08/2015
Altura del Frente (m)	2,70	Turno:	Noche
Ancho del Frente (m)	2,80	Volumen (m ³)	22,30
Longitud de perforación (m)	2,95	Tonelaje (tn)	60,22
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	38,22
Factor de Carga (kg/tn)	0,63		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	174	0,215	37,41
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	0	25	0
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		18	0,09
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		18	0,72
	Exel	Cantidad Total	
		25	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		25	

Tabla 25: control de carga explosiva - Prueba N° 8



Imagen 43: perforación de frente - Prueba N° 8

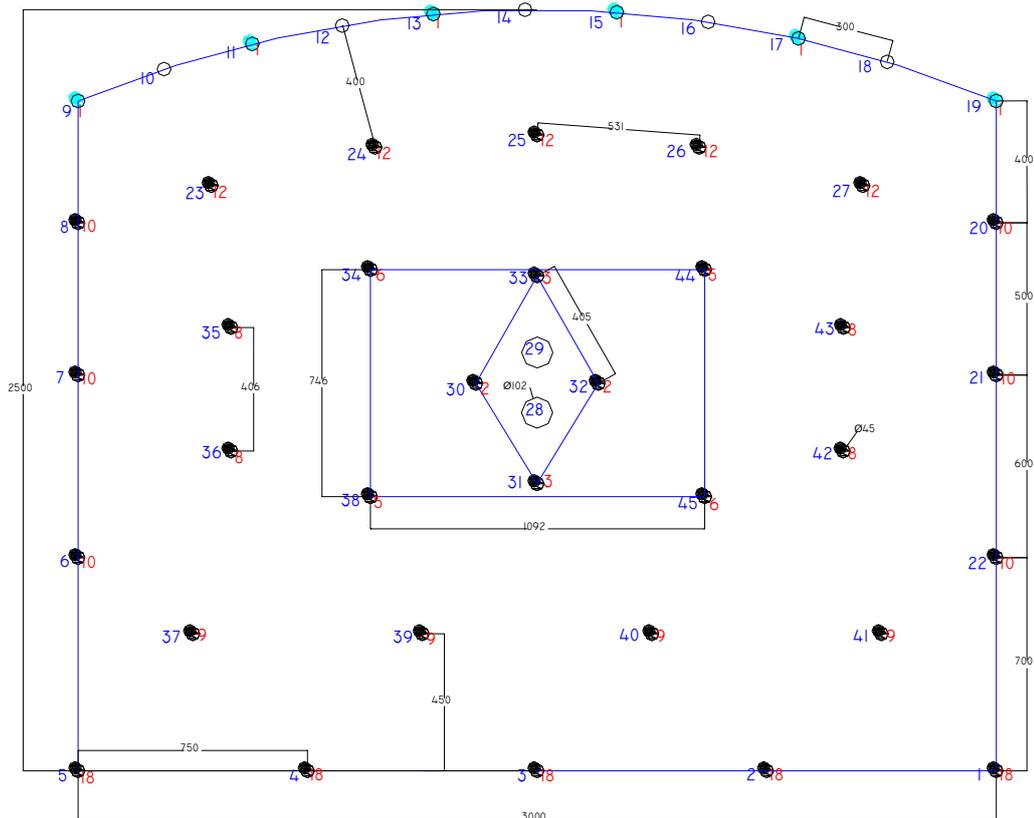


Imagen 44: armado del cebo con un cordón detonante de gramaje 40 - Prueba N° 8



Imagen 45: fragmentación de la voladura - Prueba N° 8

Prueba N° 9



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CATAMARCA	
Veta: Laboreo Oeste	Nivel: 2479
Tipo de material: Mineral	Fecha: 18/08/15
Sección perforada: Tope	Escala: 1/20000
— Secuencia de perforación	— Secuencia de voladura

Figura 56: Diagrama de perforación y voladura - Prueba N° 9

PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Laboreo Oeste		Nivel:	2479	
Tipo de material	Mineral		Fecha:	18/08/2015	
Altura del Tope (m)	2,50		Turno:	Día	
Ancho del Tope (m)	3,00				
Longitud de perforación (m)	3,00				
∅ de vacío de perforación (mm)	102		∅ de perforación (mm):	45	
Perforista	Nelson Mamaní				
Equipo utilizado	Bommer 2				
Observaciones del sector	pared medianamente regular - falla hastial izquierdo				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:31	0:02:35		18	Z
2	0:00:31	0:02:37		18	Z
3	0:01:26	0:02:13		18	Z
4	0:00:36	0:02:33		18	Z
5	0:00:42	0:02:56	2,95	18	Z
6	0:00:37	0:02:37		10	H
7	0:00:28	0:03:08		10	H
8	0:00:23	0:02:17		10	H
9	0:00:31	0:02:18		1	Co
10	0:01:12	0:01:53		sc	Co
11	0:00:30	0:03:20	2,85	1	Co
12	0:00:26	0:03:36		sc	Co
13	0:00:27	0:02:44		1	Co
14	0:00:36	0:02:15		sc	Co
15	0:00:50	0:02:14		1	Co
16	0:00:42	0:02:55		sc	Co
17	0:00:54	0:02:42	2,90	1	Co
18	0:00:50	0:01:42		sc	Co
19	0:00:47	0:03:41		1	Co
20	0:00:41	0:03:18		10	H
21	0:00:34	0:02:04	2,90	10	H
22	0:01:08	0:02:12		10	H
23	0:00:43	0:02:22		12	Aco
24	0:00:20	0:02:18		12	Aco
25	0:00:35	0:02:25	3,00	12	Aco
26	0:00:39	0:02:29		12	Aco
27	0:00:56	0:02:05		12	Aco
28 (vacío) ∅ 45 mm	0:00:56	0:01:57			
∅ 102 mm	0:00:13	0:03:57		sc	vacío
29 (vacío) ∅ 45 mm	0:00:20	0:02:27	2,95		
∅ 102 mm	0:00:17	0:04:49			
30	0:00:25	0:04:14	3,00	2	C
31	0:00:24	0:01:28	2,90	3	C
32	0:00:20	0:01:38		2	C
33	0:00:31	0:01:53		3	C
34	0:00:26	0:02:12		6	Cc
35	0:00:36	0:01:59	2,90	8	Ah
36	0:01:15	0:01:55		8	Ah
37	0:00:39	0:01:30		9	Az
38	0:00:35	0:02:03		5	Cc
39	0:00:37	0:02:05		9	Az
40	0:01:00	0:01:43	3,00	9	Az
41	0:00:43	0:01:58	2,85	9	Az
42	0:00:39	0:01:47		8	Ah
43	0:00:37	0:01:46		8	Ah
44	0:00:34	0:01:28	3,00	5	Cc
45	0:00:21	0:02:01		6	Cc
TOTAL	0:30:03	1:54:19			
PROMEDIO			2,93		

Tabla 26: control de perforación - Prueba Nº 9

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Laboreo Oeste	Nivel:	2419
Tipo de material	Estéril	Fecha:	18/08/2015
Altura del Tope (m)	2,50	Turno:	Día
Ancho del Tope (m)	3,00	Volumen (m ³)	22,50
Longitud de perforación (m)	3,00	Tonelaje (tn)	60,75
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	124,25
Factor de Carga (kg/tn)	2,05		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	47	0,215	10,105
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	4,5	25	112,5
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		40	0,2
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		36	1,44
	Exel	Cantidad Total	
		38	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		38	

Tabla 27: control de carga explosiva - Prueba N° 9



Imagen 46: tope en mineral - Prueba N° 9



Imagen 47: utilizando cargadora de ANFO en tope - Prueba N° 9



Imagen 48: minicargadora utilizada para cargar explosivos en topes y frentes - Prueba N° 9



Implementación de Precorte en un Diagrama de Voladura en Minería Subterránea



PLANILLA CONTROL DE PERFORACIÓN					
Veta	Encuentro Noreste	Nivel:	2446		
Tipo de material	Mineral	Fecha:	30/08/2015		
Altura del Frente (m)	2,70	Turno:	Noche		
Ancho del Frente (m)	2,80				
Longitud de perforación (m)	3,00				
∅ de vacío de perforación (mm)	102	∅ de perforación (mm):	45		
Perforista	William Medina				
Equipo utilizado	Quasar Tamrock 1				
Observaciones del sector	veta en el ubicada en el centro - zona izquierda oxidada				
Nº DE TALADROS	TIEMPOS		Longitud	Secuencia de salida	Zona de la sección
	Posicionamiento	Perforación			
1	0:00:50	0:05:46		1	Co
2	0:01:05	0:04:42		sc	Co
3	0:00:38	0:03:01		1	Co
4	0:00:44	0:04:08		sc	Co
5	0:01:12	0:05:56		1	Co
6	0:00:57	0:03:42		sc	Co
7	0:00:52	0:03:03		1	Co
8	0:00:54	0:03:33		sc	Co
9	0:00:48	0:03:46		1	Co
10	0:00:43	0:03:19		sc	Co
11	0:00:57	0:03:27		1	Co
12	0:00:25	0:03:00	2,90	10	Aco
13	0:00:40	0:02:48		10	Aco
14	0:00:47	0:02:54		10	Aco
15	0:01:13	0:02:20	2,85	10	Aco
16	0:00:53	0:03:42		10	Aco
17	0:00:47	0:03:25		9	F1
18	0:00:44	0:01:53	2,95	8	F1
19	0:00:42	0:02:26		8	F1
20	0:00:53	0:02:41		8	F1
21	0:00:30	0:02:31	2,90	9	F1
22	0:00:40	0:02:43		7	F2
23	0:00:33	0:01:41		6	F2
24	0:00:31	0:01:37		6	F2
25	0:00:22	0:02:07	3,00	6	F2
26	0:00:33	0:04:02		7	F2
27	0:00:40	0:03:51		5	F3
28	0:00:31	0:01:58	2,95	4	F3
29	0:00:28	0:01:15		4	F3
30	0:00:36	0:02:36		4	F3
31	0:00:31	0:02:34	2,85	5	F3
32	0:00:40	0:02:28		3	F4
33	0:00:28	0:01:01		2	F4
34	0:00:36	0:01:11		2	F4
35	0:00:37	0:03:29	3,00	3	F4
TOTAL	0:25:00	1:44:36			
		PROMEDIO	2,93		

Tabla 28: control de perforación - Prueba N° 10

PLANILLA CONTROL DE CARGA			
Veta	Encuentro Noreste	Nivel:	2446
Tipo de material	Mineral	Fecha:	30/08/2015
Altura del Frente (m)	2,70	Turno:	Noche
Ancho del Frente (m)	2,80	Volumen (m ³)	22,68
Longitud de perforación (m)	3,00	Tonelaje (tn)	61,24
Densidad de la roca (tn/m ³)	2,70	Peso total de explosivo (kg)	29,40
Factor de Carga (kg/tn)	0,48		
EXPLOSIVOS UTILIZADOS			
CARGA DE FONDO (Gelamón)	Unidades Utilizadas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	126	0,215	27,09
CARGA DE COLUMNA (ANFO)	Cantidad de Bolsas	Peso x Unidad (kg)	Peso (kg)
	0	25	0
ACCESORIOS	Cordón Det. 5 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		30	0,15
	Cordón Det. 40 gr/m	Longitud utilizada (m)	Peso (kg)
		54	2,16
	Exel	Cantidad Total	
		30	
	Mecha Lenta	Longitud utilizada (m)	
		8	
	Taco	Cantidad Total	
		30	

Tabla 29: control de carga explosiva - Prueba N° 10



Imagen 49: perforación de frente - Prueba N° 10



ANEXO 3: CATÁLOGOS

JUMBO: BOOMER S1 D

Atlas Copco Argentina, República | atlascopco.com

Boomer S1 D: Equipo de perforación frontal



Crear hoja PDF

Solicitud de información

Contacto

[Ver detalles de contacto](#)

VÍNCULOS 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

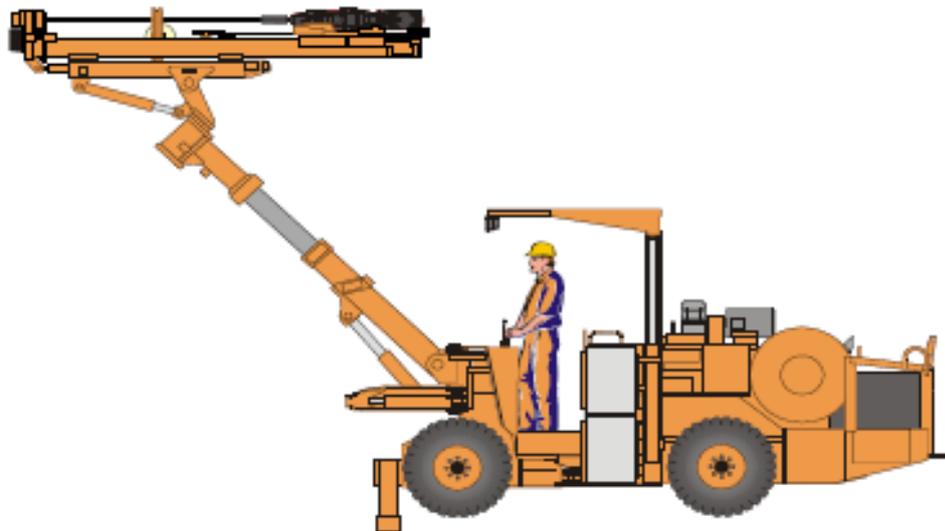
Sistema de aire	
Capacidad, máx.	11,7 l/s a 7 bar
Manómetro, presión de aire	SI
Brazo	
Número de brazos	1
Brazo	BUT 29
Extensión del brazo, máx.	1450 mm
Extensión de la deslizadera, máx.	1250 mm
Giro de la deslizadera	360°
Ángulo de elevación, máx.	+ 65°/-30°
Mantenimiento del paralelismo	Completo
Ángulo 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 IIIA)
Potencia nominal	55 kW a 2300 rpm
Par	270 Nm a 1500 rpm
Dirección articulada	±40° ángulo de dirección
Trazación a las cuatro ruedas	SI
Sistema de dirección hidrostática	SI

Transmisión	Hidrostático
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	CCP 1638+D+, CCP 1838+D+, CCP 2238 HD+

JUMBO: QUASAR

Technical Specification
9-604 S-A
2006-10-17

QUASAR NV



APPLICATION

The Quasar NV is a compact and versatile single boom electro hydraulic jumbo for development, bolting and/or production in narrow vein mining.

The unique multi-purpose boom has a large optimum shaped coverage. A double rotation device allows a vertical positioning on both side and the possibility to drill extremely close to the hanging and foot walls, both to the right and left.

The jumbo layout is designed for good visibility and balance, this and the powerful four-wheel-drive articulated carrier ensure fast and safe manoeuvring in small drifts.

The high performance drilling system allows high drilling performance with good drill steel economy and high machine reliability.

The operator environment and added automatic functions allow the operator to concentrate on safe, fast and accurate drilling.

All the service points are well protected but easy to access.

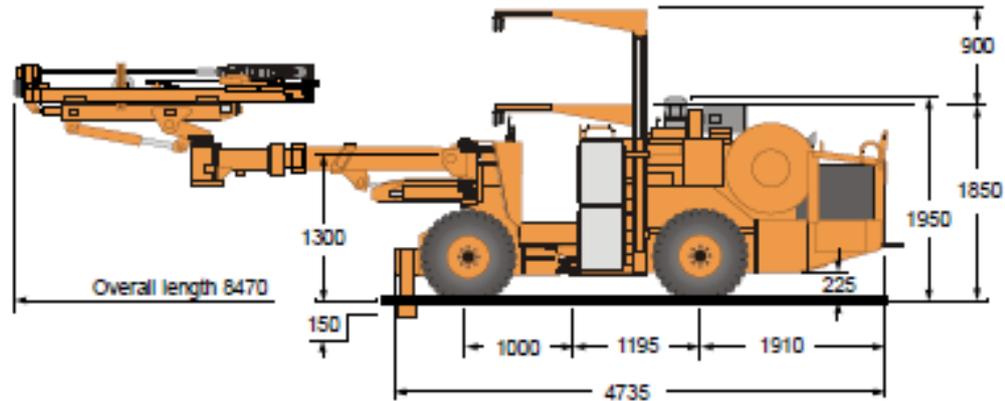
MAIN SPECIFICATIONS

Carrier	1 x Quasar
Safety canopy	1 x FOPS
Rock drill	1 x Hydrastar 200
Feed	1 x NVTF 6/10
Boom	1 x B 14 NV
Control system	1 x IBCQNV
Power pack	1 x 45 kW
Cable reel	1 x CRQ
Length	8 470 mm
Width	1 200 mm
Height	1 850 / 2 750 mm
Weight	8 650 kg
Tramming speed	6.5 km/h
	13% = 1,7-8°
Gradeability, max	4 km/h
Noise level	35 %
	< 98 dB(A)

Technical Specification
6-604 S-A
2006-10-17

QUASAR NV

GENERAL DIMENSIONS



All dimensions in mm

HYDRASTAR 200 ROCK DRILL (Specification sheet 2-100 S)

Shank drifting	Male R32 - R38 - T38
Shank bolting	Female R25 - R26 - R32
Weight	115 kg
Impact frequency	40 - 65 Hz
Percussion pressure	160 - 180 bar
Impact power	6 - 10 kW
Drill steel	H 25 - H 28
Hole diameter	- bolt hole 27-45 mm - face drilling 35-41 mm - cut hole 76-89 mm

NVTF TELESCOPIC FEED (Specification sheet 3-401 S)

Type	Cylinder, wire rope
Net weight	450 kg

NVTF Ø/10	Retracted	Extended
Total length (mm)	3 060	4 100
Drill steel length (mm)	1 830	3 090
Hole depth (mm)	1 630	2 870

B14 NV BOOM (Specification sheet 4-500 S)

Type	Universal
Weight (with hoses)	1 200 kg
Feed roll-over	360°
Feed angle	± 95°
Boom extension	800 mm
Feed extension	1 400 mm

DRILLING ALTERNATIVES

Equipment for long hole function :

- Specific hydraulic components (back pressure compensator, screwing/unscrewing..)
- Hydraulic stinger on drill feed + controls.
- Front clamping centralizer on drill feed + controls.

Equipment for remote control :

- Electro-valves for remote control implementation.
- Water-proofed electric remote control relay cabinet.

HYDRAULIC CONTROL SYSTEM

Type	IBCQNV
Control functions	Auto smooth collaring Precise anti-jamming Only 1 control lever for thrust/percussion (full & half)

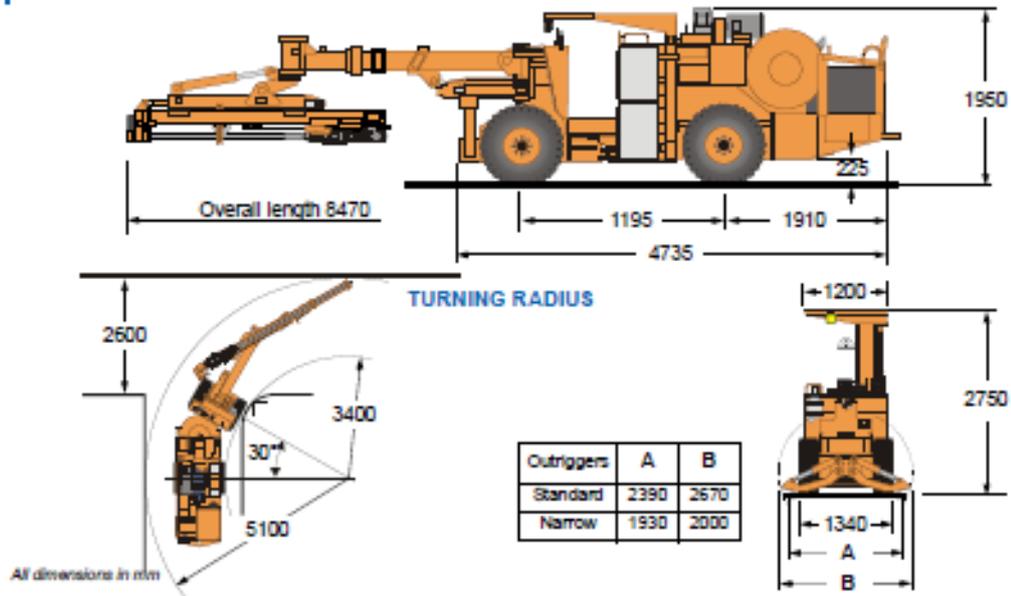
ELECTRO HYDRAULIC POWER PACK

Electrical motor	45 kW (60hp)
Hydraulic pump type	Radial piston Fixed displacement

Technical Specification
6-604 S-A
2006-10-17

QUASAR NV

TRAMMING DIMENSIONS



QUASAR CARRIER

Diesel engine	Deutz F3L 912 W, 30 kW (41 hp)
- Exhaust	Catalyser
Hydrostatic transmission	Variable displacement
- One pump	Axial piston, 0-75 cm ³ /rev
- Four wheel-motor	Radial piston
Oscillation	Rear axle, 2 x 6°
Tires	10.00 x 15
Steering	Frame steering, 2 x 30°
Brakes - Service	Hydrostatic transmission
- Emergency & parking	Spring applied, hydraulically released fail safe type
oil	Immersed multi disc brakes on each wheel
Stabilizers	2 hydraulic outriggers, front
Safety canopy	Hydraulic, FOPS
- Lowering capability	900 mm
Fuel tank	60 litre
Hydraulic tank	130 litre

AIR CIRCUIT

Compressor	Piston type
- Capacity	800 l/min. at 4 bar
Electric motor	5.5 kW (7.5 hp)

WATER CIRCUIT

Water booster pump capacity	30 l/min at 11 bar
- Electric motor	4 kW (5.5 hp)
Oil cooler	OC 25, water-actuated counterflow
- Cooling capacity	25 kW
Min water supply pressure	2 bar

ELECTRICAL SYSTEM

Total installed power	63 kW
Voltage	380 - 660 V
Frequency	50 or 60 Hz
Starting method	Star / Delta
Cable reel capacity	80 m of cable 32 mm O.D
Lighting - Working lights	2 x 70 W, 24 V
- Tramming lights	3 x 70 W, 24 V
	(the 2 front lights are also used as working lights)
Batteries - Voltage	2 x 12 V
- Rating	120 Ah
Transformer rating	1.3 kVa
Phase sequence indicator.	
Thermal overload protection.	

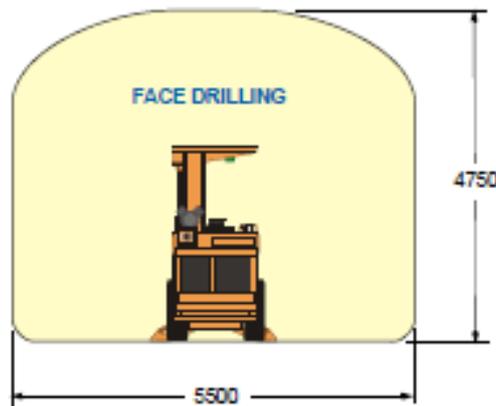
FULL DIESEL VERSION OPTIONAL

Air-cooled engine	Deutz F6L 912 W
- Max. rating at 2300 rpm	54 kW (74 hp)
Fuel tank capacity	170 litre
Compressor & water pump driven by hydraulic motors	
Total machine weight	8 200 kg

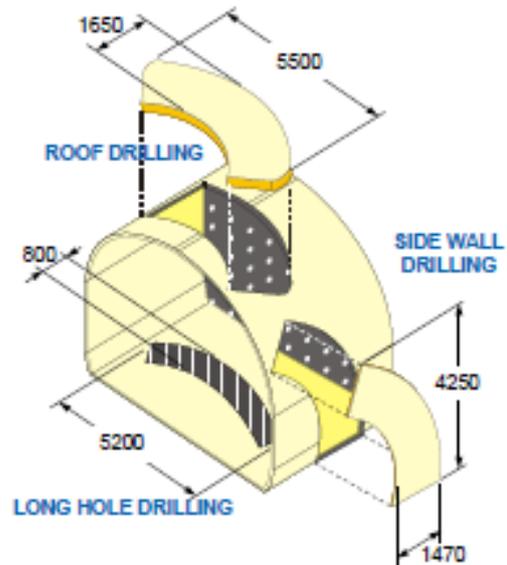
Technical Specification
6-604 S-A
2006-10-17

QUASAR NV

COVERAGE AREA



Quasar NV on jacks.
All dimensions in mm.



OPTIONAL EQUIPMENT

DRILLING SYSTEM

Rock drill auto-return.
*) TTF 6/10 with HL 510 Rock drill.
*) FCC2 front clamping head on drill feed.
Rear hydraulic slinger on NVTF feed.
*) Fixed feed instead of telescopic feed.
SERH rod handler (to be used with FCC2).
Drill angle measuring instrument TMS D1.
Inclinometers for long hole function.
Auto air flushing on rock drill return.
Air cleaner IPS plus auxiliary connection for mine air network.
*) Air mist flushing kit for auxiliary water/air connection.
*) Full Diesel drilling.

REMOTE CONTROL

Portable electrical remote control.
One 24 V x 150 W pedestal mounted halogen light.

ELECTRICAL SYSTEM

*) 1 000 V electric power supply.
Ground fault and overcurrent unit VYK 200.
Electrical cable (Technical specification 5-4100)
*) Allen Bradley electric.
*) 2 x 35 W High Intensity Discharge (HID) working lights.
2 x 70 W Halogen extra working lights.

HIGH ALTITUDE OPTIONS

*) F4L 912kW Diesel engine (1000 m < altitude < 2400 m).
Altitude compensator for F4L engine (altitude > 2400m)
Altitude compensator for FBL, full Diesel version.

CARRIER

2 rear jacks.
*) Front narrow outriggers.
*) Extendable front jacks.
Fume diluter.
Complete spare wheel.
Hand pump for manual brake release.

OTHER OPTIONAL EQUIPMENT

1 x 6 kg Fire extinguisher (bottle only).
Fire suppression system ANSUL, 6 nozzles.
Reverse alarm.
*) EU, UL, CSA, AUS norms package.
Pressure cleaning system (10 bar) without reel.
*) Electric oil filling pump.
Centralized greasing.
Automatic lubrication system (Lincoln).
Biodegradable oils.
*) Ni-Cr plated cylinder rods.
Manuals other than French/English language.
*) replaces standard component

CAGING DIMENSIONS AND WEIGHT

		Front Part	Rear Part
Length	(mm)	1 485	3 220
Width	(mm)	1 200	1 200
Height	(mm)	1 440	1 480
Weight (approximate) ...	(kg)	2 400	4 000

*) Caging and weight on primary dismantling, with wheels.

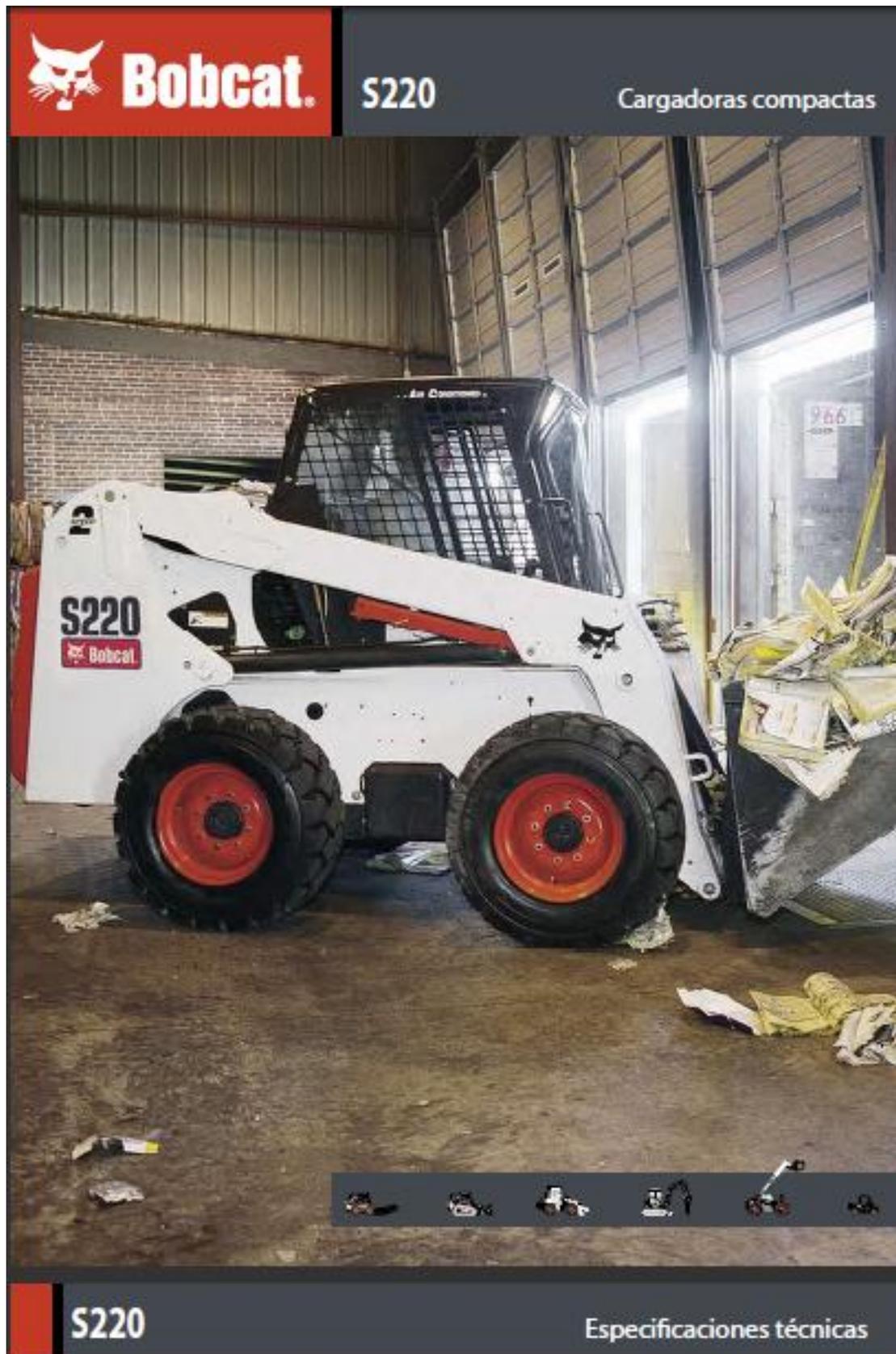
Sandvik Mining and Construction reserves the right to change this specification without further notice.

Sandvik Mining and Construction Lyon S.A.S. www.sandvik.com
B.P.46 - FR-69881 Meyzieu Cedex, France
Tel. +33 4 7245 2200, Telefax +33 4 7831 7980

4/4



MINICARGADORA S220



S220

Especificaciones técnicas

Especificaciones de la máquina

Carga nominal	1035 kg
Carga de vuelo	2069 kg
Capacidad de la bomba – S220	78,4 l/min
Capacidad de la bomba – S220H	151 l/min
Alivio del sistema en los acopladores rápidos	22,4–23,1 MPa
Velocidad de desplazamiento máxima (primera velocidad)	10,6 km/h
Velocidad de desplazamiento máxima (opción de segunda velocidad)	18,5 km/h

Motor

Marca/Modelo	Kubota / V3800-DI-T-E3
Carburante / Refrigerante	Diésel / Agua
Potencia	54 kW
Par, máximo 1500 r.p.m. (SAE J1 995 bruto)	278 Nm
Número de cilindros	4
Cilindrada	3769 cm ³
Capacidad del depósito de carburante	87,1 l

Pesos

Peso operativo, S220	3394 kg
Peso operativo, S220H	3414 kg

Mandos

Dirección del vehículo	Dirección y velocidad controlados mediante dos palancas manuales
Sistema hidráulico de elevación e inclinación de la cargadora	Pedales, sistema de control avanzado (ACS) opcional o controles seleccionables de joystick (SJC) independientes
Auxiliar delantero (estándar)	Interruptor eléctrico en la palanca manual derecha

Sistema de transmisión

Transmisión	Bombas de pistones hidrostáticos en tándem infinitamente variables que accionan dos motores hidrostáticos completamente reversibles
-------------	---

Equipamiento de serie

Asiento ajustable con suspensión con respaldo largo	Parada del sistema hidráulico/motor
Calentador del aire de admisión activado automáticamente	Autonivelación del cucharón
Bob-Tach™, bastidor	Instrumentación
Sistema Bobcat de bloqueo interfuncional (BICS)	Seguro de los brazos de elevación
Contrapesos: cuatro pesos para eje y dos placas pesadas para el portón trasero	Luces de trabajo delanteras y traseras
Cabina del operador Deluxe	Freno de estacionamiento
Incluye un revestimiento de espuma, ventanas laterales, superior y trasera	Cinturón de seguridad
Circuito hidráulico delantero proporcional controlado eléctricamente	Barra de seguridad
	12 x 16,5 - 12-lonas, Heavy duty
	Certificación CE
	Turbocompresor con apagachispas homologado

* Estructura protectora contra el vuelco (ROPS) – conforme a los requerimientos de la SAE-J1040 e ISO 3471, y estructura protectora contra la caída de objetos (FOPS) conforme a los requerimientos de la SAE-J1043 e ISO 3449, Nivel I

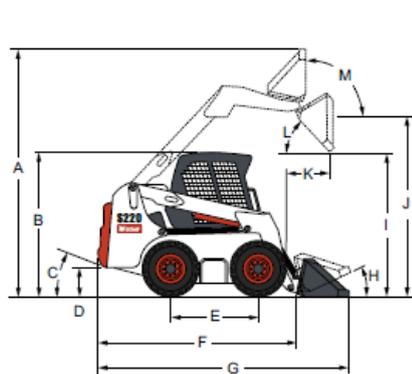
Opciones

Dos velocidades	12 x 16,5 - 12-lonas, Severe duty
Sistema hidráulico de alto caudal	12 x 16,5 - 12-lonas, Severe duty con Poly Fill
Tablero de instrumentos Deluxe	Acondicionador de aire
Cabina cerrada con calefacción	Sistema de control avanzado (ACS)
Hidráulico, Bob-Tach™	Mandos manuales de alta tecnología (AHC)
33 x 15,5-16,5 - 12-lonas, Superflotación con llantas descentradas	Controles de joysticks seleccionables (SJC)
12 x 16,5 - 12-lonas, Heavy duty, llantas descentradas	

Implementos

Hoja dózer orientable
Barredora orientable†
Ahoyador
Retroexcavadora
Hoja niveladora
Destrozadora de cuchillas
Cucharones
Trituradora de residuos vegetales*
Cucharón 4 x 1
Bomba de hormigón*
Cizalla hidráulica*
Hoja transplantiadora
Hoja dózer*
Dumper
Grapa agrícola
Niveladora hidráulica*
Martillo hidráulico**
Grapa industrial
Explanadora
Rastrillo hidráulico
Cuchara hormigonera*
Horquilla portapalets – estándar
Horquilla portapalets – hidráulica
Fresadora*
Estabilizadores traseros
Escarificador
Turbina quitanieves*
Desenrollador de césped*
Nivelador rotativo*
Esparcidora
Descepadora*
Superdisco decapador
Barredora con cajón colector
Enganche de 3 puntos
Rotocultivador
Tilt-Tatch™
Orugas, acero
Transplantador de árboles*
Rueda compactadora
Zanjadora
Horquilla universal
Bastidor universal
Compactador vibrante
Conjunto de aspersores
Disco sierra
Barredora de cerdas
*Necesita módulo de control de implementos.
**El uso de estos implementos en la cargadora requiere el montaje de un conjunto para aplicaciones especiales que consiste en una puerta de cabina de 12 mm y costales superior y trasero en Lexan de 6 mm.
†Aspersor de agua opcional.

Dimensiones



(A)	3978 mm	(J)	3109 mm
(B)	2055 mm	(K)	549 mm
(C)	25°	(L)	41,1°
(D)	216 mm	(M)	90°
(E)	1227 mm	(N)	1727 mm
(F)	2908 mm	(N)	1880 mm
(G)	3630 mm	(N)	2032 mm
(H)	30°	(O)	2139 mm
(I)	2423 mm	(P)	1486 mm
		(P)	1382 mm
		(P)	1504 mm
		(Q)	1727 mm
		(Q)	1829 mm
		(Q)	1880 mm

ALTO EXPLOSIVO: GELAMÓN



EXPLOSIVOS PARA MINERÍA

GELAMONES

El **gelamón** en sus distintas variantes de valor fuerza, se encuentra dentro de la familia de los explosivos de tipo gelatinoso de muy alto poder rompedor y muy buena resistencia al agua. Son explosivos formados por una masa semi-plástica constituida por una gelatina de nitroglicerina- nitrocelulosa con incorporación de sales amónicas y aditivos varios destinados a adaptar su uso a distintas alternativas. Son seguros y el uso de guantes facilita su manipuleo.

CARACTERÍSTICAS DE USO

Dada su alta velocidad de detonación genera muy buena fragmentación, especialmente en rocas duras. El **gelamón VF 80%** es adecuado para cargas de fondo en rocas graníticas, cuarcíticas, etc. Es apto para trabajos en túneles. El **gelamón VF 65%** reemplaza con buen rendimiento al **gelamón VF 80%** en situaciones de menor exigencia.

USO

- > Minería a cielo abierto y subterránea
- > Canteras y obras civiles
- > Iniciación de agentes de voladura
- > Demoliciones
- > En carga de fondo y columna

SEGURIDAD

El **gelamón** es sensible al detonador N°B y al cordón detonante de 5 g/m. Por sus características de formulación es apto para trabajos a bajas temperaturas sin generar problemas de seguridad.

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Su transporte debe ser efectuado con vehículos que cumplan con las reglamentaciones fijadas al efecto por las entidades gubernamentales respectivas. Su almacenaje debe efectuarse en polvorines aptos para Altos Explosivos. Su vida útil es de 12 meses a partir de la fecha de fabricación en adecuadas condiciones de almacenamiento y conservación.

CALIDAD

Los productos entregados por nuestras plantas son fabricados por personal de un alto grado de especialización obtenida a través de más de 50 años produciendo explosivos para minería y obras civiles. Nuestros procesos productivos se encuentran certificados por la Norma ISO 9001.

RESISTENCIA

Su elevada resistencia a la acción del agua se ve fundamentada en la gran estabilidad de su gelatina, lo que le confiere la posibilidad de permanencia en barrenos inundados por un extenso periodo de tiempo. En diámetros mayores su envoltura de plástico incrementa esta resistencia. Su composición permite trabajar en temperaturas desde -15°C hasta 50°C.

PRESENTACIÓN

El **gelamón** se presenta encartuchado en envases de polietileno flexible de color azul para el VF 80% y rojo para el VF 65% para diámetros mayores a 40 mm., con inscripciones según la reglamentación vigente. En diámetros desde 22 mm. hasta 40 mm. su envoltura es en papel parafinado, acondicionados en una bolsa de polietileno de 80 micrones de espesor, todo en cajas de cartón corrugado conteniendo 25 kg. netos. En el embalaje destinado a exportación el contenido de las cajas es de 50 libras (22,68 kg.).

PROPIEDADES ESPECÍFICAS

PRODUCTO	DENSIDAD (g/cc)	VELOCIDAD DE DETONACION (m/seg)	PRESION DE DETONACION (kbar)	CALOR DESARROLLADO (Tm/Kg)	VOLUMEN DE GASES (l/Kg)	TRANSMISION	POTENCIA RELATIVA AL ANFO	
							PESO	VOL.
VF 65%	1,50	6.000	139,5	919	682	100mm	0,99	2,03
VF 80%	1,50	6.500	158,4	969	824	100mm	1,04	2,08

ALTO EXPLOSIVO: GELATINA ESPECIAL



GELATINA ESPECIAL

Dinamita elaborada para reducir los costos en procesos de limpieza, acarreo y chancado de material en voladuras de roca dura a muy dura. Su alta velocidad de detonación proporciona una excelente fragmentación de la roca, evitando así voladuras secundarias o reiterados procesos de chancado.

Recomendaciones de uso:

- Aplicable para voladura de roca dura a muy dura.
- Recomendable en taladros de arranque en frentes difíciles y taladros de arrastre con presencia de agua en el suelo.
- Puede usarse como cebo para iniciación de agentes de voladura tipo ANFO.
- Para iniciar, utilizar detonador N°8 como mínimo.
- No abrir o amasar los cartuchos.
- Para consideraciones de seguridad en su manipulación y almacenamiento, consultar hoja de seguridad de Exsa.

Características técnicas

Especificaciones Técnicas	Unidades	Gelatina Especial 75
Densidad	g/cm ³	1,39 ± 3%
Velocidad de detonación *	m/s	5,500 ± 200
Presión de detonación**	kbar	157
Energía**	KJ/kg	3,520
RWS **	%	95
RBS **	%	160
Resistencia al agua		Excelente
Categoría de humos		1 era

* Sin confinar en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.

** Calculadas con programa de simulación TEFMOCET.

Presentación y embalaje

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

Peso Neto	25 kg		
Peso Bruto	26,3 kg		
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm		
Material	Caja de cartón corrugado		
Producto	pulg	UN/Caja	Masa g/UN
GELATINA ESP. 75	1 1/2	12	56
GELATINA ESP. 75	1 1/4	8	144
GELATINA ESP. 75	7/8	7	284
			88

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

Para otros formatos de cartuchos preguntar a Exsa.

Exención de responsabilidad

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



Almacenamiento y garantía
Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 60 meses, después de su fecha de fabricación.

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



AGENTE DE VOLADURA: ANFO ENAEX



FICHA TÉCNICA DE PRODUCTOS NAPR - 2003

ANFO PREMIUM®

ANFO PREMIUM es un agente de tronadura de alta calidad, fabricado con nitrato de amonio Enaex, grado explosivo de baja densidad y alta absorción de petróleo.

CARACTERÍSTICAS

Densidad vaciado ("pour")	(g/cc)	0,75 ± 3%
Velocidad de detonación	(m/s)	3.600 - 4.100 (*) 2.000 - 2.500 (**)
Presión de detonación	(kbar)	28 (*)
Energía	(kcal/kg)	912
Volumen de gases	(L/kg)	1.050
Diámetro mínimo	(pulgadas)	1 (***)

* Confinado en 3" de diám.
** No confinado en 3" de diám.
*** Confinado.

USOS

ANFO PREMIUM es especialmente recomendable para uso en pequeño diámetro en minería subterránea y para tronaduras de superficie, especialmente cuando se presenta una roca competente, en perforaciones sin agua. Se recomienda utilizarlo en zonas con buena ventilación en minería subterránea.

PRESENTACION

ANFO PREMIUM se entrega en sacos de 25 kg, de tejido de polipropileno con bolsa interior de polietileno.

ADVERTENCIA

Enaex S.A. no se responsabiliza por lo expresamente indicado en este artículo, y no será en ningún caso responsable por daños, pérdidas o cualquier contingencia derivada del uso de los productos, salvo aquellas expresamente indicadas por la legislación chilena vigente. El uso de explosivos está regulado en cada país por leyes propias. Enaex S.A. se reserva el derecho de introducir a sus productos todas aquellas modificaciones que estime convenientes, sin aviso previo.

AGENTE DE VOLADURA: ANFO AUSTIN POWDER

NAGOLITA

(ANFO)

CATÁLOGO DE INFORMACIÓN DE PRODUCTO

Las **NAGOLITAS** son una serie de agentes de voladura a base de nitrato de amonio y gasoil.

Se fabrican diversos tipos de este producto:

- **Nagolita Común:** Está compuesta por nitrato de amonio y gasoil, sin ningún tipo de aditivo.
- **Nagolita A y Especial:** Están adicionadas con Aluminios, lo que confiere una mayor potencia respecto a la anterior.
- **Nagolita 60/40:** Está adicionada con materiales para bajar su densidad y potencia con respecto a la Nagolita Común.



VENTAJAS

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

PROPIEDADES

Producto	Nagolita Común	Nagolita A	Nagolita AA	Nagolita 60/40
Densidad (gr./cc)	0,78	0,78	0,8	0,56
Velocidad de Detonación (m/seg.)(*)	3400	3600	4000	3300
Calor Desarrollado (Kcal/kg)	923	946	1069	909
Volumen de Gases (lt/kg)	1054	1043	979	1035
Potencia relativa al ANFO (en peso)	1	1,02	1,12	0,98

(*) Confinado a 50mm

EMBALAJE

Las Nagolitas se entregan en bolsas de 25kg de polietileno y polipropileno para proteger el producto de la humedad

ALMACENAMIENTO

Estos productos deben ser almacenados en polvorines para altos explosivos, que reúnan las condiciones exigidas por la legislación vigente.

USO

- Minería a cielo abierto
- Minería subterránea con buena ventilación.
- Canteras
- Obras Civiles
- Empleo en perforaciones que no contengan agua

VIDA ÚTIL

Se recomienda su uso en un plazo de 3 meses

DISPOSICIÓN FINAL

De acuerdo a las regulaciones locales. Ante cualquier duda, consulte al proveedor.

INICIACIÓN

Las Nagolitas son insensibles a los detonadores y deben ser iniciadas con un iniciador, pudiendo ser un booster o alto explosivo.

SEGURIDAD

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

INFORMACION DE TRANSPORTE

Nombre Explosivo: Agente de voladura, Tipo B

Clase y División: 1.5D

Número ONU: 0331

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 GARANTÍA 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 - ☎: (oficina) +54 11 5245-8588 - web: www.austin.com.ar - e-mail: comercial@austin.com.ar

Catálogo NAGOLITA / v.02



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 nº 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 Alitos Explosivos (anfo, barros 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: Alito 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 - 📞 (oficina) +54 11 5245-8588 - web: www.austin.com.ar - e-mail: comercial@austin.com.ar

Catálogo CD



ACCESORIO: MECHA DE SEGURIDAD



FAMESA
EXPLOSIVOS



Asociación Empresarios Comercios
CERTIFICADO BAC
PPL/MS/011
PPL/MS/017

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA CONVENCIONAL

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

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, almacenamiento y uso, así como en brindar debidamente a todo el personal en cargo de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., no asume ni 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 dadas o bien no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones bajo las cuales éste se a utilizado. Éstas 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 o 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) 61 398 00 - 61 398 55 - 61 398 65 Fax (51-1) 61 398 06 - 61 398 67

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.



Típos 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 Emulso (emulsión en cartuchada).

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, conteniendo 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 cajas x 100 unidad	13,5	16,3	34,0 x 31,5 x 26,5
FULMINANTE COMÚN N° 8	Cartón	100 cajas x 100 unidad	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 o el transporte, almacenaje y/o uso inadecuado que pueda ocasionar a sus productos.

El transporte, el almacenamiento, manipulación y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente.

Debe ser almacenado en pulverinas ubicadas en zonas seguras, protegidas 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 comprar, expresa o implícita en conexión con el uso de estas sugerencias. 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

Teléfono: (51-1) 6139800 - 6139855 - 6139865 Fax: (51-1) 6139806 - 6139867

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

INERVIL

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.

PRESENTACIÓN

> El producto se entrega envasado en film de polietileno de 60--m, en cajas de cartón corrugado con una capacidad de entre 20,0 y 25,0 kg dependiendo del diámetro.

REQUISITOS ESPECIALES

DETALLE	UNIDAD	REQUISITO
HUMEDAD	%	25± 5
DENSIDAD	g/cm ³	1,1± 0,2