

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Uso de los detonadores electrónicos Fametronic para
evaluar la fragmentación de la roca en compañía minera
Condestable S. A.**

Aldo Jesus Solis Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme en el camino correcto para el cumplimiento de mis objetivos personales y profesionales, agradecer a mi familia por estar siempre en todo momento. A la universidad Continental por permitirme poder sustentar mi tesis, al Ing. Javier Córdova Blancas por guiarme en el cumplimiento del presente trabajo de investigación, asimismo a la empresa Famesa Explosivos SAC, por permitir desarrollarme en lo profesional y ser parte del equipo de trabajo con los detonadores electrónicos y otros productos de gran tecnología.

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar; a mi esposa Lila; a mis hijos: Alexhia y Arjen; a mis padres: Alejandro López y Gloria Quispe; a mis hermanos: Lyssett, Mariela e Ivan y mi familia por ser el soporte emocional para la finalización de mis estudios universitarios y por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	19
1.1. Planteamiento y formulación del problema	19
1.1.1. Planteamiento del problema	19
1.1.2. Formulación del problema	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo general	20
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación e importancia	21
1.3.1. Justificación social - práctica	21
1.3.2. Justificación académica	21
1.3.3. Justificación económica	21
1.4. Hipótesis de la investigación	22
1.4.1. Hipótesis general	22
1.4.2. Hipótesis específicas	22
1.5. Identificación de las variables	22
1.5.1. Variable independiente	22
1.5.2. Variables dependientes	22
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes del problema	24

2.1.1. Antecedentes nacionales -----	24
2.1.2. Antecedentes internacionales -----	25
2.2. Generalidades de Compañía Minera Condestable S.A. -----	25
2.2.1. Ubicación -----	25
2.2.2. Accesibilidad -----	26
2.3. Geología regional -----	27
2.4. Geología local -----	27
2.4.1. Rasgos litoestratigráficos -----	27
2.4.2. Rasgos estructurales -----	28
2.5. Geología económica -----	28
2.5.1. Descripción del yacimiento y especies minerales -----	28
2.5.2. Controles de mineralización -----	28
2.5.3. Estratigrafía -----	28
2.6. Reservas minerales CMC -----	29
2.7. Geomecánica -----	30
2.7.1. Control estructural e hidrogeológico -----	30
2.8. Sostenimiento -----	31
2.8.1. Parámetros de caracterización del macizo rocoso -----	32
2.8.2. Conocimiento de los factores influyentes -----	32
2.9. Descripción de método de explotación -----	34
2.9.1. Shrinkage dinámico -----	34
2.9.2. Cámaras y pilares -----	37
2.9.3. Sublevel stoping o tajeos por subniveles o taladros largos -----	39
2.10. Programa anual de operaciones mina -----	45
2.10.1. Programa anual de producción 2021 -----	45
2.10.2. Programa anual de avances 2021 -----	46
2.11. Bases teóricas del estudio -----	47
2.12. Detonador Electrónico - Fametronic -----	47
2.13. Consideraciones generales del estudio con Fametronic -----	49
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	57
3.1. Método y alcances de la investigación -----	57
3.1.1. Método de la investigación -----	57

3.2. Alcances de la investigación -----	58
3.2.1. Diseño de la investigación-----	58
3.2.2. Tipo de diseño de investigación -----	58
3.3. Población y muestra-----	59
3.3.1. Población -----	59
3.3.2. Muestra-----	59
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	59
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	59
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	59
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	60
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	60
4.1.1. Consideraciones de análisis en el uso del Fametronic -----	60
4.1.2. Análisis de la granulometría post voladura-----	75
4.1.3. Análisis económico de las mallas de perforación -----	85
CONCLUSIONES -----	89
RECOMENDACIONES -----	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	92
ANEXOS-----	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables	23
Tabla 2. Ubicación de la unidad minera	26
Tabla 3. Cuadro de Reservas CMC	30
Tabla 4. GSI para labores mineras de desarrollo y preparación	33
Tabla 5. Parámetros de diseño	41
Tabla 6. Parámetros de perforación	41
Tabla 7. Parámetros de perforación	42
Tabla 8. Explosivos utilizados en voladura	43
Tabla 9. <i>Programa anual de producción 2021</i>	45
Tabla 10. Programa anual de avances 2021	46
Tabla 11. Resumen de voladura en tajos de producción (taladros positivos)	52
Tabla 12. Resumen de voladura en tajos de producción (taladros negativos)	53
Tabla 13. Resumen de voladura en slot	54
Tabla 14. Resumen de voladura en zanja	55
Tabla 15. Resumen de voladura en tajeos de producción, periodo setiembre – octubre	61
Tabla 16. Voladura en tajeos de producción en malla de 2.0 x 2.0 m	64
Tabla 17. Voladura en tajeos de producción en malla de 1.8 x 2.0 m	66
Tabla 18. Resumen de voladura en tajeos de producción: malla de 2.0 x 2.0 m y 1.8 x 2.0 m	68
Tabla 19. Resumen de voladura en zanja y slot, periodo setiembre – octubre	69
Tabla 20. Voladura en zanja, malla de 2.0 x 2.0 m	71
Tabla 21. Voladura en zanja, malla de 1.0 x 1.2 m	73
Tabla 22. Resumen de voladura en zanjas: malla de 2.0 x 2.0 m y 1.0 x 1.2 m	75
Tabla 23. Resumen de análisis granulométrico con detonadores Fametronic	79
Tabla 24. Resumen de análisis granulométrico con detonadores pirotécnicos	83

Tabla 25. Resumen de granulometría entre detonadores electrónicos y pirotécnicos	84
Tabla 26. Parámetros operacionales con diferentes mallas	86
Tabla 27. Metros perforados, en diferentes mallas.....	86
Tabla 28. Costos de voladura en diferentes mallas usando detonadores electrónicos	87
Tabla 29. Costos comparativos, para el incremento de mallas de 1.75 x 1.75 m a 2.0 x 2.0 m	88
Tabla 30. Matriz de operacionalización de variables.	94
Tabla 31. Reporte de voladura N° 480 – Tj 4644	95
Tabla 32. Reporte de voladura N° 482 – Chimenea Slot Ch 5936.....	96
Tabla 33. Reporte de voladura N° 488 – Zanja / Tj 6142.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación.....	26
Figura 2. Columna litoestratigráfica.....	29
Figura 3. Distribución del comportamiento litológico y estructural.....	30
Figura 4. Método de minado Shirinkage vista en planta, transversal y longitudinal.....	35
Figura 5. Método de minado Shirinkage vista en planta, transversal y longitudinal.....	36
Figura 6. Método de minado, cámaras y pilares.....	38
Figura 7. Método de minado Sublevel Stopping.....	40
Figura 8. Planos de perforación, taladros largos.....	44
Figura 9. Detonador electrónico Fametronic.....	47
Figura 10. Características técnicas del fulminante Fametronic.....	48
Figura 11. Diferencia entre detonador electrónico y detonador pirotécnico.....	48
Figura 12. Equipos y herramientas de trabajo, con uso de Fametronic.....	49
Figura 13. Tajo cargado con Fametronic.....	51
Figura 14. Realizando inspección de los conectores de los Fametronic.....	51
Figura 15. Relación longitud de taladro, factor de potencia y costos unitarios (taladros +), en tajos de producción.....	52
Figura 16. Relación longitud de taladro, factor de potencia y costos unitarios (taladros -), en tajos de producción.....	53
Figura 17. Relación de longitud de taladro, factor de potencia y costo unitario en slot.....	54
Figura 18. Relación de longitud de taladro, factor de potencia y costo unitario en zanja.....	55
Figura 19. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic.....	56
Figura 20. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic.....	56
Figura 21. Relación taladros cargados Fametronic y factor de potencia en tajeos de producción.....	62

Figura 22. Relación factor de potencia y costo unitario en tajeos de producción	63
Figura 23. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en mallas 2.0 x 2.0 m	65
Figura 24. Relación de factor de potencia y costo unitario en mallas 2.0 x 2.0 m	65
Figura 25. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en mallas 1.8 x 2.0 m	67
Figura 26. Relación de factor de potencia y costo unitario en mallas 1.8 x 2.0 m	67
Figura 27. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia, en zanjas y slot.....	69
Figura 28. Relación factor de potencia y costo unitario en zanjas	70
Figura 29. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en zanjas, mallas 2.0 x 2.0 m	72
Figura 30. Relación de factor de potencia y costo unitario en zanjas, mallas 2.0 x 2.0 m	72
Figura 31. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en zanjas, mallas 1.0 x 1.2 m	74
Figura 32. Relación de factor de potencia y costo unitario en zanjas, mallas 1.0 x 1.2 m	74
Figura 33. Resultado de la granulometría post voladura, con escala de 8", Tj 6020	77
Figura 34. Análisis de la fragmentación Tj 6020 con detonadores electrónicos Fametronic	77
Figura 35. Resultado de la granulometría post voladura, con escala de 8", Tj 5877.	78
Figura 36. Análisis de la fragmentación Tj 5877 con detonadores electrónicos Fametronic	78
Figura 37. Granulometría de las diferentes voladuras en tajeos de producción, con detonadores electrónicos (Fametric).....	79

Figura 38. Resultado de la granulometría post voladura, con escala de 8", Tj 5758	81
Figura 39. Análisis de la fragmentación Tj 5758 con detonadores pirotécnicos	81
Figura 40. Resultado de la granulometría post voladura con escala de 8", Tj 5758	82
Figura 41. Análisis de la fragmentación Tj 5758 con detonadores pirotécnicos	82
Figura 42. Granulometría de las diferentes voladuras en tajeos de producción con detonadores pirotécnicos.....	83
Figura 43. Resumen comparativo en la fragmentación, entre detonadores electrónicos y pirotécnicos	85
Figura 44. Tajo cargado con Fametronic.....	98
Figura 45. Realizando inspección de los conectores Fametronic.	98
Figura 46. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic	99
Figura 47. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic	99

RESUMEN

La realización de la presente tesis nace de una necesidad de conocer el comportamiento de los detonadores electrónicos tipo Fametronic en minería subterránea y ver el comportamiento del grado de fragmentación del material post voladura en tajeos de producción, zanjas y chimeneas *slot* en Compañía Minera Condestable S.A.

El presente estudio analizará el comportamiento del factor de potencia con el uso de los detonadores electrónicos y pirotécnicos con la finalidad de controlar y reducir el grado de fragmentación de material post voladura.

La tesis aplica el método analítico, es preexperimental donde se observa y analiza las diferentes variables de perforación y voladura considerando el uso de detonadores electrónicos y detonadores pirotécnicos en distintos frentes de operación.

La realización de la presente tesis permitió el análisis de 24 disparos en voladuras en tajeos de producción, zanja y chimenea *slot*, con longitudes de taladro de 10 a 27 metros, con factores de carga de 30.74 a 144.67 kg/m y un factor de potencia promedio de 0.29 kg/t.

Para el análisis de la granulometría, se comparó los detonadores electrónicos y detonadores pirotécnicos con 7 voladuras en tajeos de producción. Los resultados obtenidos, generados con detonadores pirotécnicos, fue de un P80 de 10.26" y un P80 de 6.80" para detonadores electrónicos.

Esta reducción en la granulometría en 3.46" influye directamente en un menor consumo de energía en la etapa de conminución (chancado y molienda), así como en la optimización de los diferentes procesos unitarios de carguío y acarreo.

El menor grado de fragmentación generó una reducción de consumo de energía en 0.06 KWh/t, considerando un costo de energía de 0.30 \$ / KWh, se genera un costo de fragmentación por tonelada de 0.018 \$/t. El menor costo de fragmentación por tonelada considera una importante reducción de costos mensuales en 2,700 \$/mes y de 32,400 \$/año, considerando una producción mensual de 150,000 t/mes.

Palabras clave: grado de fragmentación, perforación y voladura, factor de potencia, detonadores electrónicos, detonadores pirotécnicos, etc.

ABSTRACT

The realization of this thesis was born from a need to know the behavior of Fametronic-type electronic detonators in underground mining and to see the behavior of the degree of fragmentation of the post-blasting material in production stopes, trenches and slot chimneys in Compañía Minera Condestable S.A.

The present study will analyze the behavior of the power factor with the use of electronic and pyrotechnic detonators, in order to control and reduce the degree of fragmentation of post-blasting material.

The thesis applies the analytical method, it is pre-experimental where the different drilling and blasting variables are observed and analyzed, considering the use of electronic detonators and pyrotechnic detonators in different operation fronts.

The completion of this thesis allowed the analysis of 24 blasting shots in production stopes, trenches and slot chimneys, with drill lengths from 10 to 27 meters, with load factors from 30.74 to 144.67 kg/m and a power factor average of 0.29 kg/t.

For the analysis of the granulometry, the electronic detonators and pyrotechnic detonators were compared with 7 blasts in production pits. The results obtained, generated with pyrotechnic detonators, were a P80 of 10.26" and a P80 of 6.80" for electronic detonators.

This reduction in the granulometry in 3.46", directly influences a lower energy consumption in the comminution stage (crushing and grinding), as well as in the optimization of the different loading and hauling unit processes.

The lower degree of fragmentation generated a reduction in energy consumption of 0.06 KWh/t, considering an energy cost of 0.30 \$/KWh, a fragmentation cost per ton of 0.018 \$/t is generated. The lower fragmentation cost per ton considers a

significant reduction in monthly costs of \$2,700/month and \$32,400/year, considering a monthly production of 150,000 t/month.

Keywords: degree of fragmentation, drilling and blasting, power factor, electronic detonators, pyrotechnic detonators, etc.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación permite el análisis del uso de detonadores electrónicos y pirotécnicos en tajeos de producción para el control y reducción del grado de fragmentación de material post voladura.

El uso de los detonadores electrónicos es limitado para minería subterránea por su alto costo, en comparación con el detonador pirotécnico. Con los seguimientos que se realiza se obtiene mayores ventajas generando buenos resultados en el control de la granulometría, mejorando el rendimiento de los siguientes procesos unitarios como carguío, acarreo y los procesos de conminución.

El presente trabajo de investigación realizará un comparativo de los detonadores electrónicos tipo Fametronic con los detonadores pirotécnicos en diferentes tajeos de producción, siendo las variables a comparar como el factor de potencia y grado de fragmentación post voladura.

Asimismo, el uso de los detonadores electrónicos tipo Fametronic permite la ampliación de malla de perforación, reduciendo los metros perforados, menor consumo de explosivos y por ende una reducción de costos de perforación y voladura.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se dividirá en 4 capítulos: el Capítulo I explica y desarrolla el planteamiento del estudio, en el mismo se planteará el problema, objetivo e hipótesis general y específico, describiendo la matriz de operacionalización de variables.

El Capítulo II describe el marco teórico, describiendo las variables operacionales de perforación y voladura, comparando el uso de los detonadores electrónicos tipo Fametronic y pirotécnicos.

El Capítulo III describe la metodología y alcances de la investigación del presente trabajo de investigación.

Finalmente, en el Capítulo IV se describirá los resultados obtenidos en las diferentes voladuras en los tajeos de producción, analizando los resultados entre los detonadores electrónicos y pirotécnicos para el control del grado de fragmentación post voladura y su incidencia en los siguientes procesos unitarios.

El autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La generación de programas de optimización y reducción de costos en operaciones mineras subterráneas permite realizar constantes investigaciones de carácter operacional, siendo el área de perforación y voladura una de las más sensibles por su alta incidencia en los siguientes procesos unitarios.

Relacionar el efecto generado entre mina y planta, producto del resultado del grado de fragmentación post voladura, influye directamente en los diferentes procesos unitarios de carguío, acarreo incidiendo en el rendimiento de los equipos, así como en la etapa de conminución (chancado y molienda) incrementando el consumo de energía por un P80 distinto al solicitado por planta.

Controlar el grado de fragmentación es de vital importancia para rentabilizar la operación, siendo uno de los objetivos de Compañía Minera Condestable continuar en la aplicación de diferentes estudios en el área de perforación y voladura. Es por tal motivo que se realiza el presente trabajo de investigación mediante el uso de detonadores electrónicos (Fametric) en comparación con los detonadores pirotécnicos en diferentes frentes de producción para el control y reducción del grado de fragmentación.

El presente trabajo de investigación relacionará el factor de potencia con el grado de fragmentación y sus costos asociados mediante el uso de los detonadores electrónicos (Fametric) y los detonadores pirotécnicos, los cuales serán comparados y determinar una mejora del rendimiento de la voladura.

1.1.2. Formulación del problema

- **Problema general**

¿Cuál es el resultado del uso de los detonadores electrónicos Fametric para evaluar el grado de fragmentación de la roca en Compañía Minera Condestable S. A.?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo relacionar el factor de potencia y la granulometría mediante el uso de detonadores electrónicos para evaluar el grado de fragmentación de la roca en Compañía Minera Condestable S. A.?

b) ¿Cómo generar programas de reducción de costos de perforación y voladura mediante el uso de detonadores electrónicos para evaluar el grado de fragmentación de la roca en Compañía Minera Condestable S. A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el grado de fragmentación de la roca mediante el uso de los detonadores electrónicos Fametric en Compañía Minera Condestable S. A.

1.2.2. Objetivos específicos

a) Relacionar el factor de potencia y la granulometría mediante el uso de detonadores electrónicos para evaluar el grado de fragmentación de la roca en Compañía Minera Condestable S. A.

b) Generar programas de reducción de costos de perforación y voladura mediante el uso de detonadores electrónicos para evaluar el grado de fragmentación de la roca en Compañía Minera Condestable S. A.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación permiten controlar y reducir el grado de fragmentación en diferentes frentes de producción mediante el uso de detonadores electrónicos Fametronic. La aplicación de los detonadores electrónicos influye positivamente en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, así como en la etapa de conminución (chancado y molienda).

Asimismo, el desarrollar el presente trabajo de investigación permitirá el incremento de la rentabilidad operacional, por lo que se podrán generar y tener buenos programas de gestión social.

1.3.2. Justificación académica

El desarrollo de nuevas técnicas en la mejora de la granulometría mediante el uso de detonadores electrónicos permitirá desarrollar y analizar diferentes modelos numéricos en la perforación y voladura para la mejora del grado de fragmentación post voladura.

El trabajo de investigación permitirá a los estudiantes utilizar los resultados como guía didáctica para el desarrollo de enseñanza académica. Esta mejora en el grado de fragmentación permite tener una herramienta poderosa, bajo el concepto *mine to mill*, para la generación programas de optimización y reducción de costos en mina, planta y el área comercial.

1.3.3. Justificación económica

Con el uso de los detonadores electrónicos (Fametronic) y los beneficios que se obtendrán en los diferentes materiales post voladura permitirá controlar el grado de fragmentación, rapidez en la limpieza, ampliación de malla de perforación, reducción en los controles de vibraciones, menor consumo de energía en el chancado, mejorando la operación.

Estos resultados obtenidos por el uso de los detonadores electrónicos, generará la optimización de resultados en los siguientes procesos unitarios como carguío, acarreo, etapa de conminución (chancado y molienda), etc.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

El uso de los detonadores electrónicos Fametronic influye positivamente en la evaluación del grado de fragmentación de la roca en Compañía Minera Condestable S. A.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar el factor de potencia y la granulometría mediante el uso de detonadores electrónicos influye positivamente en la evaluación del grado de fragmentación de la roca en Compañía Minera Condestable S. A.

- b) El uso de los detonadores electrónicos para la evaluación del grado de fragmentación de la roca influye positivamente en la generación de programas de reducción de costos en Compañía Minera Condestable S. A.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Uso de los detonadores electrónicos – Fametronic

1.5.2. Variables dependientes

Control de la fragmentación y reducción de costos

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Uso de detonadores Fametronic.	Es un sistema de iniciación de retardo electrónico para voladuras en minería superficial, subterránea, con alta seguridad frente a los detonadores eléctricos, y una mejora en la fragmentación, entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Dominios geológicos • Dominios geomecánicos • Consideraciones económicas 	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros geológicos Parámetro geomecánico Parámetro económico 	<ul style="list-style-type: none"> Leyes, litología. Alteraciones hidrotermales, etc. Propiedades físicas del macizo rocoso Costos de perforación y voladura.
VD: Control del grado de fragmentación	La granulometría post voladura, incide directamente en el rendimiento operacional de mina y planta.	<ul style="list-style-type: none"> • Características de roca y alteración • Diseño de malla de alteración. 	<ul style="list-style-type: none"> Parámetro geológico. Malla de perforación y voladura. 	<ul style="list-style-type: none"> Roca ígnea, metamórfica y volcánica. Espaciamiento, burden, factor potencia, accesorios de voladura, etc.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

- Tesis titulada: “*Implementación de un nuevo sistema de iniciación electrónica en Perú - seguridad y versatilidad*” de la Universidad Nacional de Ingeniería. En el trabajo, el investigador concluye; que el material post voladura mantiene un mejor grado de homogenización y asociada a un mejor rendimiento de los equipos de carguío, reduciendo los tiempos de espera de los equipos de acarreo. Finalmente, esta mejora del rendimiento en los equipos de carguío y acarreo, influirá también en la etapa de conminución en el chancado y molienda, mejorando su rendimiento, incrementando el tonelaje procesado. (1)

- Tesis titulada “*Voladura con detonadores electrónicos para optimizar la fragmentación y seguridad en tajo Toromocho - Minera Chinalco Perú S.A.*” de la Universidad Nacional del Centro del Perú. En el trabajo, el investigador destaca: el uso de los detonadores electrónicos, comparado con lo detonadores pirotécnicos, su mejor aplicabilidad y resultado post voladura. Así mismo el análisis de mayor costo de los detonadores electrónicos comparados con los detonadores pirotécnicos, se disminuirá en las etapas de carguío, acarreo y conminución por un mejor rendimiento. (2)

- Tesis titulada “*Optimización de la fragmentación con el uso de detonadores electrónicos en la mina Toquepala*” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. El objetivo de la investigación es la reducción de vibraciones producto de la voladura en diferentes frentes operacionales, mediante el uso de detonadores electrónicos. Asimismo, se pudo controlar el grado de fragmentación, reduciendo el porcentaje de fragmentos gruesos, mejorando el diámetro de los equipos de carguío. Finalmente, se pudo compensar el mayor costo de voladura producto de un mayor uso de detonadores electrónicos, permitió un incremento en las mallas (burden y espaciamiento) y reduciendo el factor de carga. (3)

2.1.2. Antecedentes internacionales

- Tesis titulada: “*Estudio de vibraciones inducidas por tronadura en minera Spence*” de la Universidad de Chile. Dentro de sus conclusiones, relaciona el uso de detonadores electrónicos y su influencia en el control del grado de fragmentación, reduce el nivel de vibraciones y reducción del nivel de proyecciones. Asimismo, la seguridad y fácil uso de los detonadores electrónicos, permite su mejor aplicabilidad. (4)
- Tesis titulada. “*Estudio de control de talud en fase 4 de división andina*” de la Universidad de Chile. En la investigación se considera qué para mantener la estabilidad del talud, está asociada a la línea pre corte, la línea buffer, el tipo de explosivo y los detonadores electrónicos. Asimismo, concluye que la desviación de los taladros pre corte afectarán directamente en la estabilidad del talud, donde sostiene, que la línea buffer debería trabajar con la línea de pre corte. Finalmente, el uso adecuado de los explosivos y los detonadores electrónicos serán de gran importancia en la estabilidad del talud, controlando las vibraciones. (5)

2.2. Generalidades de Compañía Minera Condestable S.A.

2.2.1. Ubicación

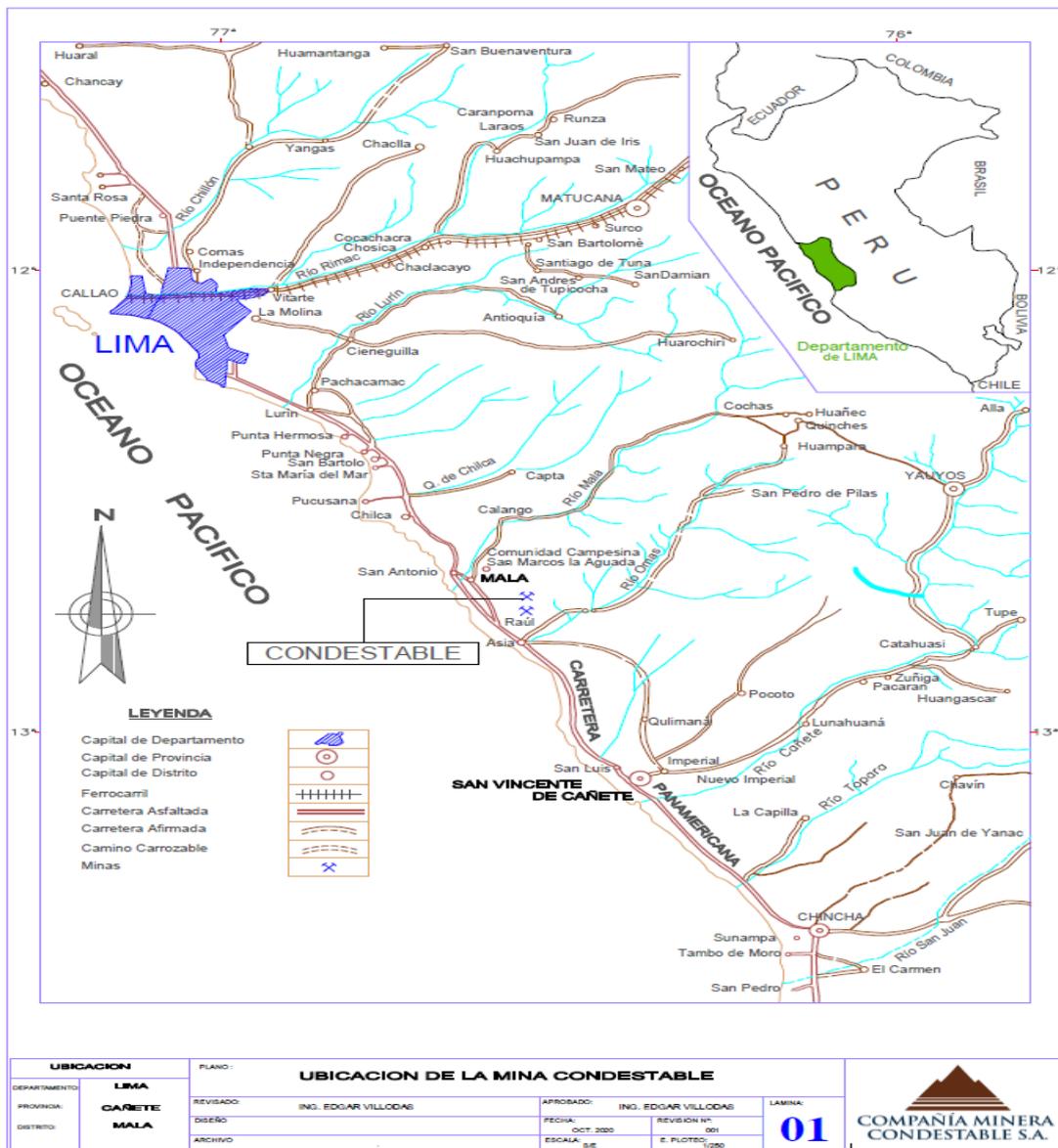
La Compañía Minera Condestable se ubica en el distrito de Mala, provincia de Cañete, departamento de Lima.

2.2.2. Accesibilidad

La ruta para llegar a la unidad minera desde la ciudad de Lima es desde:

Tabla 2. Ubicación de la unidad minera

Tramo	Distancia (km)	Observaciones
Lima – Mala	90.0	Asfaltado
Mala - Mina	5.0	Trocha afirmada



**Figura 1. Plano de ubicación
Tomada de Compañía Minera Condestable**

2.3. Geología regional

Asociada a un ambiente volcánico sedimentario de edad del Jurásico al Cretácico Inferior, compuesta por las formaciones Asia, Morro Solar, Pucusana, Pamplona, Atocongo y Chilca, los cuales han sido intruidas por el batolito de la costa.

2.4. Geología local

Localmente está asociada a rocas volcánico sedimentarias, los cuales han sido intruidas por rocas ígneas tipo granodiorita, tonalita y diques con textura porfírica de andesita, dacita y diabasa.

2.4.1. Rasgos litoestratigráficos

Se compone principalmente de las diferentes unidades, identificadas en el área de estudio:

- **Unidad Calicantro**

Estratigráficamente asociada al nivel inferior de la estratigrafía, compuesta por andesitas porfíricas y una potencia de 430 m.

- **Unidad Apolo**

Asociada principalmente por rocas volcánico clásticos, con intercalaciones de flujos andesíticos y areniscas, con una potencia de 80 m.

- **Unidad Actinolita**

Asociada principalmente a andesitas con intercalaciones de brechas volcánicas lenticulares, con una potencia entre 180 a 200 m.

- **Unidad Intermedio**

Relacionado a rocas piroclásticas, tufos y lutitas. Con potencias de 130 m.

- **Unidad Polvorín**

Relacionada a lavas andesíticas con intercalaciones de horizontes calcáreos y lutitas.

- **Unidad Chicharrón**

Principalmente relacionado a rocas tipo lutitas y calizas, con una potencia de 160 m.

- **Pórfido Andesítico - Dacítico**

Compuesto principalmente por diques y sills tipo pórfido de andesíta a dacíta, con una potencia de 320 m y una potencia de dique hasta 35 m.

2.4.2. Rasgos estructurales

- **Fallas**

Asociada a 3 sistemas de fallas locales:

- ✓ Sistema N 25-45° E y buzanan entre 75° a 90° SE.
- ✓ Sistema N 5-10° W y buzanan a 65° NE.
- ✓ Sistema WNW-ESE a EW y buzanan entre 60° a 90° NE.

2.5. Geología económica

2.5.1. Descripción del yacimiento y especies minerales

Asociado principalmente a un modelo de yacimiento tipo IOCG, compuesto por vetas, mantos y diseminaciones de Cu. Los minerales asociados están compuestos por: calcopirita y bornita, en menor proporción molibdenita, esfalerita, galena, oro y plata. Procesos de lixiviación se asocian a niveles superficiales, compuesto por minerales de Cu secundarios como covelina, calcosina, etc.

2.5.2. Controles de mineralización

Asociada a dos tipos de controles:

- ✓ Litológico: asociado a calizas, tobas y brechas andesíticas con horizontes de anfíboles.
- ✓ Estructural: asociado a fallas pre mineral, como la veta Chilena, Vinchos, etc.

2.5.3. Estratigrafía

A continuación, se presenta la columna estratigráfica del distrito, considerando una secuencia de 450 metros, compuesta por calizas negras, lutáceas y margosas.

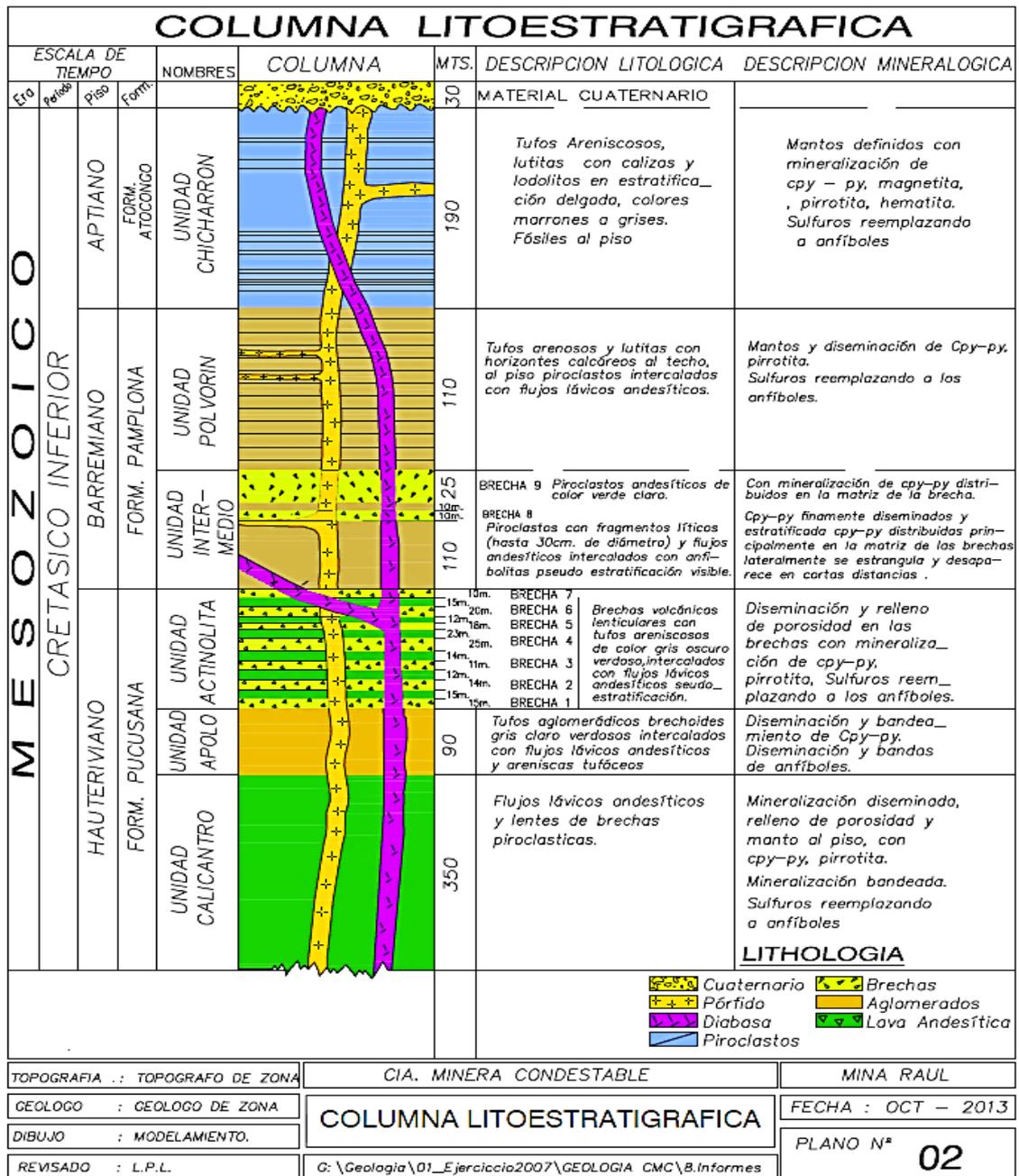


Figura 2. Columna litoestratigráfica Tomada del Departamento de Geología

2.6. Reservas minerales CMC

Las reservas minerales de Compañía Minera Condestable S.A (CMC): “probadas y probables”, estimados a diciembre del 2019, ascienden a 23,253,269 t con una ley de 0.83 % Cu.

Tabla 3. Cuadro de Reservas CMC

Reservas Minerales (*)		
Certeza	Toneladas (t)	Ley Cu %
Probada	18,698,098	0.90
Probable	4,555,171	1.08
Total	23,253,269	0.83

Tomada del Departamento de Planeamiento

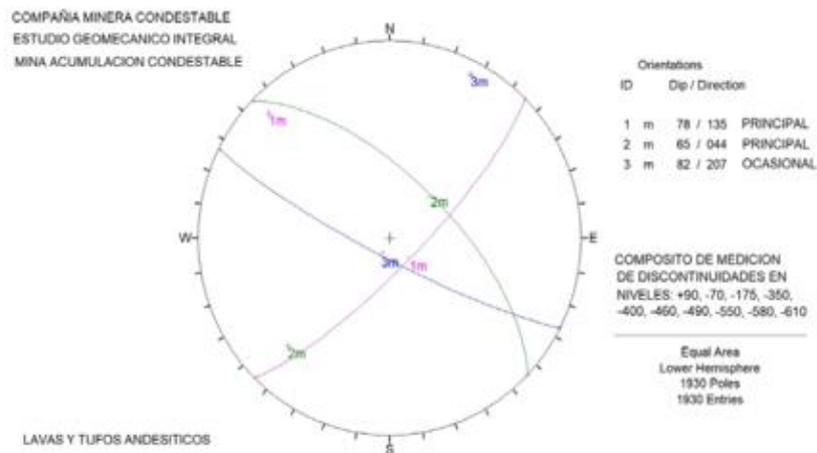
2.7. Geomecánica

2.7.1. Control estructural e hidrogeológico

a) Características estructurales

Según el “Estudio geomecánica integral de la mina Acumulación Condestable”, octubre (2019), se tiene las siguientes características generales:

En el área de emplazamiento de la mina Acumulación Condestable se ha determinado los siguientes fallamientos: N40°-50°E/75°-80°SE (sistema principal), N40°-50°W/65°-70°NE (sistema principal), N60°-70°W/80°-85°SW (sistema ocasional) y N15°-25°W/40°-45°SW (pseudo-estratificación).



**Figura 3. Distribución del comportamiento litológico y estructural
Tomada del Departamento de Geología**

b) Estudio hidrogeológico

Según la actualización del “Estudio Hidrogeológico e Hidrológico de la Acumulación Condestable”, octubre (2019) realizado por AMPHOS21, se tiene:

- Características generales

Las simulaciones predictivas de profundización de las labores desde el nivel actual Nv.-560 hasta el Nv.-1200 indicaron valores de flujo promedio anual comprendidos entre los 7.9 L/s y 9.7 L/s. El pH medido en toda el área de estudio es ácido a ligeramente alcalina (entre 5.5 y 8.5).

La facie predominante en el agua subterránea del área de estudio es clorurada sódica, esperable por la zona cercana a línea de mar, donde se produce aporte de estos parámetros por intrusión salina.

La temperatura media anual del área de estudio es de 18.1°C, presentándose con mayor intensidad (20°C y 23°C) entre los meses de diciembre a abril y con menor intensidad entre los meses de mayo a noviembre (15°C y 18°C).

- Identificación de filtraciones en interior mina

El nivel -175 es uno de los más importantes, debido a la presencia de filtraciones de agua en la zona denominada Vinchos. Además, en la misma zona se identificó una poza de almacenamiento de agua, la cual es abastecida producto de un sondaje de exploración que no tuvo una buena obturación, presenta un caudal de 2l/s aproximadamente.

En el nivel -255 se aprecia surgencia de agua a través de un sondaje de exploración, donde se registró parámetros físico-químicos de pH de 6.65, conductividad eléctrica por encima de 2000 uS/cm y con temperatura de 28.5°C.

2.8. Sostenimiento

A través del estudio “Elaboración de tablas geomecánicas para las labores permanentes y las cámaras y pilares del yacimiento minero Condestable”, septiembre (2018), se tiene los tipos de sostenimiento principales: perno helicoidal con malla/shotcrete con fibra de 20kg/m³.

2.8.1. Parámetros de caracterización del macizo rocoso

- Condiciones de fracturamiento

Para la elaboración de las tablas geomecánicas en la mina Condestable se ha tomado en cuenta, según el grado de fracturamiento, los rangos de levemente fracturada (LF) a intensamente fracturada (IF).

- ✓ Levemente fracturada (2 a 5 fracturas /metro)
- ✓ Moderadamente fracturada (6 a 12 fracturas/metro)
- ✓ Muy fracturada (12 a 20 fracturas/metro)
- ✓ Intensamente fracturada (más de 20 fracturas/metro)

- Condiciones de resistencia

Según las características de las discontinuidades se debe evaluar las condiciones de las paredes de las fracturas, determinando si estas están cerradas o abiertas (tamaño de abertura), si son rugosas, lisas o estriadas y si tienen recubrimiento y relleno o no, identificando además el tipo de este; si este es relleno de calcita o sílice, mejora la calidad de roca y si es de óxidos o arcillas, la debilita notoriamente.

2.8.2. Conocimiento de los factores influyentes

- Influencia del agua

En la mina Condestable no se ha tomado como factor influyente la presencia de agua subterránea, ya que sus labores se presentan en condiciones secas o goteos ocasionales.

- Influencia de los esfuerzos

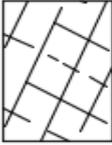
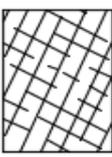
En la mina Condestable se debe prever la presencia de esfuerzos por tectonismo mediante la identificación de los tipos de fallas (fallas normales asociadas a esfuerzos distensivos y fallas de desgarre e inversas asociadas a esfuerzos compresivos). Así mismo, se debe considerar los esfuerzos inducidos por efecto de las excavaciones que origina la concentración de esfuerzos en pilares y puentes.

- Influencia de los sistemas de minado

Para determinar la influencia del sistema de minado en la aplicación de las tablas geomecánicas elaboradas se deberá tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Orientación de labores
- ✓ Tamaño de sección y voladura
- ✓ Uso de la labor

Tabla 4. GSI para labores mineras de desarrollo y preparación

 MINA CONDESTABLE LABORES MINERAS PERMANENTES Y TEMPORALES SECCIONES DE 3 A 5M			MB	B	R	P	MP
TIPO	DE DESCRIPCION	TIEMPO DE AUTO SOPORTE	CONDICION SUPERFICIAL MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS FRACTURAS MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA) BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) FRACTURAS RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA DE 1 A 2mm (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA) REGULAR (MODER. RESIST., LEVE A MODER. ALTER.) FRACTURAS LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS DE 2 A 5mm (Rc 50 A 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA) POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA, MUY ALTERADA, ABIERTA 5mm A 1cm, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 MPa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE) MUY POBRE (MUY BLANDA, EXTREMAD. ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA MAYOR A 1cm CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 MPa) (SE INDENTA MAS DE 5 mm.)				
A	SIN SOPORTE O PERNO HELICOIDAL DE 7 PIES OCASIONALMENTE.	1 AÑO A 5 AÑOS					
B	PERNO HELICOIDAL DE 7 PIES SISTEMATICO (1.5mx1.5m).	2 MESES A 1 AÑO					
C	PERNO HELICOIDAL DE 7 PIES (1.3mx1.3m) CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 3"x3"	2 DIAS A 2 SEMANAS					
D	SHOTCRETE DE 2" CON FIBRA 20KG/M3 EN PRESENCIA DE CUÑAS EMPERNADO DE 7 PIES A 1.5MX1.5M O SHOTCRETE DE 3" CON FIBRA 30 KILOS/M3 SIN PERNO	8 HORAS A 2 DIAS					
E	SHOTCRETE 2" CON FIBRA + PERNO HELICOIDAL DE 7 PIES(1.10mx1.10m) CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 3"x3" Y SHOTCRETE 2" SIN FIBRA.						
ESTRUCTURA							
	LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE FRACTURAS MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90) (1 A 5 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn.) ESPACIAMIENTO: 20 A 100 cm	100cm 80cm 40cm	-	LF/B	LF/R	-	-
	MODERADAMENTE FRACTURADA. BIEN TRABADA, POCO DISTURBADA BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE FRACTURAS ORTOCONALES (RQD 50 - 75) (6 A 11 FRACT. POR METRO) ESPACIAMIENTO: 10 A 20 cm	20cm 15cm 10cm	F/MB	F/B	F/R	F/P	-
	MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE FRACTURAS (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO) ESPACIAMIENTO: 5 A 10 cm	9cm 8cm 7cm 6cm	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
	INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS FRACTURAS INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO) ESPACIAMIENTO: 2 A 5 cm	5cm 4cm 3cm 2cm	-	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP

Tomada del Departamento de Geomecánica

2.9. Descripción de método de explotación

En Compañía Minera Condestable “CMC” se aplican los siguientes métodos de explotación:

2.9.1. Shrinkage dinámico

El método de Shrinkage Dinámico se aplica en las vetas con buzamiento subvertical. Se desarrolla la galería en estructura y se preparan las chimeneas en el buzamiento del mineral hasta el nivel superior para acceso y ventilación, el número de chimeneas dependerá de la longitud del block (la distancia máxima entre chimeneas es 60m).

Cuando la potencia de la veta es mayor a 3.0 m se requerirá de la preparación de un *by pass* paralelo y cruceros *Draw Point* (ventanas) diagonales para limpieza.

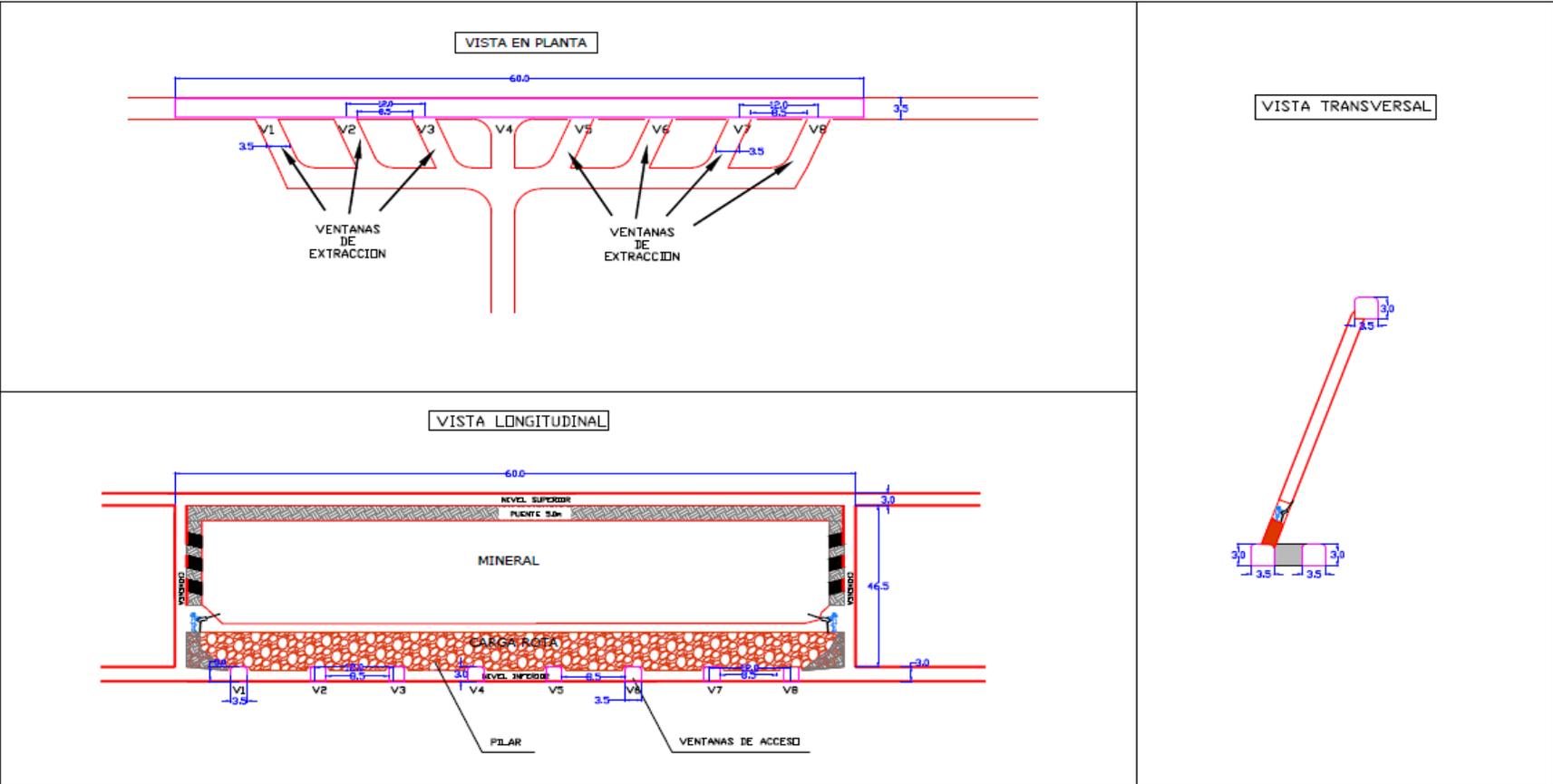
Cuando la potencia de la veta es menor a 3.0 m o cuando se requiera conservar la galería base, la preparación se realiza con ventanas desde la misma galería y chimeneas en contra para formar los conos.

Los cortes deben ser horizontales con taladros de 8 pies, siendo la perforación y voladura en realce.

Durante la explotación se debe considerar el uso de arnés con líneas de vida instaladas y seguras, cumpliendo el reglamento de seguridad.

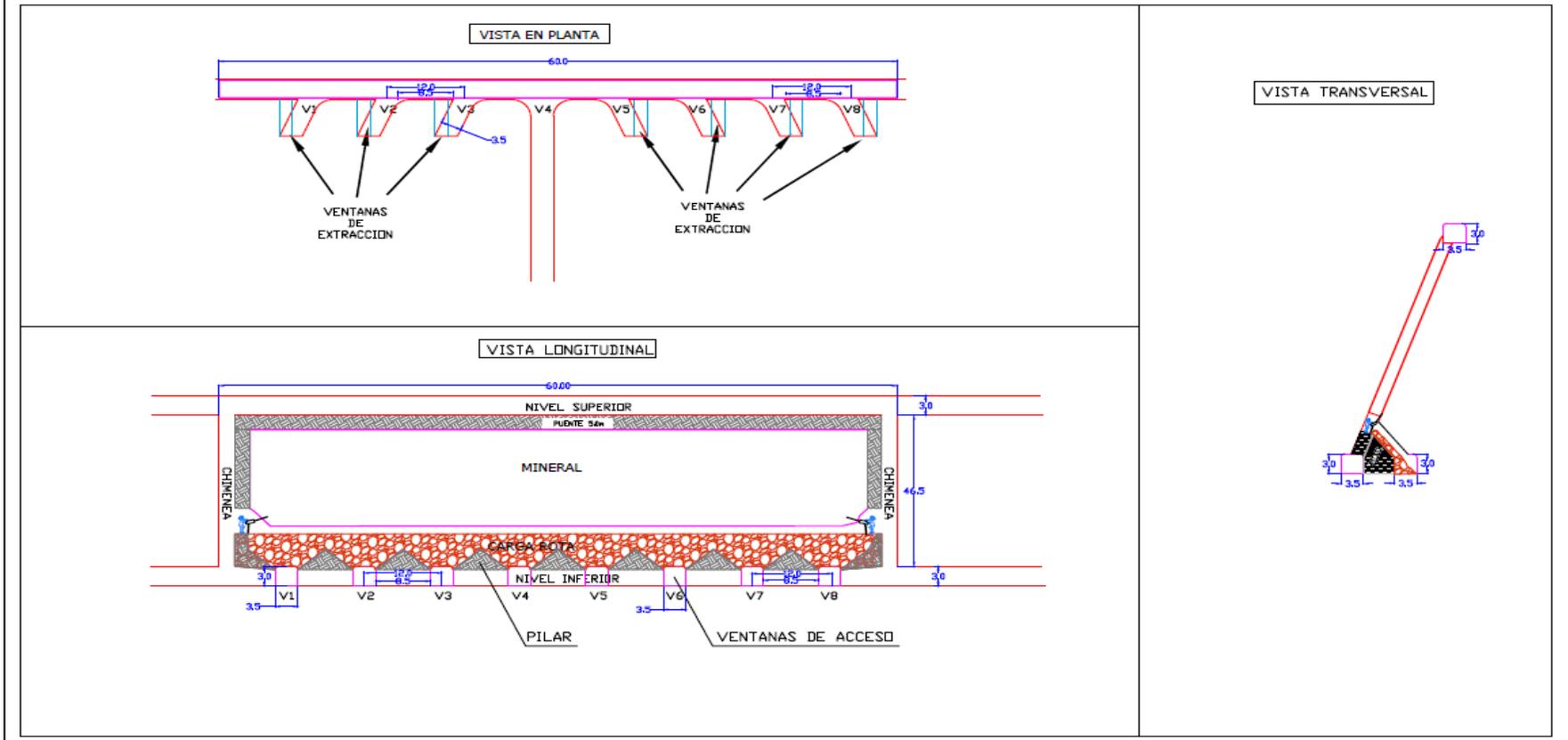
En relación al cumplimiento del plan de producción, la extracción del mineral de los tajos será máxima de 1/3 del volumen disparado.

METODO DE MINADO SHRINKAGE_1



**Figura 4. Método de minado Shrinkage vista en planta, transversal y longitudinal
Tomada del Departamento de Planeamiento**

METODO DE MINADO SHRINKAGE_2



**Figura 5. Método de minado Shrinkage vista en planta, transversal y longitudinal
Tomada del Departamento de Paneamiento**

2.9.2. Cámaras y pilares

Se aplica en mantos y brechas con buzamiento promedio de 40° con potencias de 2 a 5 metros, así como en vetas con buzamientos cercanos a los 40°.

La explotación se inicia a partir de galerías de extracción con ventanas y cámaras transversales al rumbo del manto, dejando pilares o columnas, que por lo general son recuperadas al final, dependiendo de la estabilidad del tajo.

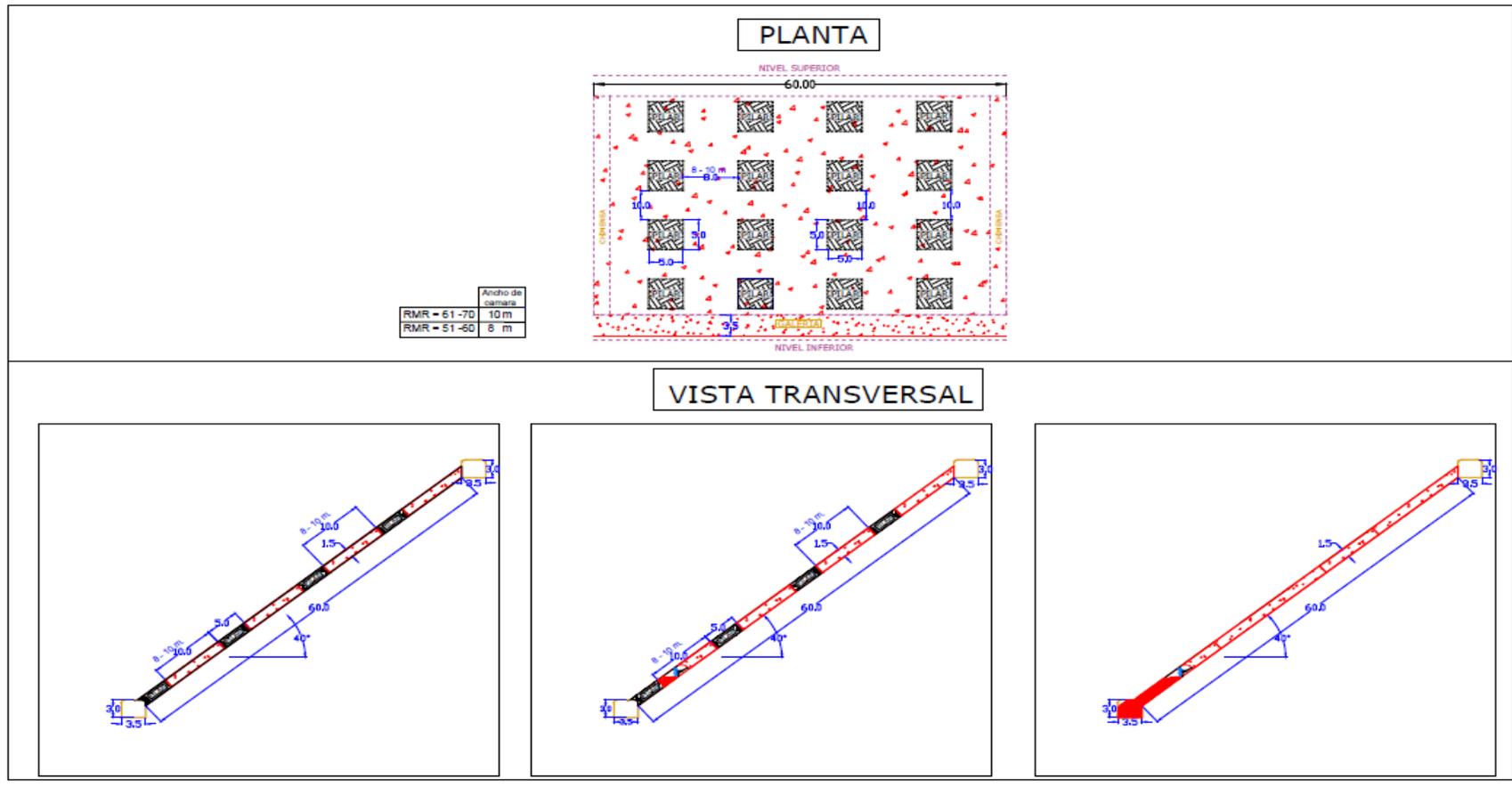
La dimensión de los puentes al nivel superior, los pilares y las cámaras en los tajeos son definidos de acuerdo a la evaluación geomecánica, dependiendo de la calidad del macizo rocoso, dirección de explotación y otros factores geomecánicos que determinan la calidad de roca.

La limpieza del mineral desde las cámaras hasta el nivel de extracción es por gravedad; se aplicará el sostenimiento de acuerdo a las condiciones geomecánicas, rellenando una vez finalizado la explotación.

Las longitudes de perforación estarán en el rango entre 4 a 10 pies y diámetros entre 32 a 34 mm, usando como agentes de voladura emulsión, *carmex*, etc.

Se usa volquetes de 40 t como sistemas de acarreo y equipos *scoops* de 4, 6 y 10 yd³ como sistemas de carguío.

METODO DE MINADO CAMARAS Y PILARES



**Figura 6. Método de minado, cámaras y pilares
Tomada del Departamento de Planeamiento**

2.9.3. Sublevel stoping o tajeos por subniveles o taladros largos

Aplicado a estructuras o cuerpos mineralizados con potencias entre 5 a 20 metros, y dimensiones de tajeos con longitudes de 100 metros y alturas de 20 a 40 metros.

La perforación es positivo o negativo, en forma vertical o en abanico, con diámetros de perforación de 2.5 pulgadas y longitudes de 20 metros, y una malla de perforación de 2.2 metros de espaciamiento y 2.0 metros de *burden*.

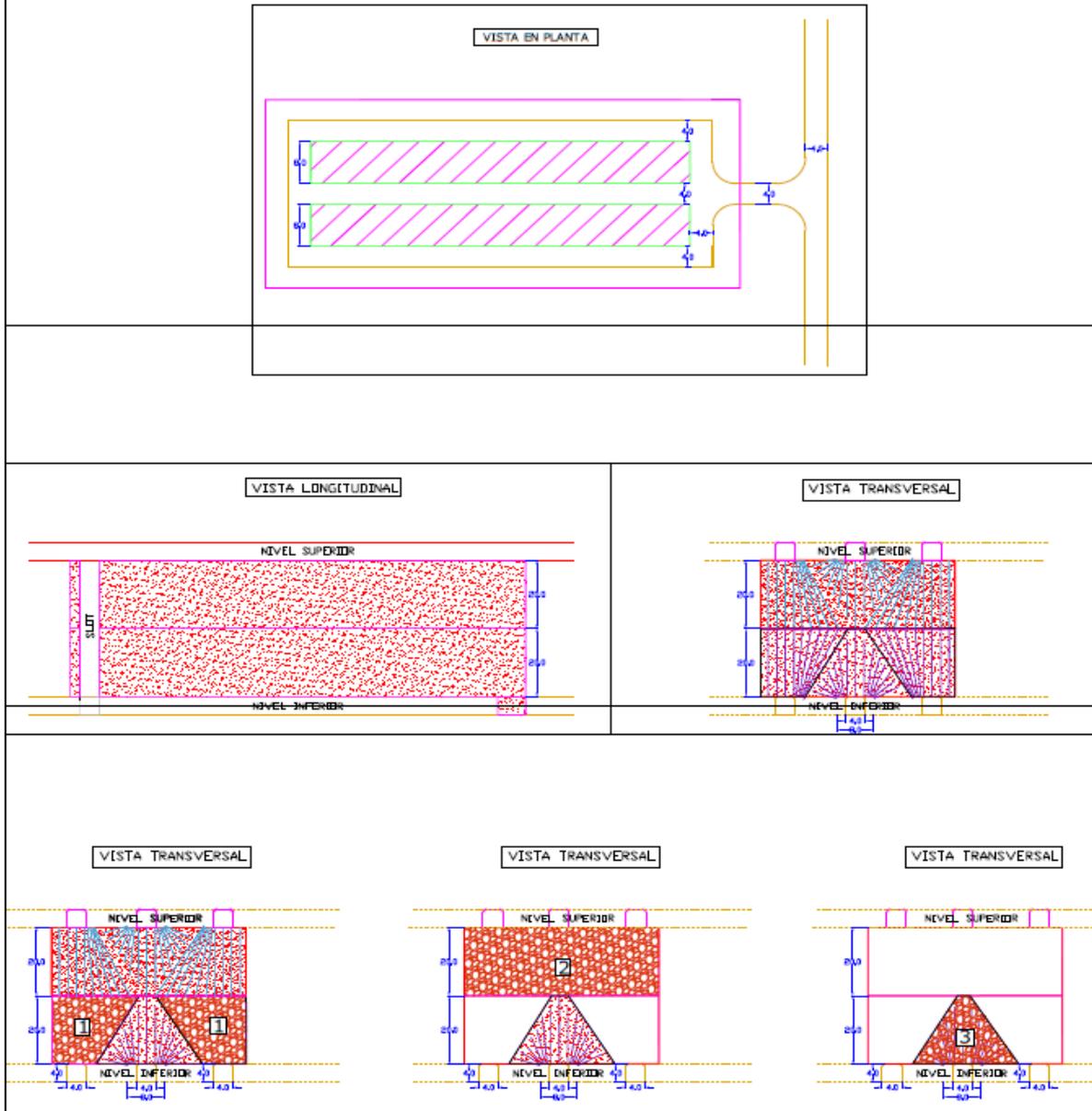
Se utiliza para la voladura el ANFO, como iniciador el *booster*, en algunos casos se considera el Emulnor 5000.

El sistema de limpieza se realiza con *scoops* a control remoto, mediante ventanas (*draw points*).

Una vez culminada la explotación del tajo, se rellena con material detrítico, aporte de los distintos frentes de avance.

Finalmente, el sistema de acarreo de mineral o desmonte se realiza con volquetes de 40 toneladas, siendo el sistema de acarreo tercerizado o subcontratado.

METODO DE MINADO SUBLEVEL STOPING



**Figura 7. Método de minado Sublevel Stopping
Tomada del Departamento de Planeamiento**

a) Parámetros de diseño de SLS

Tabla 5. Parámetros de diseño

METODO SUBLEVEL STOPING	
Altura del tajeo (m)	40
Altura de sub niveles (bancos) (m)	20
Ancho de tajos en cuerpos (m)	>5
Longitud de tajo (m)	>30
Producción mensual de tajos (tm)	30,000
Producción mensual preparaciones (tm)	5,000
Longitud de la barra (m)	1.5
Diámetro del taladro (mm)	64
Longitud de los taladros (m)	20
Rendimientos (m/Turno)	125
Disponibilidad Mecánica (%)	85
Capacidad mensual (m)	7,500
Índices de perforación (tm/m)	8
Tonelaje perforado (tm/turno)	800
Personal de operación / maquina	2

Tomada del Departamento de Paneamiento

En voladura se aplican nuevas técnicas para el carguío de taladros hacia arriba (en positivo); se dispone de equipos de inyección neumática tipo JET – ANOL. Para el carguío de taladros negativos, son realizados por gravedad.

b) Parámetros de equipos de perforación de taladros largos

Tabla 6. Parámetros de perforación

MODELO	Simba H 281
Altura de traslado de equipo (m)	3.5
Altura de perforación (m)	4.0
Ancho de la galería de transporte	3.0
Longitud de la barra (m)	1.5
N° de gatas	4.0
Diámetro de Perforación (mm)	64
Stinger	SI
Perforadora	COP 1638
Frecuencia de golpes	16

Tomada del Departamento de Planeamiento

c) Diseño de perforación

Los valores que actualmente se trabajan son:

Tabla 7. Parámetros de perforación

EQUIPO	DIAMETRO	BURDEN	ESPACIAMIENTO
	Pulg	m	m
Simba H – 281	2 ½	2.0	2.2

Tomada del Departamento de Planeamiento

d) Técnicas de perforación de taladros largos

La perforación ascendente o descendente se realiza con equipos de perforación tipo SIMBA H-281, desde subniveles ubicados cada 20 metros, en secciones paralelas al buzamiento de las cajas.

Uno de los grandes inconvenientes que presenta la perforación radial como controlar la desviación de los taladros y la dilución, se amplía la sección de la labor donde se realiza la perforación al máximo recomendado por geomecánica para realizar el diseño de perforación con taladros paralelos y reducir al máximo la perforación radial. Esta preparación requiere mayor volumen desquinchado, pero compensa el control de dilución.

e) Voladura de taladros largos

Esta actividad unitaria se realiza en forma sistemática, considerando los siguientes aspectos:

- ✓ Se construye una chimenea slot con dimensiones 2.4 x 1.5 para que desde este punto se inicie con la voladura.
- ✓ Se realiza en forma escalonada o gradines invertidos.
- ✓ El carguío de los taladros largos se realiza preferentemente de arriba hacia abajo.
- ✓ La voladura se realiza indistintamente en diferentes blocks y en diferentes tajeos, cuyo objetivo es mantener el rango del 1.0 % de cobre.
- ✓ Desde los niveles de extracción se inicia la voladura de los tajeos.

La aplicación del sublevel stoping con taladros largos, genera un buen rendimiento en el tonelaje producido.

f) Voladura secundaria

Asociado principalmente a:

- ✓ Diseño de la malla de perforación
- ✓ Desviación de taladros largos
- ✓ Factores estructurales
- ✓ Presencia de geodas en el macizo rocoso
- ✓ Factores humanos

g) Explosivos utilizados en voladura de taladros largos

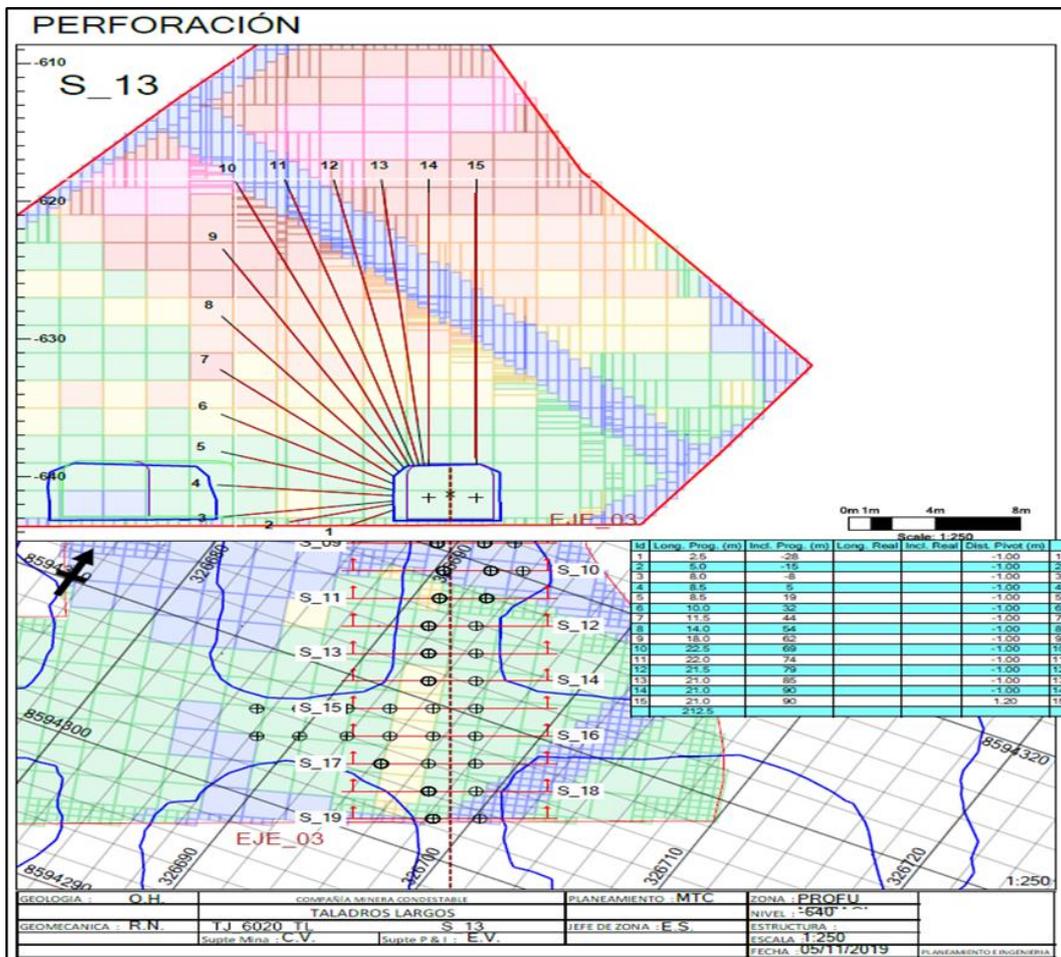
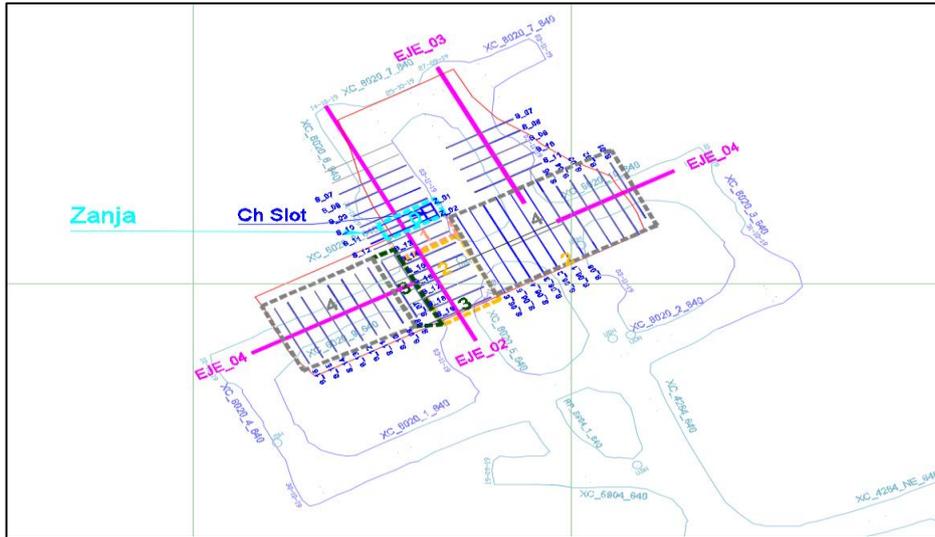
Se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 8. Explosivos utilizados en voladura

ITEM	Densidad (g/cm ³)	Velocidad de detonación (m/seg)	Presión de detonación (kbar)	Resistencia al agua
ANFO	0.8	3100	38	
Emulsión 5000 1½" x 7"	1.16	5500	88	Excelente
Emulsión 5000 1" x 7"	1.16	5500	88	Excelente
Booster	1.6	7000	100	Excelente

Tomada del Departamento de Planeamiento

h) Planos de perforación TL



**Figura 8. Planos de perforación, taladros largos
Tomada del Departamento de Planeamiento**

2.10. Programa anual de operaciones mina

2.10.1. Programa anual de producción 2021

Tabla 9. Programa anual de producción 2021

MINA	MÉTODO	Item	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Mina Raúl	TL	TMS	111,000	91,300	114,300	94,170	86,756	76,600	102,400	91,700	84,020	126,160	115,600	143,110	1,237,116
		%CU	0.98	1.02	0.93	0.97	0.97	1.04	1.00	0.99	1.02	0.94	0.92	0.94	0.97
	Avances	TMS	14,700	14,080	13,700	14,300	16,400	17,130	16,300	15,960	16,330	15,960	17,330	16,280	188,470
		%CU	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
TMS Mina Raúl			125,700	105,380	128,000	108,470	103,156	93,730	118,700	107,660	100,350	142,120	132,930	159,390	1,425,586
%CU Mina Raúl			0.94	0.98	0.91	0.94	0.93	0.98	0.96	0.95	0.97	0.92	0.89	0.92	0.94
Mina Condestable	TL	TMS	42,300	47,000	39,500	57,500	69,504	70,930	53,700	65,000	65,000	59,000	71,000	50,000	690,434
		%CU	0.69	0.75	0.84	0.79	0.78	0.73	0.72	0.74	0.74	0.74	0.80	0.75	0.76
	Avances	TMS	3,800	3,920	4,300	4,700	4,600	4,870	4,700	5,040	4,870	5,040	5,870	4,720	56,430
		%CU	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	C y R	TMS		1,500		1,130	1,540	2,270	1,700	1,100	1,580	2,640	2,600	6,690	22,750
		%CU		0.68		0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
TMS Mina Condestable			46,100	52,420	43,800	63,330	75,644	78,070	60,100	71,140	71,450	66,680	79,470	61,410	769,614
%CU Mina Condestable			0.69	0.74	0.83	0.78	0.78	0.73	0.72	0.74	0.74	0.73	0.79	0.74	0.75
Superficie	Canchas	TMS	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	28,000	336,000
		%CU	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Marco Polo	TMS	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	38,400
		%CU	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Total TMS			203,000	189,000	203,000	203,000	210,000	203,000	210,000	210,000	203,000	240,000	243,600	252,000	2,569,600
Total %CU			0.83	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.83	0.82	0.83	0.82	0.82	0.83	0.83

Tomada del Departamento de Planeamiento

2.10.2. Programa anual de avances 2021

Tabla 10. Programa anual de avances 2021

MINA	FASE	LABOR	Seccion	MES												Total	
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
RAUL	Desarrollo	Chimenea	4.0 x 4.0	50	80	80	80	80	80	70				40	60	620	
			3.0 x 3.0	15		50	20			60	80	80	120	90		515	
			2.0 x 2.0		30	46	42	40	25		32		27	12	14	268	
		Galeria-Crucero	4.0 x 4.0	573	405	273	257	471	250	316	617	282	183	345	350	4,323	
			3.5 x 3.0			10				41		10	23	18		102	
			3.0 x 3.0	12	30	28	34		58	36	17	30				245	
			4.5 x 4.0	70	70	157	140	100	120	100	80	220	280	170	150	1,657	
		rampa	4.0 x 4.0	0	0	50	120	100	70	126	0		120	126	146	857	
			3.5 x 3.0	0	20	30	35	15	20	15	35	0	35	15	20	240	
			5.0 x 4.0	320	310	330	290	290	180	200	175	210	230	200	215	2,950	
	Total Desarrollo				1,040	945	1,054	1,018	1,096	844	923	1,036	832	1,018	1,016	955	11,777
	Preparacion	Chimenea	2.0 x 2.0	79	159	215	97	101	197	100	77	132	27	114	138	1,436	
		Galeria-Crucero	4.0 x 4.0	494	803	649	395	430	416	575	514	826	848	881	869	7,700	
			3.5 x 3.0		78	36	12	12	48	48	60		12	36		342	
		rampa	4.0 x 4.0	90	0	120	190	140	187	147	190	210	140	100	105	1,619	
	Total Preparacion				663	1,040	1,020	694	683	848	870	841	1,168	1,027	1,131	1,112	11,097
	Exploracion	Galeria-Crucero	4.0 x 4.0	160	180	180	215	155	160	140	110	145	120	170	185	1,920	
Total Exploracion				160	180	180	215	155	160	140	110	145	120	170	185	1,920	
Total RAUL				1,863	2,165	2,254	1,927	1,934	1,852	1,933	1,987	2,145	2,165	2,317	2,252	24,794	
CONDESTABLE	Desarrollo	Chimenea	3.0 x 3.0	50	50		20	40	50	50	40	10	50	50	460		
			2.0 x 2.0	10						24	24	27	5	6	102		
		Galeria-Crucero	4.0 x 4.0	110	138	139	170	80	230	100	80	64	20	0	20	1,151	
			3.5 x 3.0			30					30					60	
			3.0 x 3.0	8	6	6	12									32	
		rampa	4.0 x 4.0				30	269	30	30		43	0	21	46	469	
			3.5 x 3.0		20	20		20	20	20		20		20		120	
	5.0 x 4.0		30	60	90	60	60	60	60	60	60	60	60	60	720		
	Total Desarrollo				208	274	285	292	469	370	284	277	181	157	181	136	3,115
	Preparacion	Chimenea	2.0 x 2.0	35	74	15	173	18	107	155	12	44	69	71	78	850	
		Galeria-Crucero	4.0 x 4.0	546	218	220	360	246	356	324	260	222	287	220	250	3,509	
			3.5 x 3.0	12	48	12	24	24	60			12				192	
		rampa	4.0 x 4.0						40	90	90	129	50	50	117	566	
Total Preparacion				593	340	247	557	288	563	569	362	406	406	341	445	5,117	
Exploracion	Galeria-Crucero	4.0 x 4.0	30	60	45	65	40	135	80	75	30	50		610			
Total Exploracion				30	60	45	65	40	135	80	75	30	50		610		
Total CONDESTABLE				831	674	577	914	797	1,068	933	714	618	613	522	581	8,842	
Total general				2,694	2,839	2,831	2,841	2,731	2,920	2,866	2,701	2,763	2,778	2,839	2,833	33,636	

Tomada del Departamento de Planeamiento

2.11. Bases teóricas del estudio

El uso de detonadores electrónicos tipo Fametronic, permitió evaluar el grado de fragmentación de la roca post voladura en Compañía Minera Condestable.

El uso de los detonadores electrónicos tiene grandes ventajas en la voladura, tales como; una mejor fragmentación, menor resultado del monitoreo de vibraciones, mejor tiempo en el carguío del mineral volado, ampliación de malla, mejor control de las cajas realizando voladuras masivas y reducción de costos, en comparación con el detonador pirotécnico.

El presente estudio permite comparar ambos detonadores, siendo el objetivo el control de la granulometría y sus costos asociados a la perforación y voladura, en los tajos mediante el método de minado sublevel stoping con taladros largos.

2.12. Detonador Electrónico - Fametronic

Los detonadores electrónicos están constituidos, por una cápsula metálica de aluminio cerrada por un extremo, encontrándose en su interior un condensador, un chip, un inflamador, un explosivo iniciador o primario y un explosivo base o secundario.



**Figura 9. Detonador electrónico Fametronic
Tomada de Fametronic BAC**

Estos detonadores tienen como principal características su seguridad y su precisión. Los detonadores se activan instantes antes de la detonación y requieren una corriente codificada para su iniciación. Se pueden programar con un tiempo de retardo de 1 à 20000 ms. en intervalos de 1 m.

Las características técnicas del detonador Fametronic son:

	Unidad	Fametronic® Bac
Diámetro del fulminante	mm	7,3
Longitud del fulminante	mm	80
Potencia del fulminante	N°	12
Material del fulminante	-	Aluminio
Resistencia a la presión hidrostática por 2 horas	Kg/cm ²	6,8
Volúmen Trauzl	cm ³	34
Resistencia al impacto	2kg/1m	No Detona
Tiempo de retardo	ms	De 0 a 20000
Resistencia a la descarga electrostática 30KV/2500pF	-	No Detona
Inmune a radiofrecuencia	-	Sí
Trazabilidad	-	Número ID único
Vida útil	-	2 años

Figura 10. Características técnicas del fulminante Fametronic Tomada de Fametronic BAC

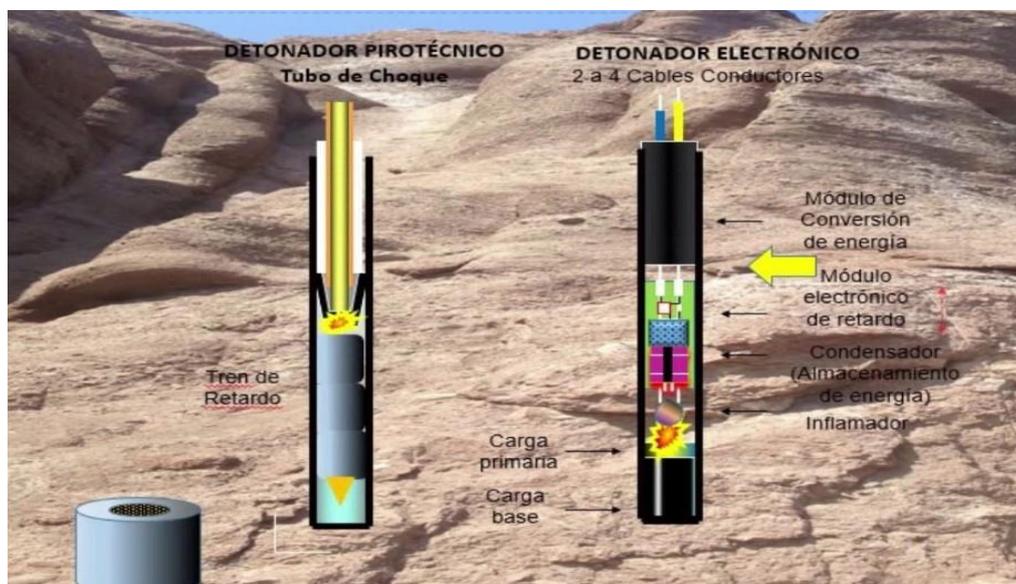


Figura 11. Diferencia entre detonador electrónico y detonador pirotécnico Tomada de Fametronic BAC

Una de las diferencias entre el detonador pirotécnico y el detonador electrónico es que el primero cuenta con un tubo de choque y un tren de retardo; mientras que el segundo cuenta con 2 a 4 cables conductores, módulo de conversión de energía y módulo electrónico de retardo.

Se han realizado voladuras haciendo uso del Fametronic®, en apertura de zanja de taladros largos, en Slot y en tajos de taladros largos, designados por la Jefatura de perforación y voladura.

Los equipos y herramientas de trabajo fueron, 2 blaster, 2 loguer, 1 portal metric y sismógrafo.



*Figura 12. Equipos y herramientas de trabajo, con uso de Fametronic
Tomada de Famesa explosivos*

2.13. Consideraciones generales del estudio con Fametronic

En el presente estudio se darán a conocer los resultados obtenidos en tajos de producción mediante taladros largos en voladuras realizadas con los detonadores electrónicos Fametronic.

Los resultados obtenidos con los detonadores electrónicos Fametronic, estarán relacionados a controlar y mejorar la granulometría, menor resultado de la velocidad pico partícula, disminución de la carga operante, mejorar en el proceso de limpieza y carguío con el scoop, menor uso de la chancadora y ampliación de la malla de perforación lo que involucra un menor costo de perforación, explosivos sistema de iniciación.

El presente trabajo de investigación permite analizar la mejora del proceso de voladura mediante el uso de los detonadores electrónicos Fametronic, siendo el análisis en voladuras de producción (tajeos), voladuras en slot y voladuras en zanjas, siendo los resultados generales durante el periodo de estudio descrito a continuación:

a) Voladura e n tajos de producción

Los resultados de voladura en tajos de producción consideran diferentes mallas de perforación de 1.5 x 1.5 m, 1.75 x 1.75 m, etc. realizadas durante el periodo mayo a noviembre del 2021.

✓ Taladros positivos (+)

Se consideran perforaciones positivas con longitudes de taladro de 16.7 m en promedio.

Uno de los parámetros a considerar en los resultados de perforación y voladura es la densidad de roca, considerando una densidad promedio de 2.87 gr/cm³.

El total de toneladas de mineral producidas fueron de 400,581 toneladas considerando taladros positivos, con un factor de potencia promedio de 0.26 kg/t y un costo unitario de 0.31 \$/t.

✓ Taladros negativos (-)

Se consideran perforaciones positivas con longitudes de taladro de 20.23 m en promedio.

La densidad de roca en promedio es de 2.87 gr/cm^3 , considerando un total de 52,992 toneladas, con un factor de potencia promedio de 0.20 kg/t y un costo unitario de 0.22 \$/t.



Figura 13. Tajo cargado con Fametronic



Figura 14. Realizando inspección de los conectores de los Fametronic

Tabla 11. Resumen de voladura en tajos de producción (taladros positivos)

RESÚMEN DE VOLADURA EN TAJOS DE PRODUCCIÓN

Periodo mayo a noviembre - Taladros Positivos

MES	Long. Taladro (m)	Dens. roca (gr/cm3)	Fametric 10m (Piezas)	Fametric 20m (Piezas)	Total Explos (Kg)	Toneladas (Ton)	Fact.Potenc. (Kg/ton)	Costo Unitario (\$/ton)	Costo Total Exp. + Accesorios (\$)
Mayo	13.45	2.85	209	445	19,116	85,728	0.23	0.27	22,846
Junio	16.67	2.85	9	71	2,563	5,654	0.20	0.27	2,765
Julio	14.02	2.82	301	503	30,137	95,578	0.32	0.36	33,680
Agosto	19.56	2.85	131	292	10,075	43,353	0.27	0.36	13,639
Setiembre	17.99	2.85	124	167	17,153	53,792	0.33	0.35	18,024
Octubre	19.94	2.86	98	353	25,501	107,513	0.24	0.30	28,410
Noviembre	18.01	2.85		38	2,261	8,963	0.26	0.28	2,461
Total/Prom.	16.69	2.87	872	1,869	106,806	400,581	0.26	0.31	121,824

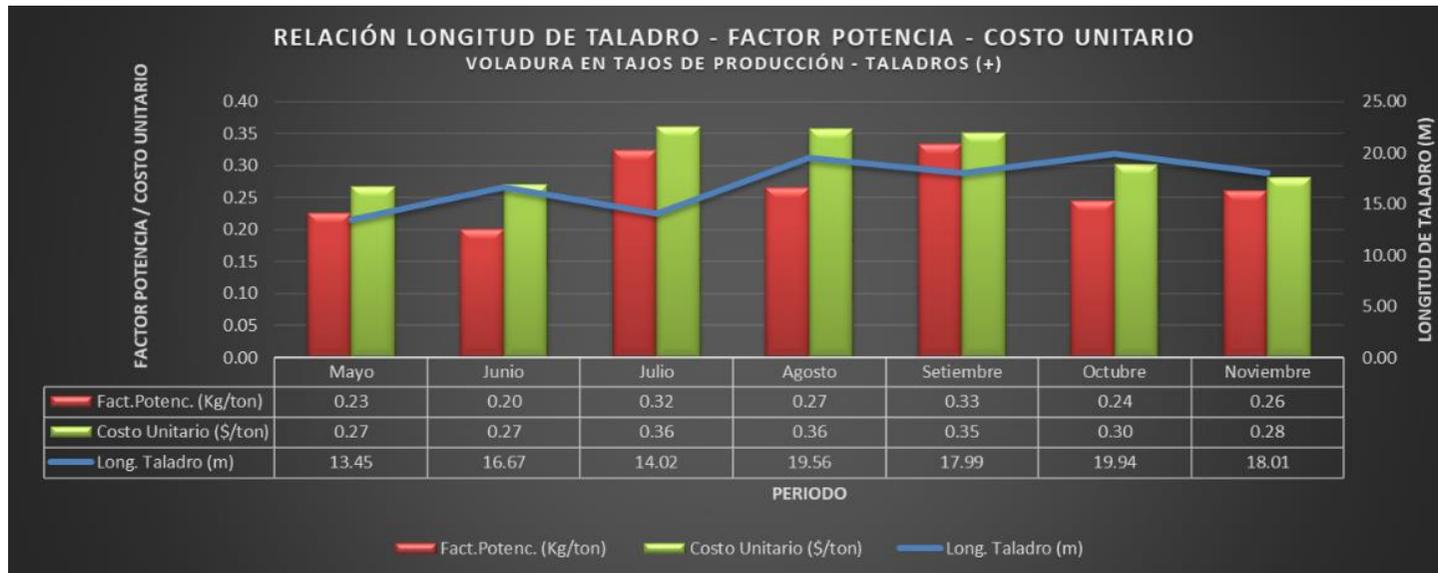


Figura 15. Relación longitud de taladro, factor de potencia y costos unitarios (taladros +), en tajos de producción

Tabla 12. Resumen de voladura en tajos de producción (taladros negativos)

RESÚMEN DE VOLADURA EN TAJOS DE PRODUCCIÓN

Periodo mayo a noviembre - Taladros Negativos

MES	Long. Taladro (m)	Dens. roca (gr/cm ³)	Total Explosivos (Kg)	Toneladas (Ton)	Fact. Pot. (Kg/ton)	Costo Unitario (\$/ton)	Costo Total Exp. + Accesorios (\$)	Fametronic 10m (Pzas)	Fametronic 20m (Pzas)
Mayo	17.00	2.85	879.95	5,000	0.18	0.20	1,018.86		33.00
Junio	20.00	2.85	2,136.10	15,000	0.14	0.16	2,377.60		71.00
Julio	13.00	2.85	1,005.40	5,002	0.20	0.22	1,098.71	12.00	24.00
Agosto	27.00	2.85	5,271.00	23,000	0.22	0.22	5,270.87		88.00
Noviembre	17.36	2.85	1,381.30	4,990	0.28	0.30	1,491.63		22.00
Total/Prom	20.23	2.89	10,673.75	52,992	0.20	0.22	11,258	12.00	238.00

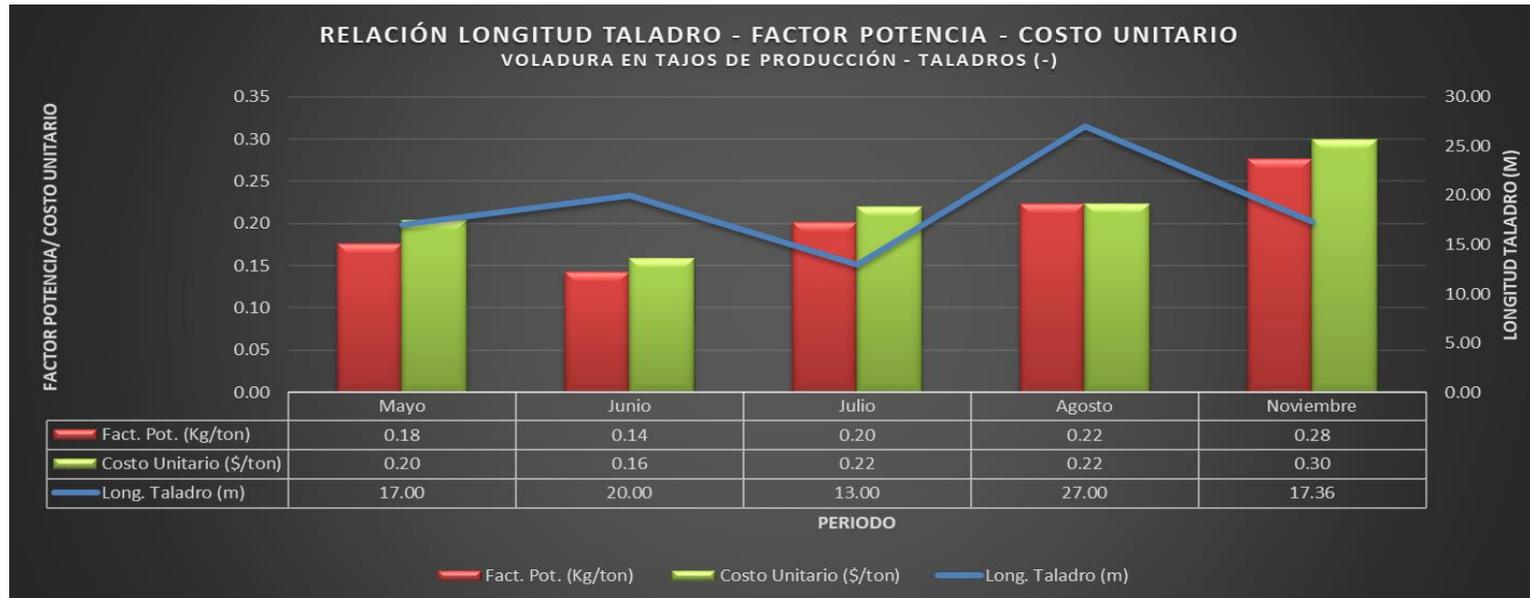


Figura 16. Relación longitud de taladro, factor de potencia y costos unitarios (taladros -), en tajos de producción

b) Voladura en SLOT

Se consideran perforaciones con longitudes de taladro de 16 m en promedio. Considerando una densidad de roca promedio de 2.87 gr/cm³, genera un total de 3,205 toneladas, con un factor de potencia promedio de 4.7 kg/t y un costo unitario de 6.33 \$/t.

Tabla 13. Resumen de voladura en slot

RESÚMEN DE VOLADURA EN SLOT									
Periodo mayo a setiembre									
MES	Long. Tal. (m)	Dens. Roca (gr/cm ³)	Fametric 10m (Pzas)	Fametric 20m (Pzas)	Total Explosivos (Kg)	Toneladas (Ton)	Fact. Pot (Kg/ton)	Costo Unitario (\$/ton)	Costo Total Exp. + Accesorios (\$)
Mayo	15.50	2.85	149.00	135.00	5894.10	1605.61	3.74	4.95	7677.16
Junio	16.88	2.85	69.00	91.00	3781.50	1300.00	2.96	4.42	5491.05
Agosto	16.00	2.85	18.00	20.00	880.70	150.00	5.87	7.01	1050.76
Setiembre	16.00	2.85	9.00	43.00	932.65	150.00	6.22	8.96	1344.64
Tota/Prom	16.04	2.87	245.00	289.00	11488.95	3205.61	4.70	6.33	15563.61

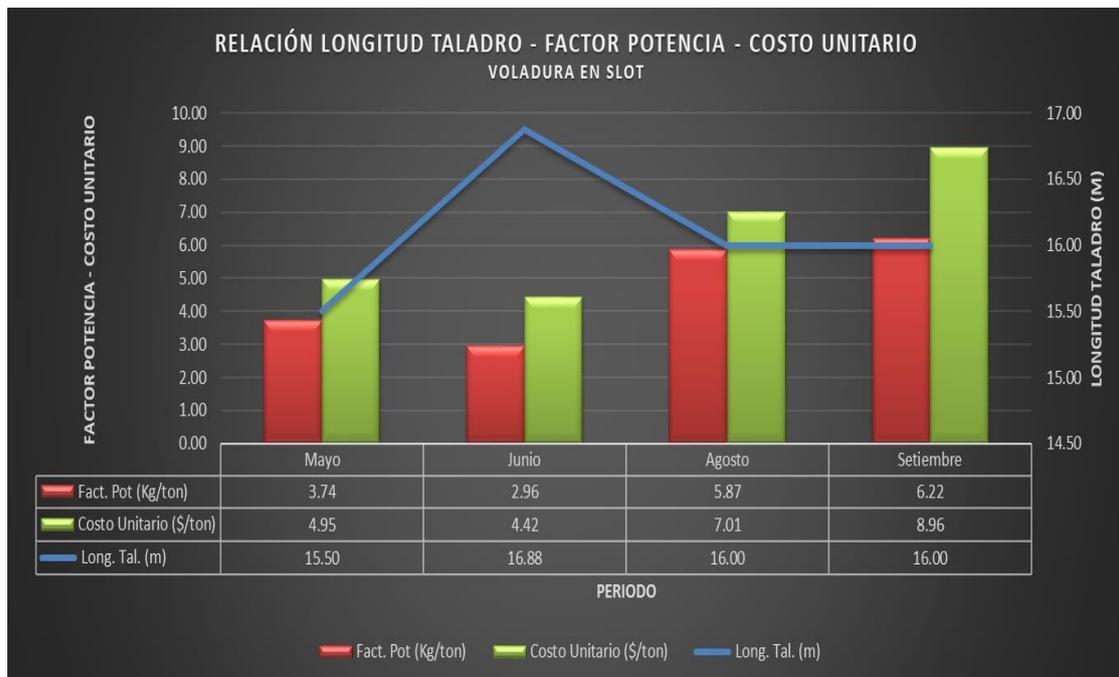


Figura 17. Relación de longitud de taladro, factor de potencia y costo unitario en slot

c) Voladura en zanja

Se consideran perforaciones con longitudes de taladro de 18 m en promedio. Considerando una densidad de roca promedio de 2.90 gr/cm³, genera un total de

34,300.80 toneladas, con un factor de potencia promedio de 0.60 kg/t y un costo unitario de 0.70 \$/t.

Tabla 14. Resumen de voladura en zanja

RESÚMEN DE VOLADURA EN ZANJA									
Periodo mayo a octubre									
MES	Long. Tal. (m)	Dens. roca (gr/cm ³)	Fametric 10m (pzas)	Fametric 20m (pzas)	Tot. Explos. (Kg)	Toneladas (ton)	Fact. Pot. (kg/ton)	Costo Unitario (\$/ton)	Costo Total Exp. + Accesorios (\$)
Mayo	13.30	2.85	52	149	4,455.45	9,392.60	0.59	0.80	5,764.46
Junio	20.25	2.85	18	20	1,983.70	3,550.00	0.60	0.60	2,021.81
Julio	17.75	2.85	14	44	2,760.50	5,912.20	0.58	0.66	2,615.29
Agosto	28.00	2.85		5	276.35	300.00	0.92	1.03	308.66
Setiembre	21.01	2.85	20	59	3,869.65	8,866.00	0.55	0.60	4,174.17
Octubre	22.92	2.96	11	80	2,467.70	6,280.00	0.39	0.53	3,342.28
Total general	18.20	2.90	359	357	15,813.35	34,300.80	0.60	0.70	18,226.68

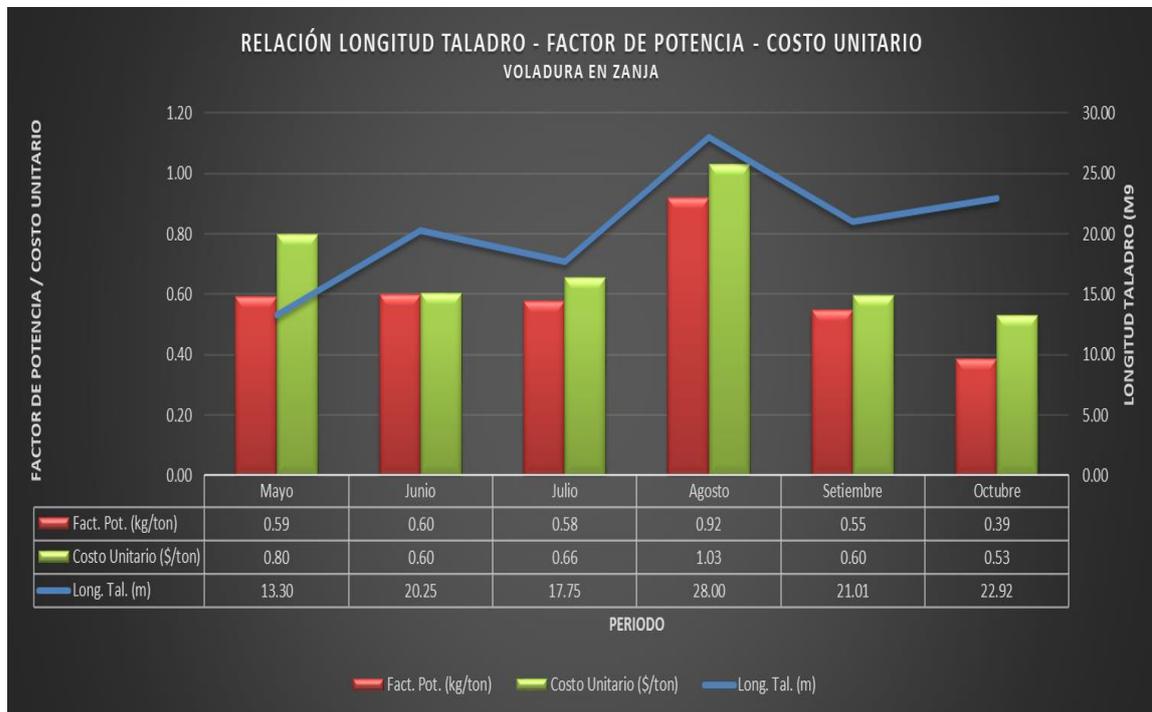


Figura 18. Relación de longitud de taladro, factor de potencia y costo unitario en zanja



Figura 19. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic



Figura 20. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El método de investigación que utilizaremos para desarrollar el presente trabajo es de tipo cuantitativo.

a) Método general

El método para emplear en la investigación es el método cuantitativo. Dicho método está encauzado a medir y probar para analizar los resultados que se obtienen mediante el uso de los detonadores electrónicos Fametronic en la voladura de tajeos, slot y zanjas, los cuales servirán para determinar la mejora del grado de fragmentación en Compañía Minera Condestable S.A.

b) Métodos específicos

El trabajo se determinará con el control de las variables asociadas a la perforación y voladura mediante el uso de los detonadores electrónicos tipo Fametronic en diferentes frentes operacionales, realizando el seguimiento y control del material post voladura.

- **Recopilación de informes anteriores.** Con los trabajos que se ha venido desarrollando con el uso de los detonadores pirotécnico, servirá para tener un

punto de partida y ver las mejoras que se va a lograr con los detonadores electrónicos en la unidad minera.

- **Trabajo de campo.** Se realizará el seguimiento a la perforación y voladura en diferentes frentes operacionales, y relacionar el grado de fragmentación post voladura con los siguientes procesos unitarios de carguío, acarreo, chancado y molienda.
- **Trabajo de gabinete.** Se analizarán los resultados post voladura y su influencia en la granulometría, costos y beneficios a obtener.
- **Resultados.** El análisis e interpretación de resultados, considerará la mejora de la fragmentación en los diferentes frentes de producción, con su consecuente mejora en el rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera Condestable S. A.

3.2. Alcances de la investigación

3.2.1. Diseño de la investigación

El diseño de investigación evaluará el resultado del detonador electrónico Fametronic y analizará las variables de perforación y voladura, midiendo los resultados del grado de fragmentación post voladura en diferentes frentes operacionales y su influencia en la optimización y reducción de costos en Compañía Minera Condestable. El trabajo de investigación se desarrollará durante un periodo de 3 meses para analizar los resultados granulométricos post voladura.

3.2.2. Tipo de diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicativo, de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo), el cuál buscará dar solución a problemas generados por el material post voladura, realizado por trabajos de taladros largos en la Compañía Minera Condestable S.A.

GNO: 01 (T1, T2, T3, T4)
02 (T1, T2, T3, T4)
GNO: 01 y 02

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población son los diferentes frentes operacionales perteneciente a Compañía Minera Condestable.

3.3.2. Muestra

Son los indicadores operacionales post voladura de los diferentes tajos de taladros largos de la Compañía Minera Condestable S. A.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Trabajo de campo (observación in situ).
- ✓ Recopilación de información bibliográfica.
- ✓ Manejo de equipos para el uso del detonador electrónico Fametronic.

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Cálculo y análisis de datos con tablas dinámicas con Excel.
- ✓ Uso de la herramienta de gestión de la información tipo Dashboard.
- ✓ Uso de libros, revistas y papers referente al uso de detonadores electrónicos.
- ✓ Uso de información de internet
- ✓ Manejo de laptop y tablet.
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación, se analizará e interpretará los diferentes resultados de la voladura, mediante el uso de detonadores electrónicos Fametronic en diferentes frentes operacionales como tajos de producción, slot y zanjas. Estos resultados, estarán relacionados al grado de fragmentación post voladura con el factor de potencia y la reducción de costos de perforación y voladura.

4.1.1. Consideraciones de análisis en el uso del Fametronic

El uso de detonadores electrónicos (Fametronic) en reemplazo de los detonadores pirotécnicos en los métodos de minado con taladros largos permitirá la mejora en la reducción del grado de fragmentación post voladura, reducir la carga operante, disminución de la velocidad pico partícula, mejor control de las cajas, realizar voladuras masivas, ampliación de mallas y reducción de costos de perforación y voladura.

En el presente trabajo de investigación se analizará los resultados obtenidos con el uso del detonador electrónico Fametronic en voladuras en tajos de producción, slots y zanjas, durante 24 voladuras los periodos setiembre y octubre.

- a) Voladuras en tajos de producción con uso de detonadores electrónicos Fametronic:

Tabla 15. Resumen de voladura en tajeos de producción, periodo setiembre – octubre

VOLADURA EN TAJEOS DE PRODUCCIÓN																			
PERIODO SETIEMBRE - OCTUBRE																			
N° Voladura	Fecha	Turno	Tajo	Nivel	Sección	Tipo de Voladura	Burden (m)	E (m)	Long. Tal. (m)	Toneladas (t)	N° Taladros cargados	Total Fametriconic (Pzas)	Total Explosivos (kg)	Factor de Carga (kg/m)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Explosivos (\$)	Costo Accesorios (\$)	Costo Total Exp. + Acces. (\$)	Costo Unitario (\$/t)
422	01-09-21	Día	Tj. 6132	-300	9 al 12	Producción (+)	2.00	2.00	27.00	3,000.00	20	20	1078.00	39.93	0.36	557.12	401.07	958.19	0.32
424	03-09-21	Noche	Tj. 6132	-300	13 al 15	Producción (+)	2.00	2.00	27.00	2,500.00	19	34	829.95	30.74	0.33	431.02	618.40	1049.42	0.42
427	09-09-21	Día	Tj. 6132	-300	16,17,19	Producción (+)	2.00	2.00	26.00	2,210.00	14	17	877.55	33.75	0.40	453.61	319.77	773.38	0.35
429	20-09-21	Noche	Tj. 6021	-670	123	Producción (+)	2.00	2.00	16.00	4,852.00	34	34	1255.10	78.44	0.26	649.92	630.48	1280.40	0.26
431	22-09-21	Día	Tj. 5877	155	7 y 8	Producción (+)	2.00	2.00	10.60	2,630.00	38	43	831.45	78.44	0.32	432.98	741.51	1174.49	0.45
432	22-09-21	Noche	Tj. 6021	-670	1 al 4	Producción (+)	1.80	2.00	19.64	6,756.00	50	52	1582.80	80.59	0.23	820.70	931.05	1751.75	0.26
434	24-09-21	Día	Tj. 5877	155	1 al 6	Producción (+)	1.80	2.00	10.55	3,641.00	78	78	2036.70	193.05	0.56	1057.37	1328.63	2386.00	0.66
436	25-09-21	Noche	Tj. 6021	-670	5 al 7	Producción (+)	1.80	2.00	15.50	4,974.00	44	45	1606.60	103.65	0.32	831.99	796.71	1628.71	0.33
437	26-09-21	Noche	Tj. 5877	155	11 al 14	Producción (+)	1.80	2.00	14.26	5,224.00	52	52	1632.80	114.50	0.31	846.43	1000.50	1846.93	0.35
438	28-09-21	Día	Tj. 5932	-255	3 al 6	Producción (+)	1.80	2.00	17.22	6,643.00	54	54	2308.10	134.04	0.35	1194.18	1082.89	2277.07	0.34
439	28-09-21	Noche	Tj. 5877	155	15 al 20	Producción (+)	1.80	2.00	11.12	6,372.00	58	59	1608.70	144.67	0.25	834.74	1080.48	1915.22	0.30
440	30-09-21	Día	Tj. 6051	-300	17 al 21	Producción (+)	2.00	2.00	22.00	5,000.00	34	34	1505.10	68.41	0.30	778.57	648.60	1427.17	0.29
441	02-10-21	Día	Tj. 5932	-255	7 al 10	Producción (+)	2.00	2.00	23.00	6,210.00	54	54	1808.10	78.61	0.29	936.88	1016.45	1953.33	0.31
442	03-10-21	Noche	Tj. 6021	-670	26 al 32	Producción (+)	1.80	2.00	19.00	5,000.00	19	20	1003.00	52.79	0.20	518.52	398.05	916.57	0.18
444	05-10-21	Noche	Tj. 6051	-300	21 al 31	Producción (+)	2.00	2.00	22.00	9,600.00	73	73	2885.95	131.18	0.30	1493.80	1463.91	2957.71	0.31
445	07-10-21	Día	Tj. 5932	-255	11 al 15	Producción (+)	2.00	2.00	23.00	7,500.00	83	83	2112.45	91.85	0.28	1096.95	1522.51	2619.46	0.35
446	07-10-21	Noche	Tj. 5877	155	1 al 7	Producción (+)	1.80	2.00	15.00	3,900.00	52	53	882.80	58.85	0.23	460.48	902.79	1363.27	0.35
447	08-10-21	Día	Tj. 6021	-670	1 al 3	Producción (+)	1.80	2.00	19.00	7,400.00	55	55	1958.25	103.07	0.26	1014.26	1036.51	2050.77	0.28
450	14-10-21	Día	Tj. 6021	-670	1 al 5	Producción (+)	1.80	2.00	22.00	11,600.00	59	60	1633.85	74.27	0.14	847.80	1091.48	1939.28	0.17
452	16-10-21	Día	Tj. 5932	-255	16 al 19	Producción (+)	2.00	2.00	23.00	3,600.00	23	23	803.45	34.93	0.22	416.19	418.95	835.15	0.23
453	21-10-21	Día	Tj. 6092	-640	8 al 13	Producción (+)	1.80	2.00	19.00	4,500.00	63	63	909.45	47.87	0.20	475.50	1212.03	1687.54	0.38
454	21-10-21	Noche	Tj. 6004-5	-490	7 al 14	Producción (+)	1.80	2.00	19.00	5,000.00	57	57	1208.55	63.61	0.24	628.71	1143.05	1771.75	0.35
455	22-10-21	Día	Tj. 6092	-640	1 al 7	Producción (+)	1.80	2.00	19.00	3,000.00	69	69	1010.35	53.18	0.34	528.14	1308.20	1836.34	0.61
456	29-10-21	Día	Tj. 5758	-670	4 al 6	Producción (+)	2.00	2.00	21.26	5,858.00	36	38	1380.40	64.93	0.24	714.64	704.66	1419.30	0.24
PROMEDIO									19.21	5,290.42	47.41666667	48.75	1,447.89	81.47	0.29	750.85	908.28	1,659.13	0.34

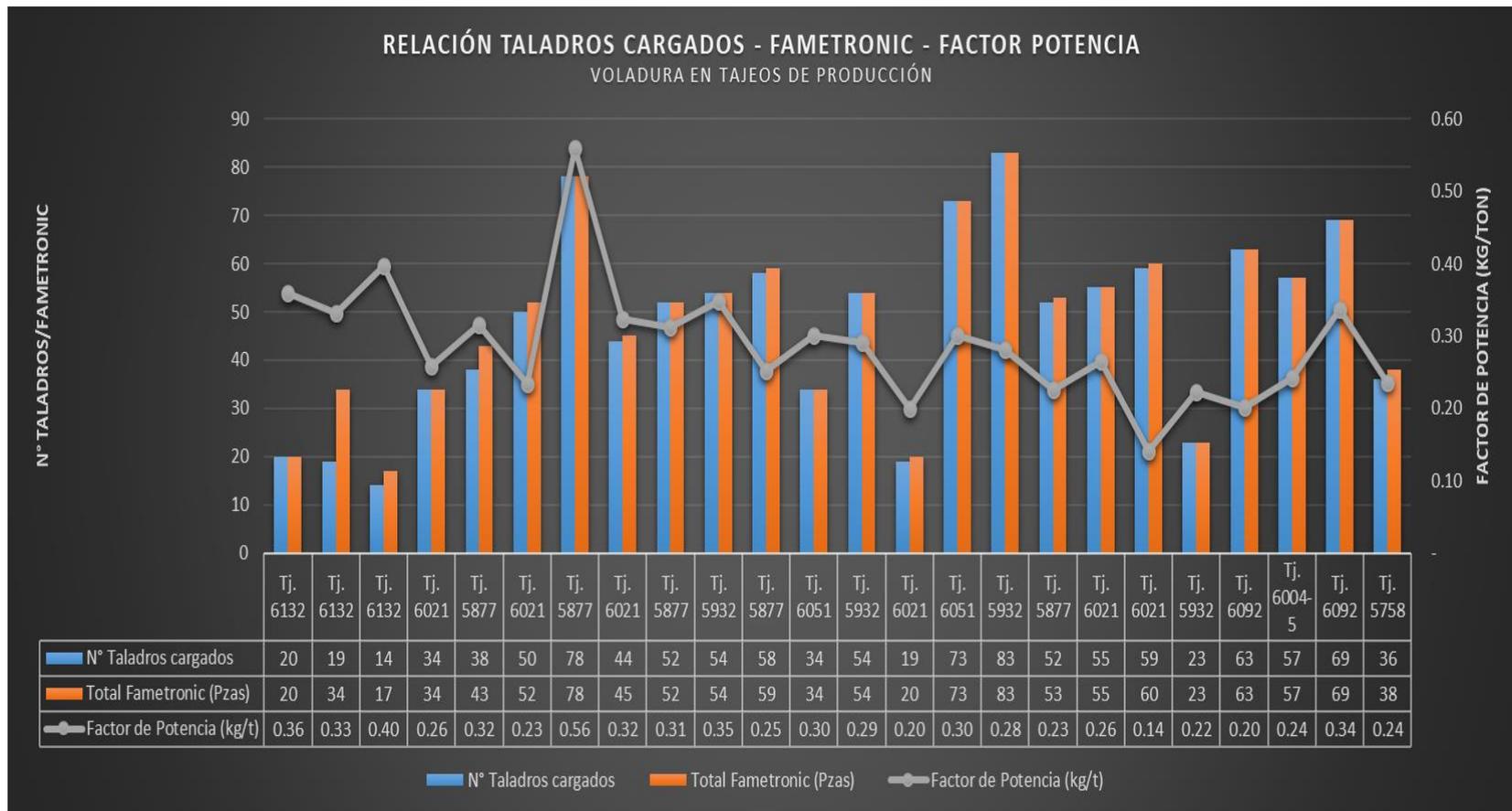


Figura 21. Relación taladros cargados Fametronic y factor de potencia en tajeos de producción

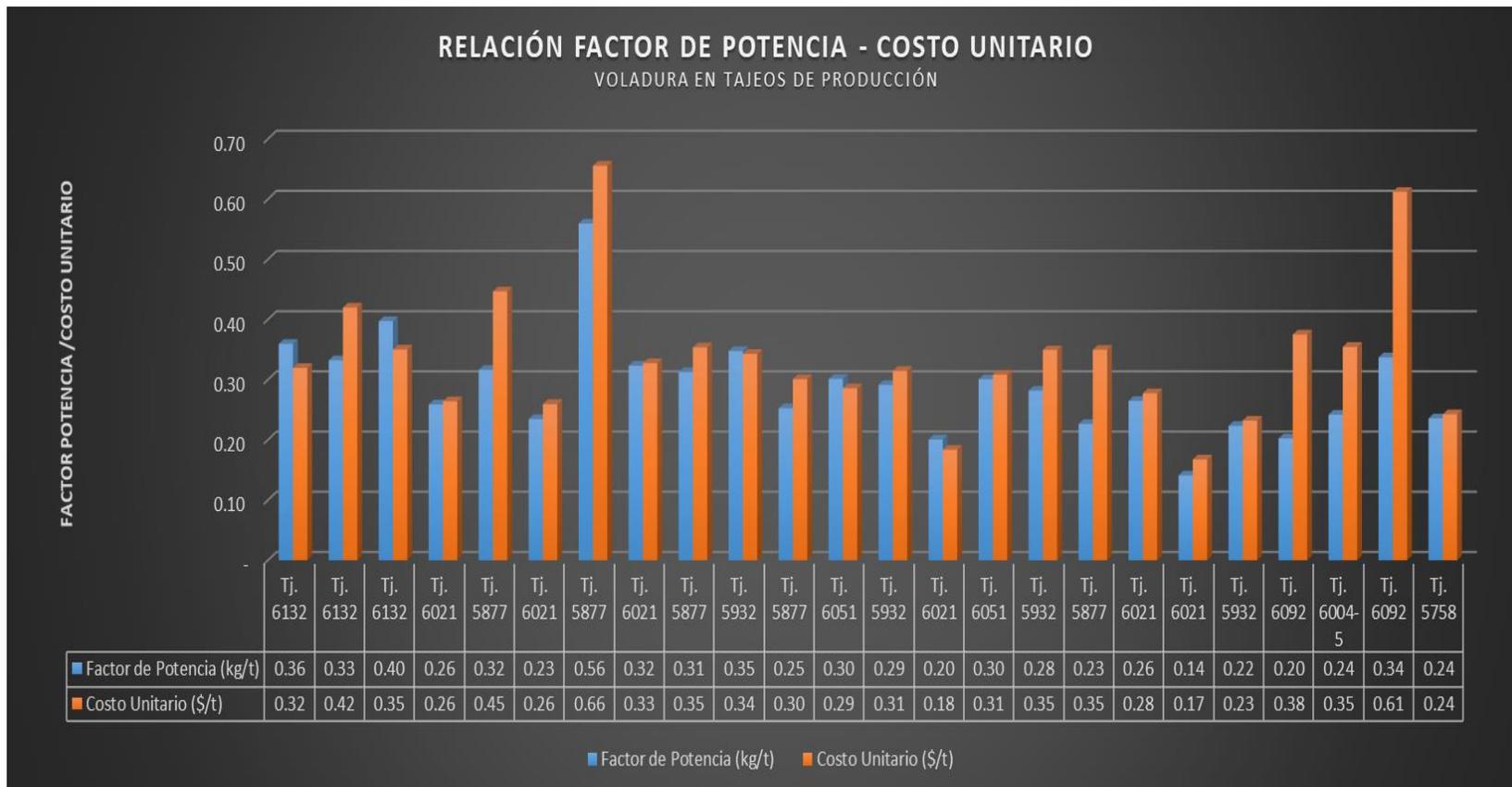


Figura 22. Relación factor de potencia y costo unitario en tajeos de producción

La longitud de taladro en tajeos de producción durante el periodo de estudio considera un promedio de 19.21 metros, con un promedio de 47.42 taladros cargados, con un promedio de 49 piezas de Fametronic, considera un total de explosivos de 1447.89 kilogramos y un factor de carga de 81.47 kg/m.

El promedio de tonelaje generado es de 5290.42 toneladas, con un factor de potencia de 0.29 kg/t y un costo unitario de 0.34 \$/t.

El resumen, de acuerdo a las mallas de perforación aplicadas se describen a continuación:

✓ Análisis de malla 2.0 x 2.0

La longitud promedio de taladros en tajeos de producción para mallas de 2.0 x 2.0 m, es de 22 metros, con un promedio de 39 taladros cargados y 41 piezas de Fametronic, considera un total de explosivos de 1397.05 kilogramos y un factor de carga de 66.47 kg/m.

El promedio de tonelaje generado es de 4814.55 toneladas, con un factor de potencia de 0.30 kg/t y un costo unitario de 0.32 \$/t.

Tabla 16. Voladura en tajeos de producción en malla de 2.0 x 2.0 m

VOLADURA EN TAJEOS DE PRODUCCIÓN												
MALLA 2.0 X 2.0												
N° Voladura	Tajo	Burden (m)	E (m)	Long. Tal. (m)	Toneladas (t)	N° Taladros cargados	Total Fametronic (Pzas)	Total Explosivos (kg)	Factor de Carga (kg/m)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Total Exp. + Acces. (\$)	Costo Unitario (\$/t)
422	Tj. 6132	2.00	2.00	27.00	3,000.00	20	20	1078.00	39.93	0.36	958.19	0.32
424	Tj. 6132	2.00	2.00	27.00	2,500.00	19	34	829.95	30.74	0.33	1049.42	0.42
427	Tj. 6132	2.00	2.00	26.00	2,210.00	14	17	877.55	33.75	0.40	773.38	0.35
429	Tj. 6021	2.00	2.00	16.00	4,852.00	34	34	1255.10	78.44	0.26	1280.40	0.26
431	Tj. 5877	2.00	2.00	10.60	2,630.00	38	43	831.45	78.44	0.32	1174.49	0.45
440	Tj. 6051	2.00	2.00	22.00	5,000.00	34	34	1505.10	68.41	0.30	1427.17	0.29
441	Tj. 5932	2.00	2.00	23.00	6,210.00	54	54	1808.10	78.61	0.29	1953.33	0.31
444	Tj. 6051	2.00	2.00	22.00	9,600.00	73	73	2885.95	131.18	0.30	2957.71	0.31
445	Tj. 5932	2.00	2.00	23.00	7,500.00	83	83	2112.45	91.85	0.28	2619.46	0.35
452	Tj. 5932	2.00	2.00	23.00	3,600.00	23	23	803.45	34.93	0.22	835.15	0.23
456	Tj. 5758	2.00	2.00	21.26	5,858.00	36	38	1380.40	64.93	0.24	1419.30	0.24
PROMEDIO				21.90	4,814.55	38.91	41.18	1,397.05	66.47	0.30	1,495.27	0.32

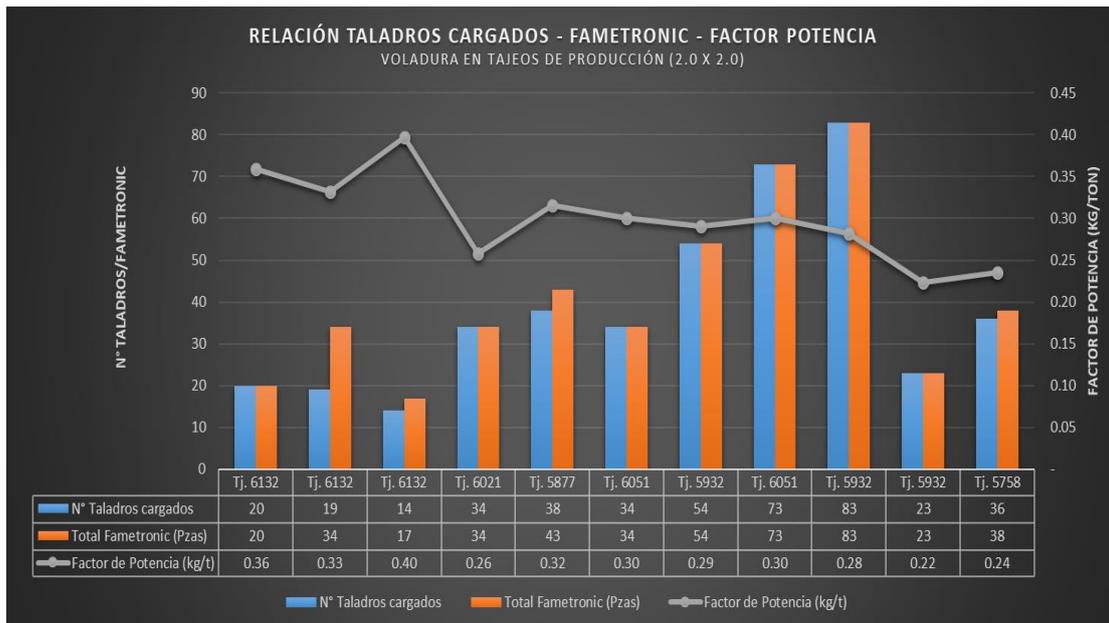


Figura 23. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en mallas 2.0 x 2.0 m

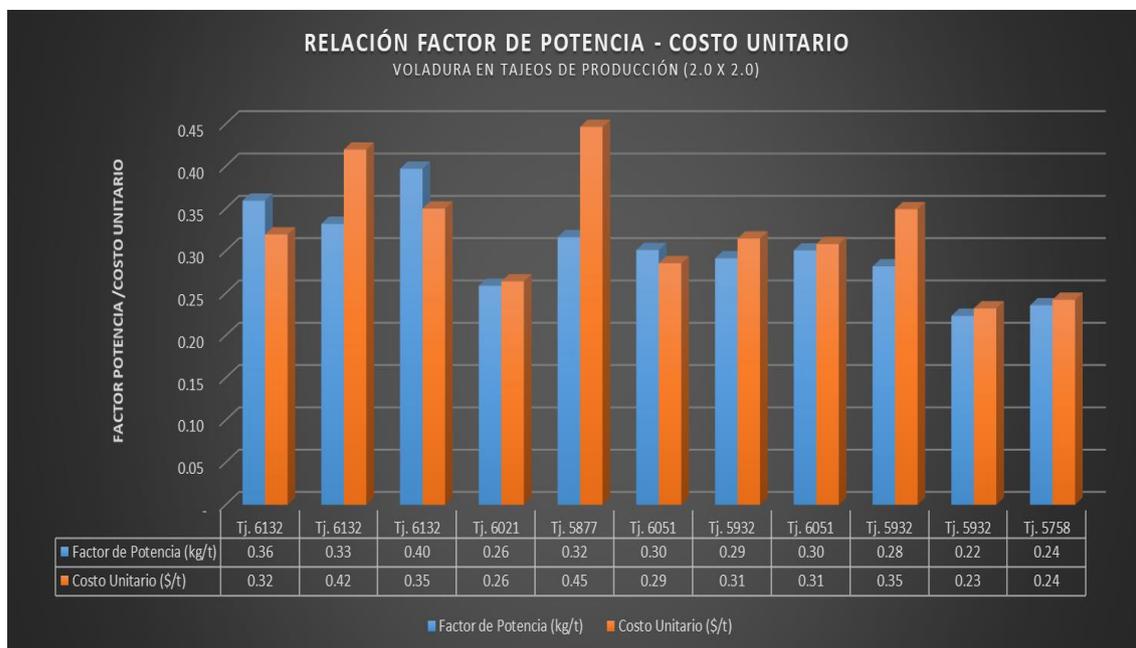


Figura 24. Relación de factor de potencia y costo unitario en mallas 2.0 x 2.0 m

Los resultados obtenidos para voladuras en tajeos de producción de mallas de perforación de 2.0 x 2.0 m consideran un rango de factor de potencia entre 0.22 a 0.40 kg/t, siendo el promedio de 0.30 kg/t.

Asimismo, se considera el costo unitario con un rango entre 0.23 a 0.45 \$/t, siendo el promedio de 0.32 \$/t.

La variabilidad de los rangos de factor de potencia y costo unitario, está relacionado a la longitud de taladro cargado y cantidad de explosivos usados.

✓ Análisis de malla 1.8 x 2.0

La longitud promedio de taladros en tajeos de producción para mallas de 1.8 x 2.0 m, es de 16.95 metros con un promedio de 55 taladros cargados y 55 piezas de Fametronic, considera un total de explosivos de 1490.92 kilogramos y un factor de carga de 94.16 kg/m.

El promedio de tonelaje generado es de 5693.08 toneladas, con un factor de potencia de 0.28 kg/t y un costo unitario de 0.35 \$/t.

Tabla 17. Voladura en tajeos de producción en malla de 1.8 x 2.0 m

VOLADURA EN TAJEOS DE PRODUCCIÓN												
MALLA 1.8 X 2.0 m												
N° Voladura	Tajo	Burden (m)	E (m)	Long. Tal. (m)	Toneladas (t)	N° Taladros cargados	Total Fametronic (Pzas)	Total Explosivos (kg)	Factor de Carga (kg/m)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Total Exp. + Acces. (\$)	Costo Unitario (\$/t)
432	Tj. 6021	1.80	2.00	19.64	6,756.00	50	52	1582.80	80.59	0.23	1751.75	0.26
434	Tj. 5877	1.80	2.00	10.55	3,641.00	78	78	2036.70	193.05	0.56	2386.00	0.66
436	Tj. 6021	1.80	2.00	15.50	4,974.00	44	45	1606.60	103.65	0.32	1628.71	0.33
437	Tj. 5877	1.80	2.00	14.26	5,224.00	52	52	1632.80	114.50	0.31	1846.93	0.35
438	Tj. 5932	1.80	2.00	17.22	6,643.00	54	54	2308.10	134.04	0.35	2277.07	0.34
439	Tj. 5877	1.80	2.00	11.12	6,372.00	58	59	1608.70	144.67	0.25	1915.22	0.30
442	Tj. 6021	1.80	2.00	19.00	5,000.00	19	20	1003.00	52.79	0.20	916.57	0.18
446	Tj. 5877	1.80	2.00	15.00	3,900.00	52	53	882.80	58.85	0.23	1363.27	0.35
447	Tj. 6021	1.80	2.00	19.00	7,400.00	55	55	1958.25	103.07	0.26	2050.77	0.28
450	Tj. 6021	1.80	2.00	22.00	11,600.00	59	60	1633.85	74.27	0.14	1939.28	0.17
453	Tj. 6092	1.80	2.00	19.00	4,500.00	63	63	909.45	47.87	0.20	1687.54	0.38
454	Tj. 6004-5	1.80	2.00	19.00	5,000.00	57	57	1208.55	63.61	0.24	1771.75	0.35
455	Tj. 6092	1.80	2.00	19.00	3,000.00	69	69	1010.35	53.18	0.34	1836.34	0.61
PROMEDIO				16.95	5,693.08	54.62	55.15	1,490.92	94.16	0.28	1,797.78	0.35

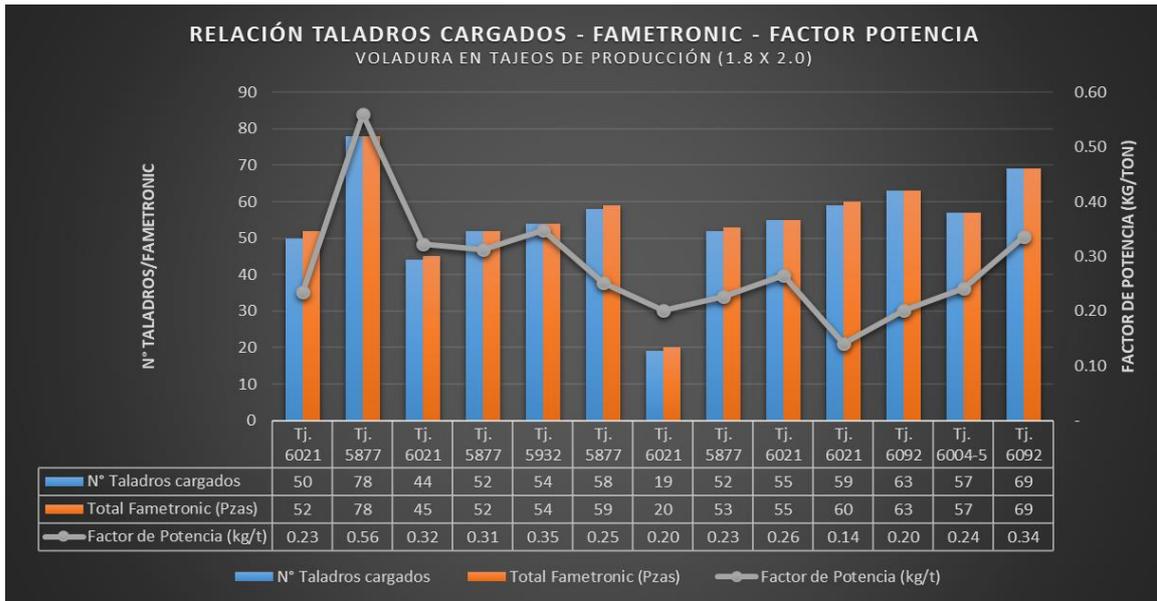


Figura 25. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en mallas 1.8 x 2.0 m

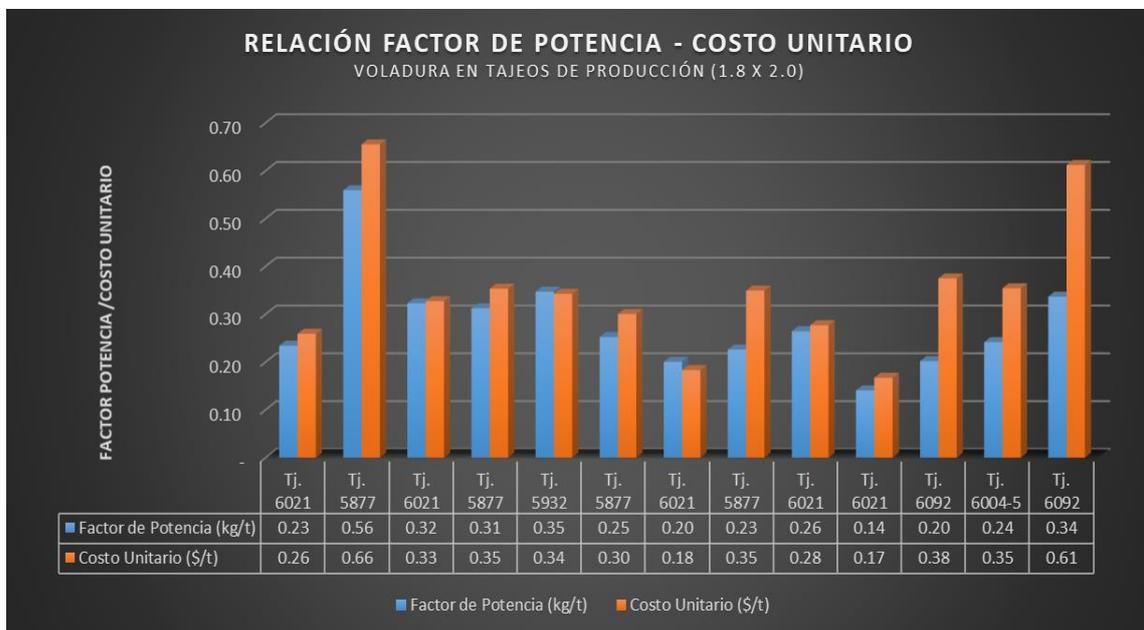


Figura 26. Relación de factor de potencia y costo unitario en mallas 1.8 x 2.0 m

Los resultados obtenidos para voladuras en tajeros de producción de mallas de perforación de 1.8 x 2.0 m consideran un rango de factor de potencia entre 0.14 a 0.56 kg/t, siendo el promedio de 0.28 kg/t.

Asimismo, se considera el costo unitario con un rango entre 0.17 a 0.66 \$/t, siendo el promedio de 0.35 \$/t.

Tabla 18. Resumen de voladura en tajeos de producción: malla de 2.0 x 2.0 m y 1.8 x 2.0 m

RESUMEN DE VOLADURA EN TAJEOS DE PRODUCCIÓN			
PERIODO SETIEMBRE - OCTUBRE			
VOLADURA EN TAJEOS PRODUCCIÓN	Total Explosivos (kg)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Unitario (\$/t)
TAJEOS PRODUCCIÓN (2.0 X2.0)	1,397.05	0.30	0.32
TAJEOS PRODUCCIÓN (1.8 X2.0)	1,490.92	0.28	0.35
DIFERENCIA	93.87	-0.02	0.03

El resumen del factor de potencia en voladuras de producción considerando mallas de 2.0 x 2.0 m y de 1.8 x 2.0 m considera una reducción del factor de potencia de 0.30 kg/t a 0.28 kg/t respectivamente, con una diferencia de 0.02 kg/t.

El consumo de explosivos promedio en mallas de 2.0 x 2.0 m es de 1397.05 kg y en mallas de 1.8 x 2.0 m fue de 1490.92 kg, generando un mayor consumo de explosivos en 93.87 kg, este incremento fue producto del incremento de taladros perforados por una menor malla de perforación.

Finalmente, el costo unitario promedio en mallas de 2.0 x 2.0 m fue de 0.32 \$/t y en mallas de 1.8 x 2.0 m fue de 0.35 \$/t, generando un mayor costo unitario en 0.03 \$/t, producto del incremento de mayor consumo de explosivos por un mayor incremento de taladros perforados.

b) Voladuras en zanjas con uso de detonadores electrónicos Fametronic:

Tabla 19. Resumen de voladura en zanja y slot, periodo setiembre – octubre

VOLADURA EN ZANJA - SLOT																			
PERIODO SETIEMBRE - OCTUBRE																			
N° Voladura	Fecha	Turno	Tajo	Nivel	Sección	Tipo de Voladura	Burden (m)	E (m)	Long. Tal. (m)	Toneladas (t)	N° Taladros cargados	Fametriconic (Pzas)	Total Explosivos (kg)	Factor de Carga (kg/m)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Explosivos (\$)	Costo Accesorios (\$)	Costo Total Exp. + Acces. (\$)	Costo Total (\$/t)
423	03-09-21	Día	Tj. 5877	155	24 al 22	Zanja	2.00	2.00	26	800	15	26	753.90	29.00	0.94	391.05	473.07	864.13	1.08
425	05-09-21	Día	Tj. 6132	-255	1 al 9	Zanja + Prod.	2.00	2.00	17	3,891	39	43	931.45	54.79	0.24	484.44	732.45	1,216.89	0.31
426	05-09-21	Noche	CH. 5877	155		Slot	0.45	0.45	16	150	20	52	932.65	58.29	6.22	486.01	885.75	1,371.77	9.15
430	21-09-21	Día	Tj. 5877	155		Zanja	1.00	1.20	13	1,700	23	44	881.45	67.80	0.52	458.71	749.48	1,208.20	0.71
433	23-09-21	Noche	Tj. 5932	-255	4 y 5	Zanja	1.00	1.20	19	952	12	20	553.15	28.51	0.58	287.15	364.83	651.98	0.68
443	04-10-21	Noche	Tj. 5877	155	10 al 13	Zanja + Prod.	2.00	2.00	15	3,000	42	42	1,206.30	80.42	0.40	625.76	715.42	1,341.18	0.45
448	10-10-21	Noche	Tj. 5758	-670	8 al 10	Zanja	1.00	1.20	27	1,000	6	14	327.10	12.11	0.33	169.99	256.59	426.58	0.43
449	12-10-21	Noche	Tj. 5758	-670	8 al 10	Zanja	1.00	1.20	27	2,300	9	25	753.75	27.92	0.33	390.86	456.04	846.90	0.37
451	15-10-21	Noche	Tj. 6004-5	-460	1 al 3	Zanja	1.00	1.20	24	1,000	21	20	378.15	15.76	0.38	197.10	373.89	570.99	0.57
457	29-10-21	Noche	Tj. 6144	-300	3 al 13	Zanja	1.00	1.20	14	2,080	59	59	1,008.85	73.85	0.49	526.18	1,004.99	1,531.17	0.74
PROMEDIO									20	1,687	25	35	772.68	44.85	1.04	401.73	601.25	1,002.98	1.45

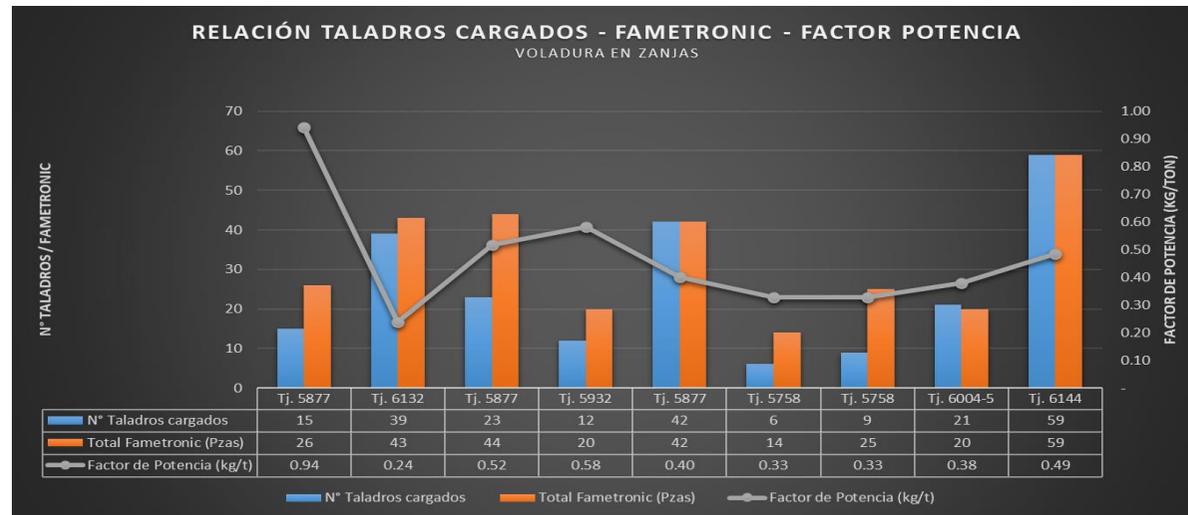


Figura 27. Relación de taladros cargados Fametriconic y factor de potencia, en zanjás y slot

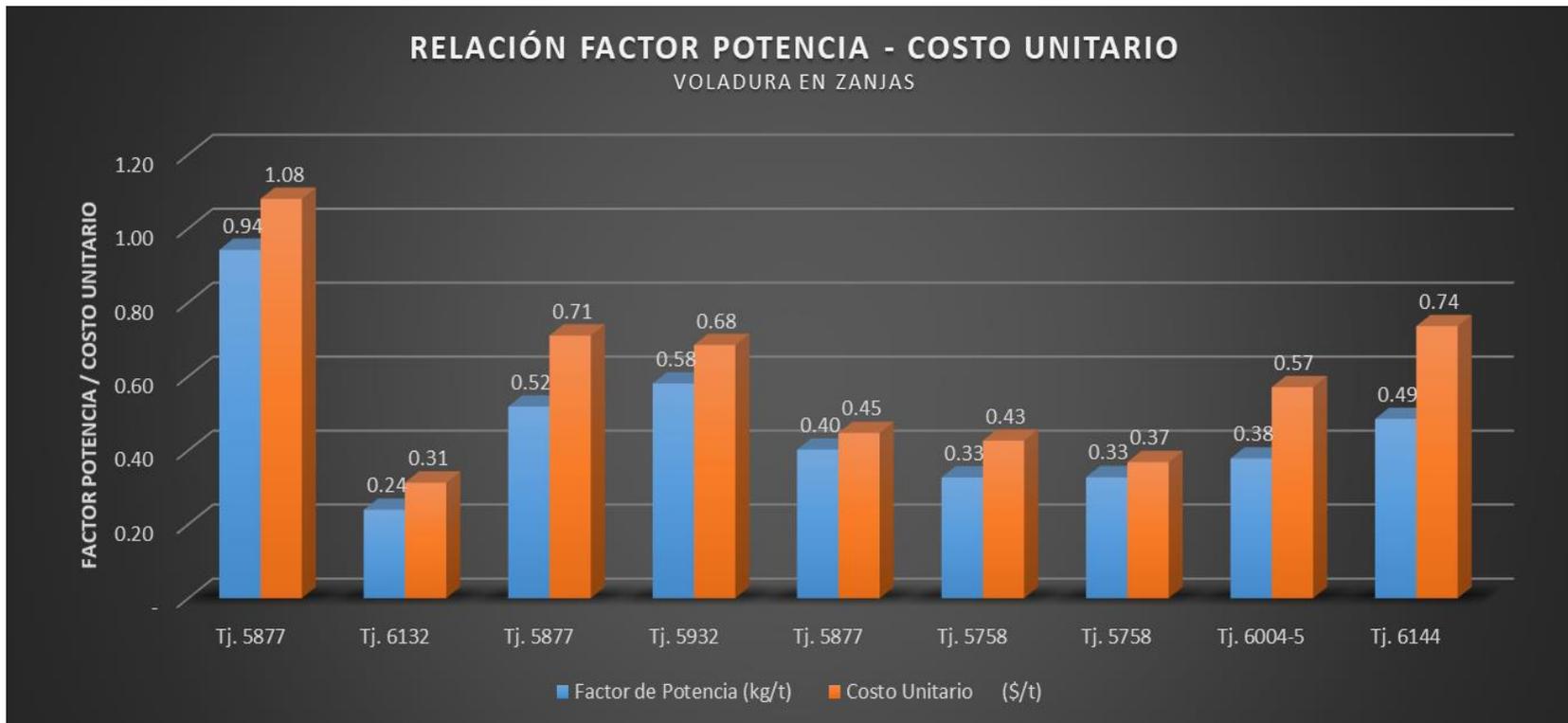


Figura 28. Relación factor de potencia y costo unitario en zanjas

La longitud de taladro en zanjas durante el periodo de estudio considera un promedio de 20 metros, con un promedio de 25 taladros cargados, 33 piezas de Fametronic, considera un total de consumo de explosivos de 754.90 kilogramos y un factor de carga de 43.35 kg/m.

El promedio de tonelaje generado fue de 1858 toneladas, con un factor de potencia de 0.47 kg/t y un costo unitario de 0.59 \$/t.

En relación a los resultados de chimeneas slot considera longitud de taladro de 16 m, con 20 taladros cargados y 52 piezas de Fametronic, considera un total de 932.65 kg de explosivo, con 58.29 kg/m de factor de carga, generando un factor de potencia de 6.22 kg/t y un costo unitario de 9.15 \$/t.

El resumen, de acuerdo a las mallas de perforación aplicadas, se describen a continuación:

✓ Análisis de malla 2.0 x 2.0

La longitud promedio de taladros en zanjas para mallas de 2.0 x 2.0 m es de 19 metros, con un promedio de 32 taladros cargados y 37 piezas de Fametronic, considera un total de explosivos de 963.88 kilogramos y un factor de carga de 54.74 kg/m.

El promedio de tonelaje generado es de 2564 toneladas, con un factor de potencia de 0.53 kg/t y un costo unitario de 0.61 \$/t.

Tabla 20. Voladura en zanja, malla de 2.0 x 2.0 m

VOLADURA EN ZANJA												
MALLA 2.0X2.0m												
N° Voladura	Tajo	Burden (m)	E (m)	Long. Tal. (m)	Toneladas (t)	N° Taladros cargados	Total Fametronic (Pzas)	Total Explosivos (kg)	Factor de Carga (kg/m)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Total Exp. + Acces. (\$)	Costo Unitario (\$/t)
423	Tj. 5877	2.00	2.00	26	800	15	26	753.90	29.00	0.94	864.13	1.08
425	Tj. 6132	2.00	2.00	17	3,891	39	43	931.45	54.79	0.24	1,216.89	0.31
443	Tj. 5877	2.00	2.00	15	3,000	42	42	1,206.30	80.42	0.40	1,341.18	0.45
PROMEDIO				19	2,564	32	37	963.88	54.74	0.53	1,140.73	0.61

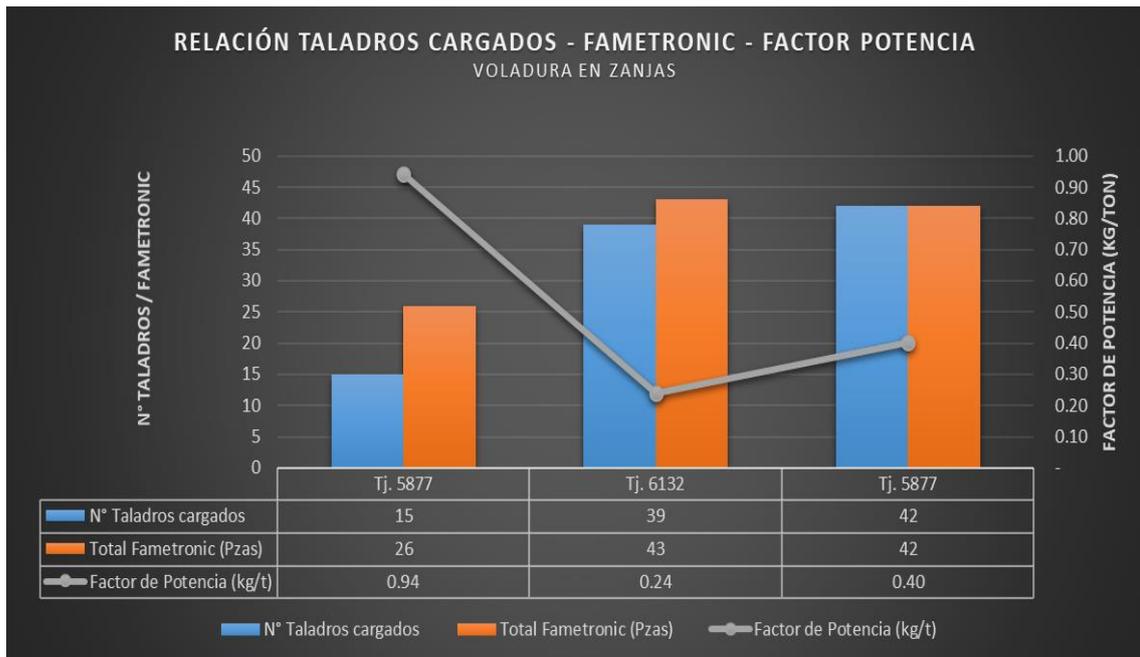


Figura 29. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en zanjas, mallas 2.0 x 2.0 m

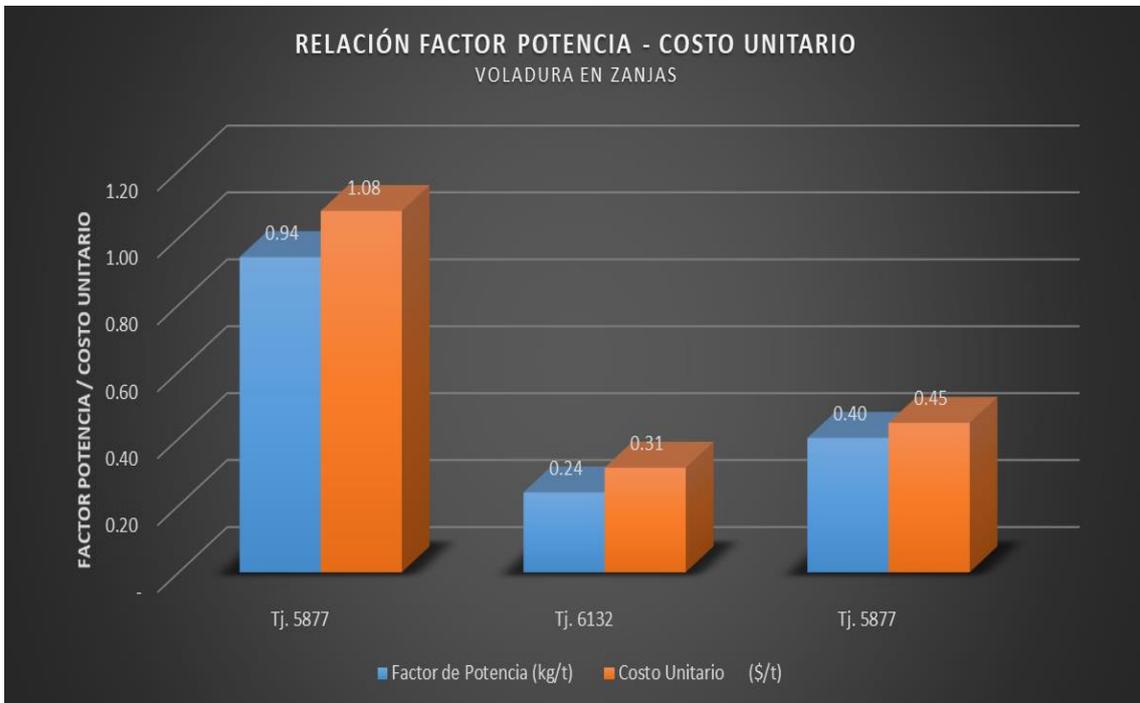


Figura 30. Relación de factor de potencia y costo unitario en zanjas, mallas 2.0 x 2.0 m

Los resultados obtenidos para voladuras en zanjas, mallas de perforación de 2.0 x 2.0 m consideran un rango de factor de potencia entre 0.24 a 0.94 kg/t, siendo el promedio de 0.53 kg/t.

Asimismo, se considera el costo unitario con un rango entre 0.31 a 1.08 \$/t, siendo el promedio de 0.61 \$/t.

✓ Análisis de malla 1.0 x 1.20

La longitud promedio de taladros en zanjas para mallas de 1.0 x 1.2 m, es de 21 metros, con un promedio de 22 taladros cargados y 30 piezas de Fametronic, considera un total de explosivos de 650.41 kilogramos y un factor de carga de 37.66 kg/m.

El promedio de tonelaje generado es de 1505 toneladas, con un factor de potencia de 0.44 kg/t y un costo unitario de 0.58 \$/t.

Tabla 21. Voladura en zanja, malla de 1.0 x 1.2 m

VOLADURA EN ZANJA												
MALLA 1.0X1.2m												
N° Voladura	Tajo	Burden (m)	E (m)	Long. Tal. (m)	Toneladas (t)	N° Taladros cargados	Total Fametronic (Pzas)	Total Explosivos (kg)	Factor de Carga (kg/m)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Total Exp. + Acces. (\$)	Costo Unitario (\$/t)
430	Tj. 5877	1.00	1.20	13	1,700	23	44	881.45	67.80	0.52	1,208.20	0.71
433	Tj. 5932	1.00	1.20	19	952	12	20	553.15	28.51	0.58	651.98	0.68
448	Tj. 5758	1.00	1.20	27	1,000	6	14	327.10	12.11	0.33	426.58	0.43
449	Tj. 5758	1.00	1.20	27	2,300	9	25	753.75	27.92	0.33	846.90	0.37
451	Tj. 6004-5	1.00	1.20	24	1,000	21	20	378.15	15.76	0.38	570.99	0.57
457	Tj. 6144	1.00	1.20	14	2,080	59	59	1,008.85	73.85	0.49	1,531.17	0.74
PROMEDIO				21	1,505	22	30	650.41	37.66	0.44	872.64	0.58

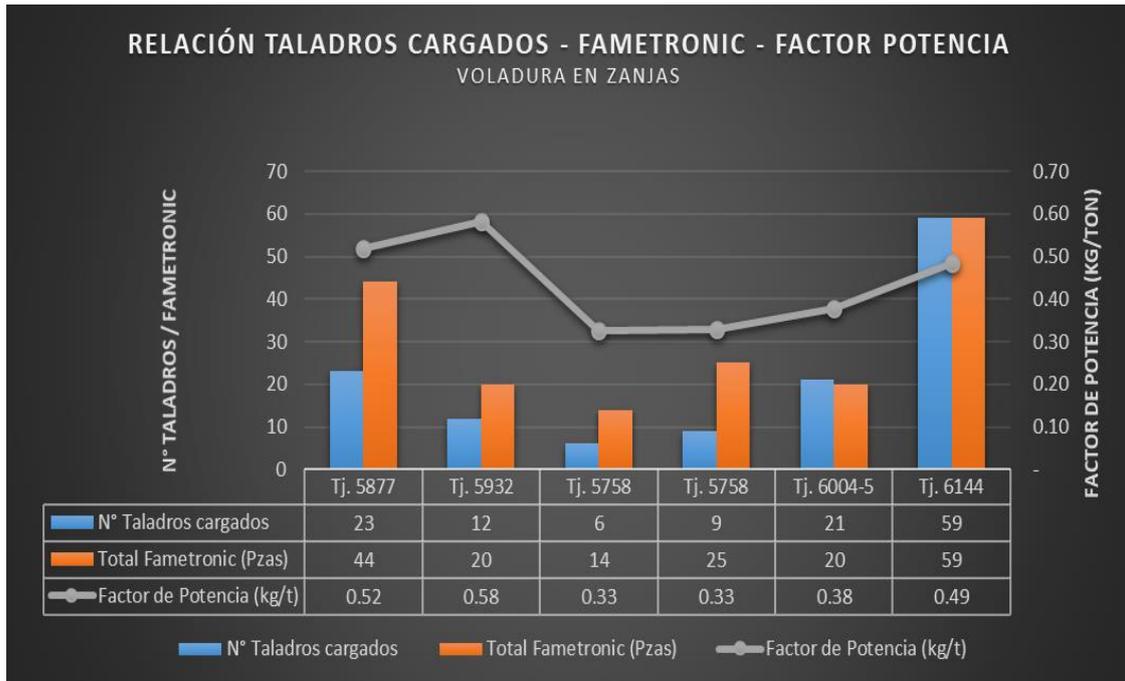


Figura 31. Relación de taladros cargados Fametronic y factor de potencia en zanjas, mallas 1.0 x 1.2 m

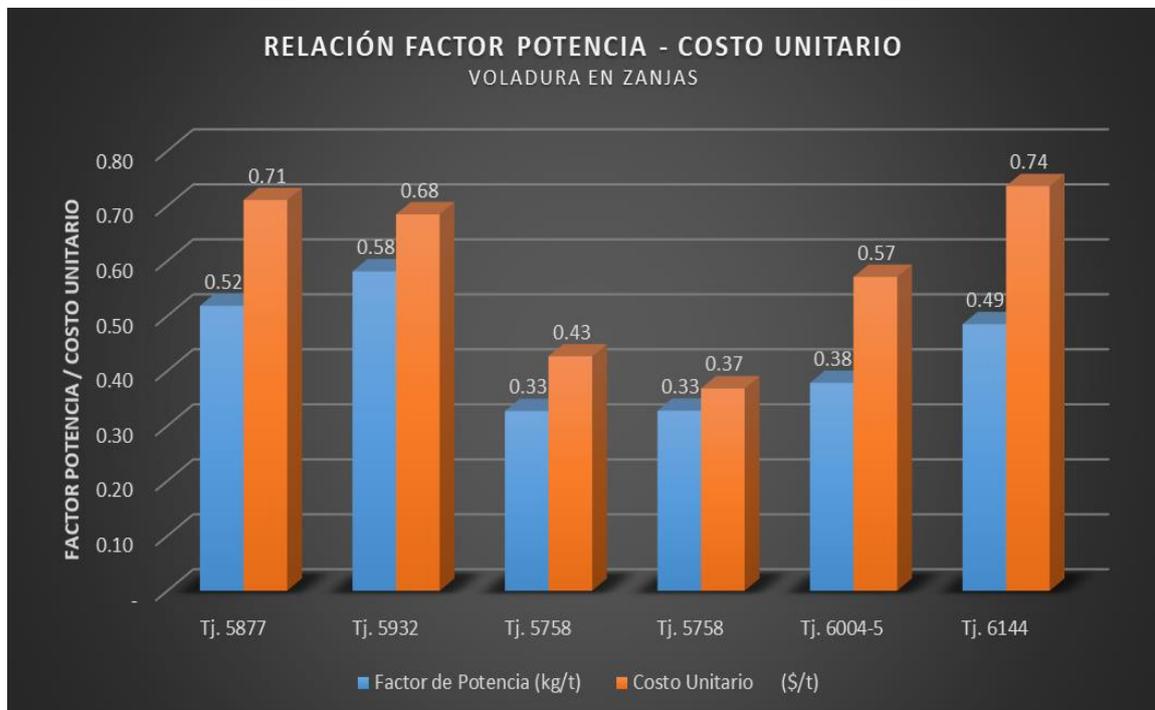


Figura 32. Relación de factor de potencia y costo unitario en zanjas, mallas 1.0 x 1.2 m

Los resultados obtenidos para voladuras en zanjas para mallas de perforación de 1.0 x 1.2 m consideran un rango de factor de potencia entre 0.33 a 0.58 kg/t, siendo el promedio de 0.44 kg/t.

Asimismo, se considera el costo unitario con un rango entre 0.37 a 0.74 \$/t, siendo el promedio de 0.58 \$/t.

Tabla 22. Resumen de voladura en zanjas: malla de 2.0 x 2.0 m y 1.0 x 1.2 m

RESUMEN DE VOLADURA EN ZANJA			
VOLADURA EN ZANJAS	Total Explosivos (kg)	Factor de Potencia (kg/t)	Costo Unitario (\$/t)
ZANJAS (2.0 X2.0)	963.88	0.53	0.61
ZANJAS (1.0 X 1.2)	650.41	0.44	0.58
DIFERENCIA	-313.48	-0.09	-0.03

El resumen del factor de potencia en voladuras de producción teniendo en cuenta mallas de 2.0 x 2.0 m y de 1.0 x 1.2 m considera una reducción del factor de potencia de 0.53 kg/t a 0.44 kg/t respectivamente, con una diferencia de 0.09 kg/t.

El consumo de explosivos promedio en mallas de 2.0 x 2.0 m es de 963.88 kg y en mallas de 1.0 x 1.2 m fue de 650.41 kg, generando un menor consumo de explosivos en 313.48 kg.

Finalmente, el costo unitario promedio en mallas de 2.0 x 2.0 m fue de 0.61 \$/t y en mallas de 1.1 x 1.2 m fue de 0.58 \$/t, generando una disminución del costo unitario en 0.03 \$/t.

4.1.2. Análisis de la granulometría post voladura

El estudio de análisis granulométrico en el presente trabajo de investigación, considera el uso de detonadores electrónicos tipo Fametrónic y detonadores pirotécnicos, los cuales han sido comparados en voladuras en tajeos de producción, durante el periodo setiembre a octubre.

El análisis granulométrico se realizó mediante el uso comparativo entre detonadores electrónicos y pirotécnicos, se analizó para el primer caso 04 disparos

electrónicos (fametric) y 03 disparos con pirotécnicos, los cuales se describen a continuación.

La mejora del grado de fragmentación post voladura generará una mejora en los diferentes procesos unitarios de mina y planta.

Este concepto de mejora entre mina y planta, se relacionará en la mejora de los rendimientos de los equipos de carguío y acarreo, así como, el control o reducción del consumo de energía en la etapa de conminución (chancado y molienda), mejorando los diferentes KPis y generando programas de optimización y reducción de costos.

a) Análisis granulométrico con detonadores electrónicos

Para el análisis granulométrico se tuvo en cuenta 4 voladuras, considerando el uso del detonador electrónico Fametric. Los tajeos analizados fueron: Tj 6051, Tj 5932, Tj 6020 y Tj 5877.

El total de explosivos usados en las diferentes voladuras fueron de 5,522 kg, considera el Super Fam Dos como tipo de explosivo, el Booster HDP 1/3 como iniciador y el Fametric como detonador electrónico.

El tonelaje total, generado en las 4 voladuras fueron de 19,200 toneladas, considerando un factor de potencia promedio de 0.30 kg/t y un grado de fragmentación post voladura de 6.80 pulgadas o 17.26 centímetros.

Para el análisis de la fragmentación se utilizó el Software Wip Frag, donde nos indica el porcentaje pasante, considerando un ancho de parrilla de los echaderos de 8 pulgadas.

✓ Tajo 6020 – Detonador electrónico (Fametric)

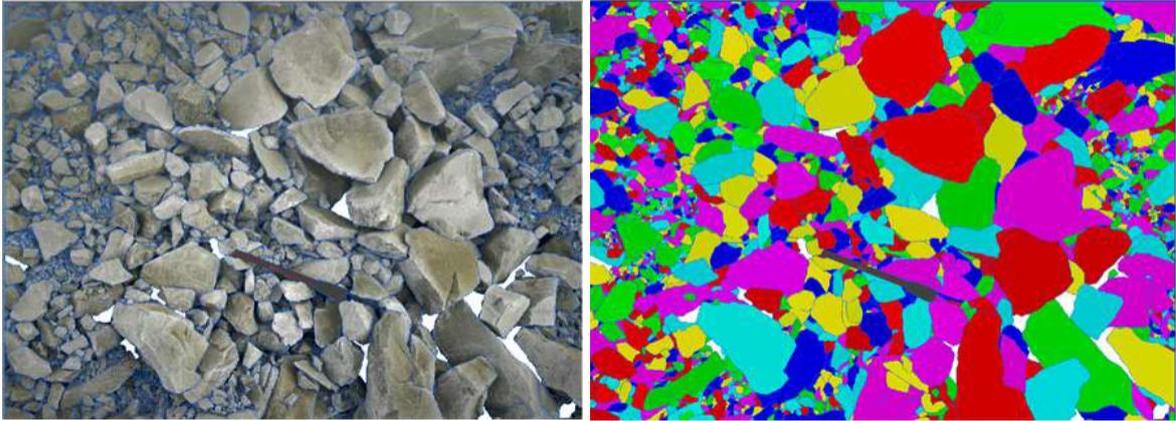


Figura 33. Resultado de la granulometría post voladura, con escala de 8", Tj 6020 Tomada de Famesa explosivos

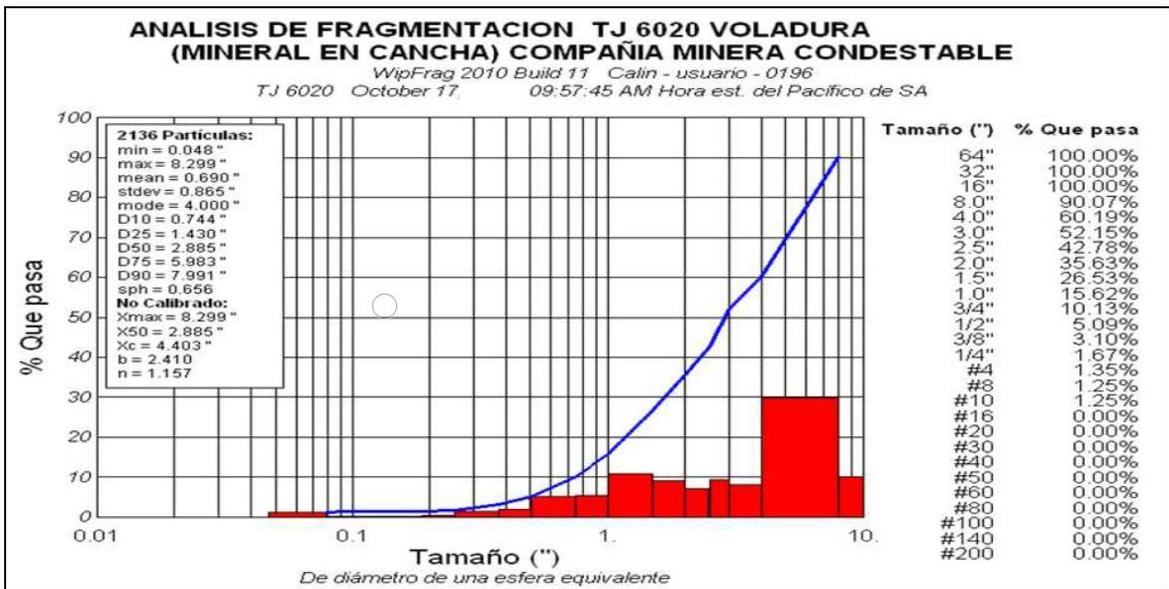


Figura 34. Análisis de la fragmentación Tj 6020 con detonadores electrónicos Fametronic Tomada de Famesa explosivos

Los resultados obtenidos en la voladura en tajeos de producción con el uso de detonadores electrónicos Fametronic nos indican un porcentaje pasante del 90.07 %, considerando un ancho de parrilla de 8 pulgadas en los echaderos, considera un P80 de 6.65 pulgadas.

✓ Tajo 5877 – Detonador electrónico (Fametronic)

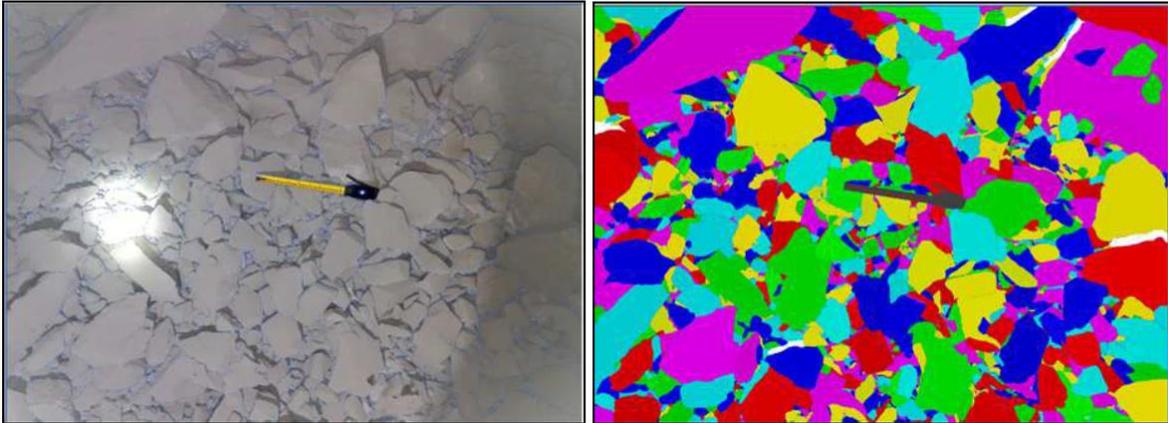


Figura 35. Resultado de la granulometría post voladura, con escala de 8", Tj 5877. Tomada de Famesa explosivos

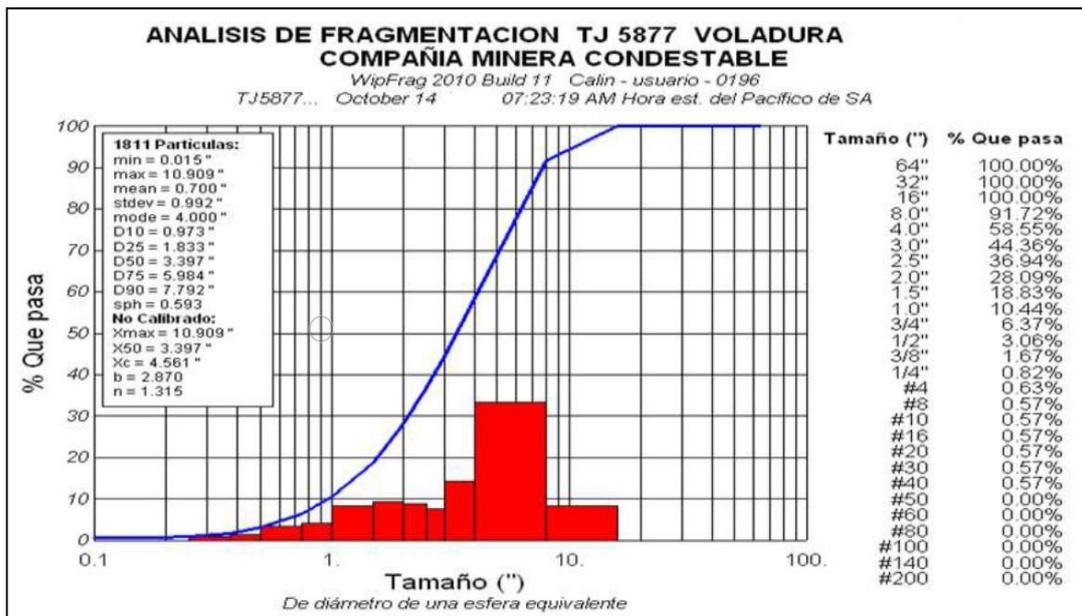


Figura 36. Análisis de la fragmentación Tj 5877 con detonadores electrónicos Fametronic Tomada de Famesa explosivos

Los resultados obtenidos en la voladura en tajeos de producción con el uso de detonadores electrónicos Fametronic nos indican un porcentaje pasante del 91.72 %, considerando un ancho de parrilla de 8 pulgadas en los echaderos, el cual considera un P80 de 6.59 pulgadas.

Tabla 23. Resumen de análisis granulométrico con detonadores Fametronic

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CON FAMETRONIC													
Fecha Disparo	Turno	U. P.	Labor	Nivel	Voladura	Tipo de Voladura	Tipo de Iniciador	Tipo de Explosivo	Tonelaje(t)	Total explosivos (kg)	P-80 (pulg)	P-80 (cm)	Factor de Potencia (kg/t)
30/09/2021	dia	Condestable	TJ 6051	-300	Fametric	Producción	Booster HDP 1/3	Superfam Dos	5000	1505.1	6.27	15.93	0.30
02/10/2021	dia	Condestable	TJ 5932	-255	Fametric	Producción	Booster HDP 1/3	Superfam Dos	6200	1808.1	7.67	19.48	0.29
03/10/2021	Noche	Condestable	TJ 6020	-670	Fametric	Producción	Booster HDP 1/3	Superfam Dos	5000	1002.85	6.65	16.89	0.20
04/10/2021	Noche	Condestable	TJ 5877	155	Fametric	Zanja +Producción	Booster HDP 1/3	Superfam Dos	3000	1206.3	6.59	16.74	0.40
Total - promedio									19,200	5,522	6.80	17.26	0.30

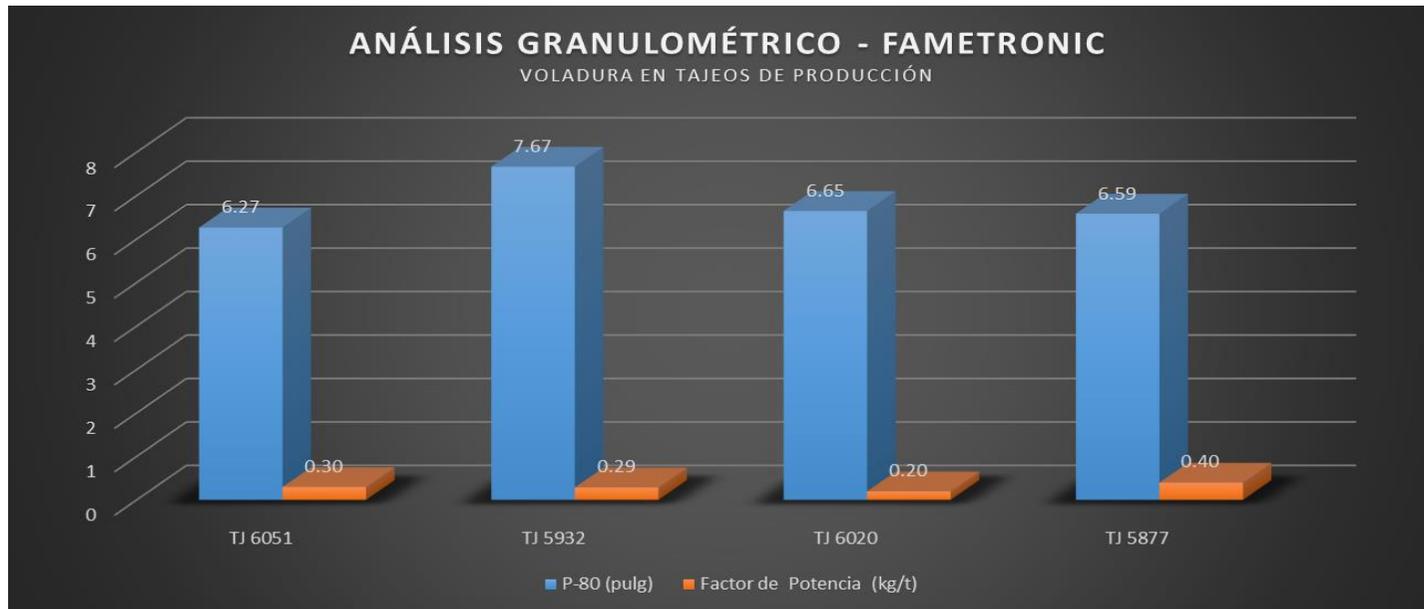


Figura 37. Granulometría de las diferentes voladuras en tajeos de producción, con detonadores electrónicos (Fametric)

b) Análisis granulométrico con detonadores pirotécnicos

Para el análisis granulométrico se analizó 3 voladuras, considerando el uso de detonadores pirotécnicos. El tajeo analizado fue: Tj 5758, en diferentes periodos de tiempo.

El total de explosivos usados en las diferentes voladuras fueron de 3,008.55 kg, considera el Super Fam Dos como tipo de explosivo, el Booster HDP 1/3 como iniciador y el detonador pirotécnico.

El tonelaje total, generado en las 3 voladuras fueron de 11,000 toneladas, considerando un factor de potencia promedio de 0.28 kg/t y un grado de fragmentación post voladura de 10.26 pulgadas o 26.05 centímetros.

Los resultados obtenidos en las 3 voladuras con pirotécnicos realizados en tajeos de producción consideran un mayor grado de fragmentación, comparado con las voladuras con el uso de detonadores electrónicos.

Este mayor grado de fragmentación post voladura en 10.26 pulgadas, relacionadas con el ancho de parrilla de 8 pulgadas afectará directamente en los siguientes procesos unitarios.

El efecto del grado de fragmentación post voladura afectará en el rendimiento de los equipos de carguío, considerando un fill factor (factor de llenado) menor, el cual afectará los números de pases y tonelaje cargado, este menor tonelaje está relacionado al resultado de la voladura.

Otro de los efectos generados por un mal resultado de la fragmentación, es el tonelaje transportado, ya que el material tendrá distinto grado de cohesión, generando espacios vacíos entre material y material, el cual generará menor tonelaje kilómetro transportado.

Finalmente, un grado de fragmentación diferente a los solicitado por planta P80), generará un mayor tiempo en la etapa de chancado, generando un mayor consumo

de energía y un menor tonelaje procesado, disminuyendo los diferentes KPis en mina y planta.

✓ Tajo 5758 – Detonador pirotécnico

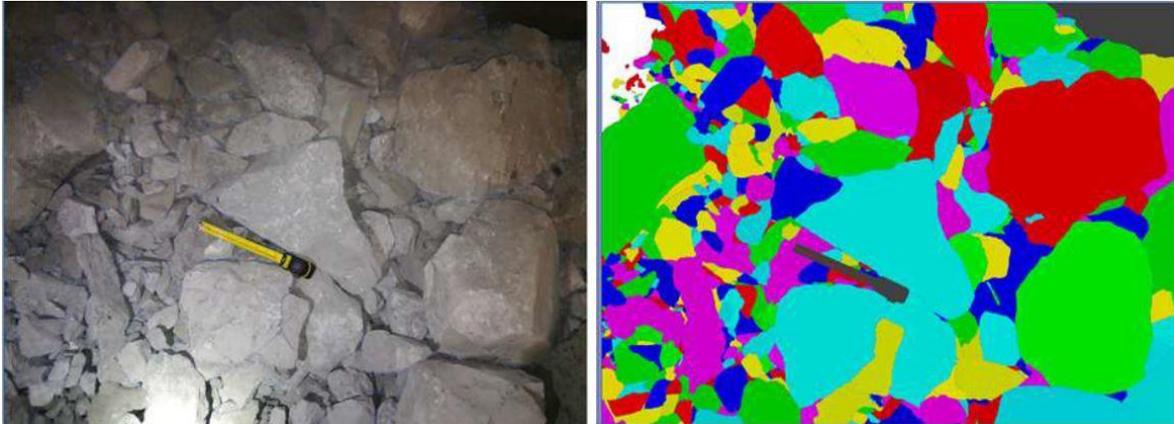


Figura 38. Resultado de la granulometría post voladura, con escala de 8", Tj 5758 Tomada de Famesa explosivos

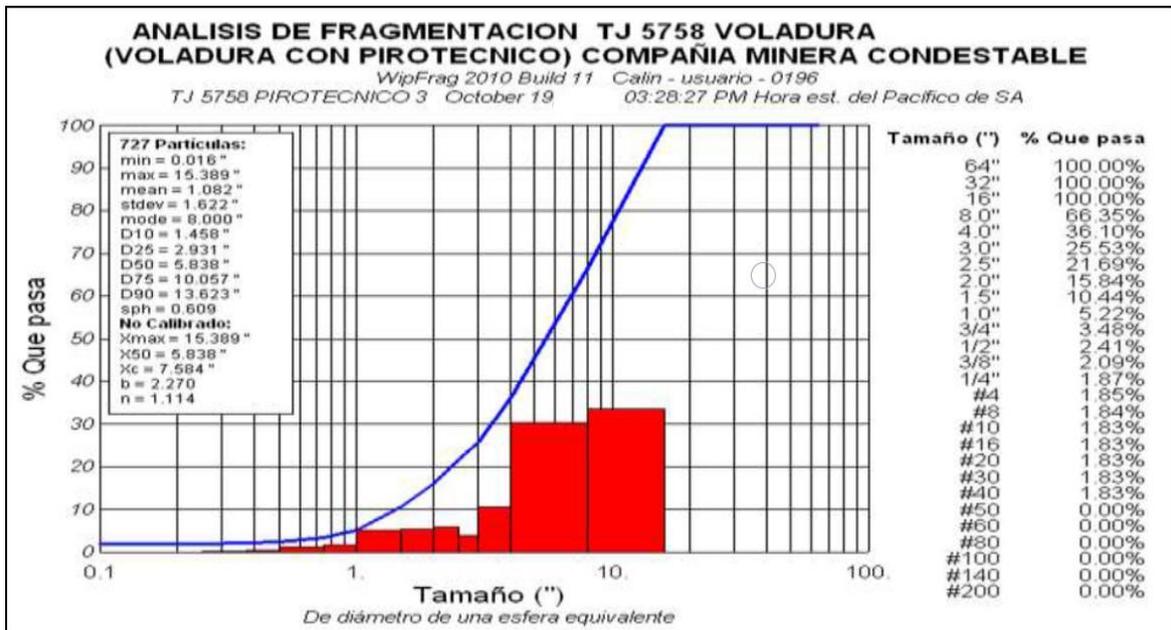


Figura 39. Análisis de la fragmentación Tj 5758 con detonadores pirotécnicos Tomada de Famesa explosivos

Los resultados obtenidos en la voladura en tajeos de producción con el uso de detonadores pirotécnicos, nos indica un porcentaje pasante del 66.35%, considerando un ancho de parrilla de 8 pulgadas en los echaderos, considera un P80 de 11.25 pulgadas.

✓ Tajo 5758 – Detonador pirotécnico

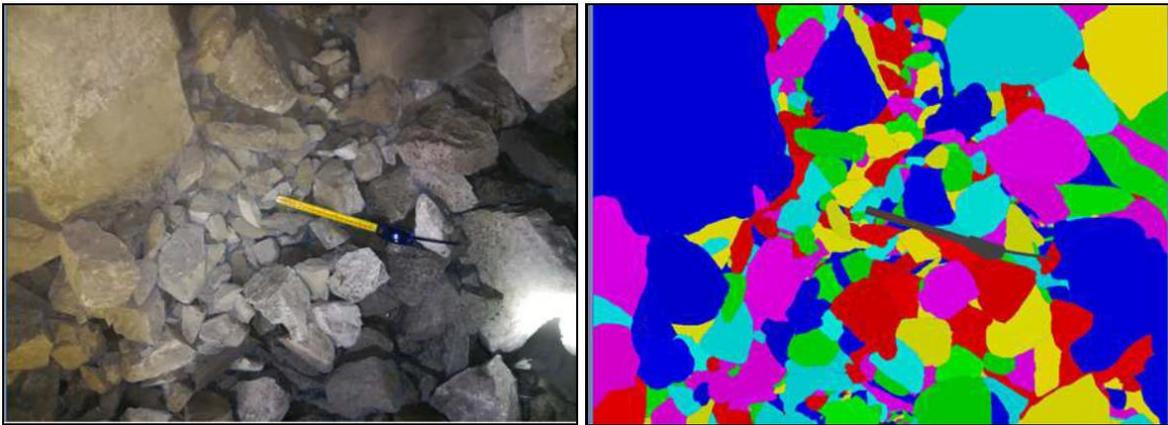


Figura 40. Resultado de la granulometría post voladura con escala de 8", Tj 5758 Tomada de Famesa explosivos

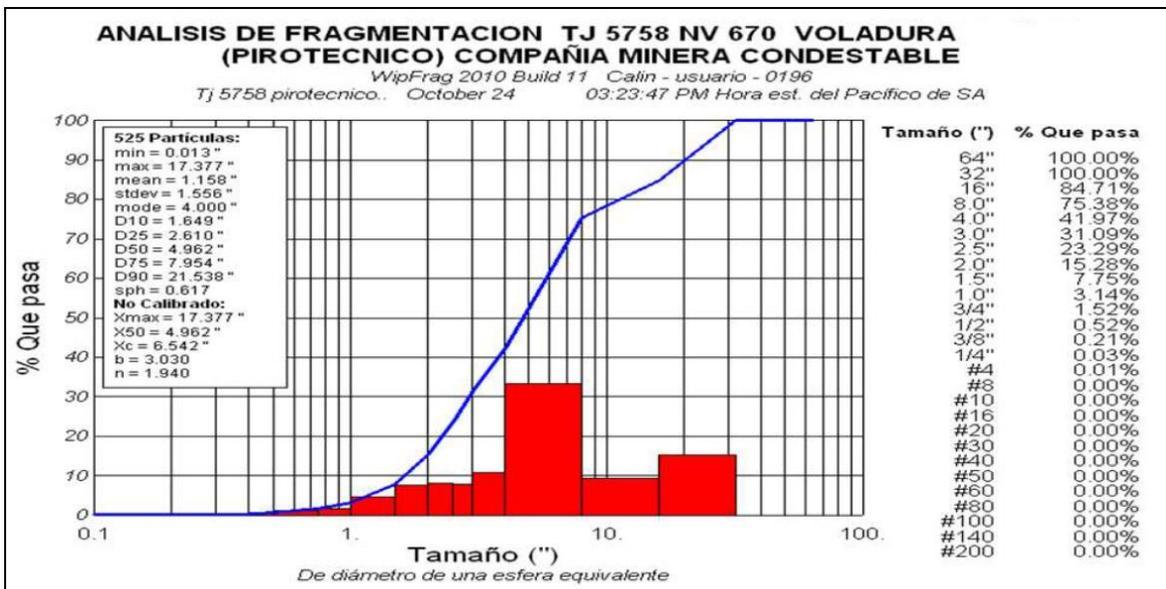


Figura 41. Análisis de la fragmentación Tj 5758 con detonadores pirotécnicos Tomada de Famesa explosivos

Los resultados obtenidos en la voladura en tajeos de producción con el uso de detonadores pirotécnicos nos indican un porcentaje pasante del 75.38 %, considerando un ancho de parrilla de 8 pulgadas en los echaderos, considera un P80 de 11.96 pulgadas.

Tabla 24. Resumen de análisis granulométrico con detonadores pirotécnicos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CON PIROTÉCNICOS													
Fecha Disparo	Turno	U. P.	Labor	Nivel	Voladura con	Tipo de Voladura	Tipo de Iniciador	Tipo de Explosivo	Tonelaje (t)	Total explosivos (kg)	P-80 (pulg)	P-80 (cm)	Factor de Potencia cuadro
14/10/2021	Noche	Condestable	TJ 5758	-670	Pirotecnico	Producción	Booster HDP 1/3	Superfam Dos	4000	1002.85	11.25	28.58	0.25
14/10/2021	Noche	Condestable	TJ 5758	-670	Pirotecnico	Producción	Booster HDP 1/3	Superfam Dos	4000	1002.85	7.56	19.2	0.25
20/10/2021	Noche	Condestable	TJ 5758	-670	Pirotecnico	Producción	Booster HDP 1/3	Superfam Dos	3000	1002.85	11.96	30.38	0.33
Total - promedio									11,000	3,008.55	10.26	26.05	0.28

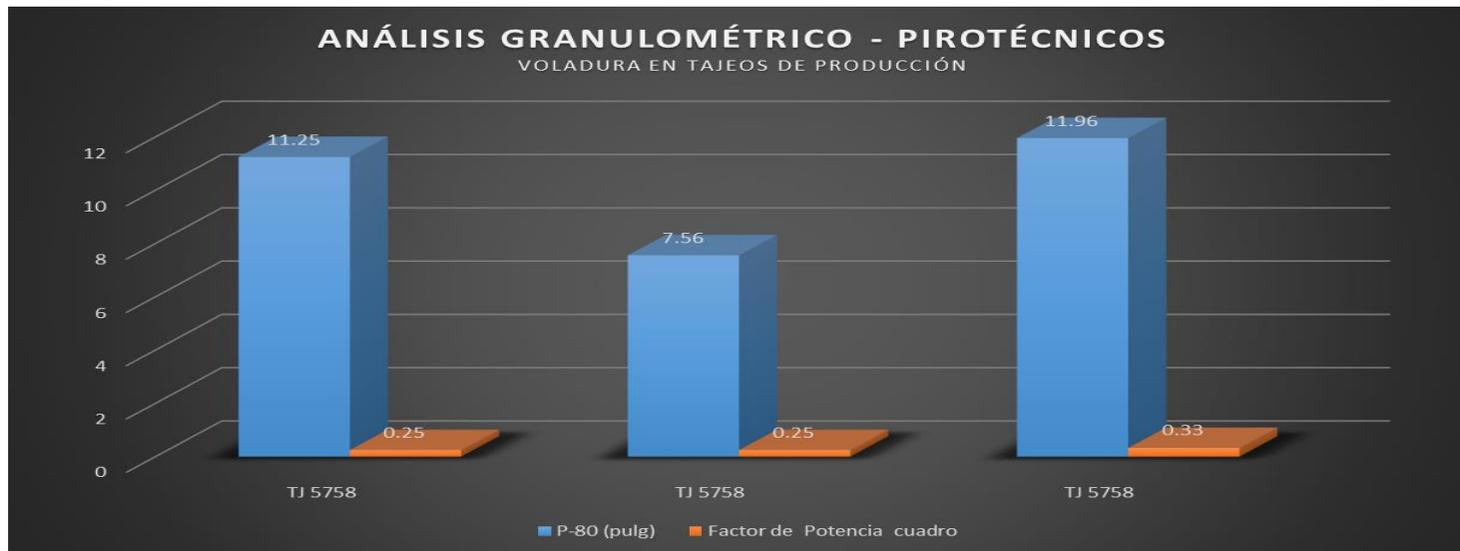


Figura 42. Granulometría de las diferentes voladuras en tajeos de producción con detonadores pirotécnicos

c) Resumen comparativo entre detonadores electrónicos y detonadores pirotécnicos

El análisis de granulometría post voladura en tajeos de producción generó resultados del P80 de 10.26” para detonadores pirotécnicos y el P80 de 6.80” para detonadores electrónicos, mejorando los resultados en una disminución de la granulometría en 3.46”.

La disminución del grado de fragmentación influyó directamente en un menor consumo de energía en la etapa de conminución (chancado y molienda), generando la reducción de costos de energía.

El menor grado de fragmentación, generó una reducción de consumo de energía en 0.06 KWh/t, considerando un costo de energía de 0.30 \$ KWh, se genera un costo de fragmentación por tonelada de 0.018 \$/t.

El menor costo de fragmentación por tonelada considera una importante reducción de costos mensuales en 2,700 \$/mes y de 32,400 \$/año, considerando una producción mensual de 150,000 t/mes.

Finalmente, la disminución de la fragmentación estará relacionado a la mejora en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, optimizando el tiempo de limpieza y el tonelaje transportado.

Tabla 25. Resumen de granulometría entre detonadores electrónicos y pirotécnicos

RESUMEN DE GRANULOMETRÍA				
PERIODO SETIEMBRE - OCTUBRE				
P80 TEÓRICO	< 8" (PULGADAS)	ENERGÍA CONMINUCIÓN (KWh/ton)	COSTO DE ENERGÍA (\$/KWh)	COSTO DE FRAGMENTACIÓN POR TONELADA (\$/Ton)
P80 DETONADOR ESTANDAR	10.26	0.06	0.30	0.018
P80 FAMETRÓNIC	6.80			

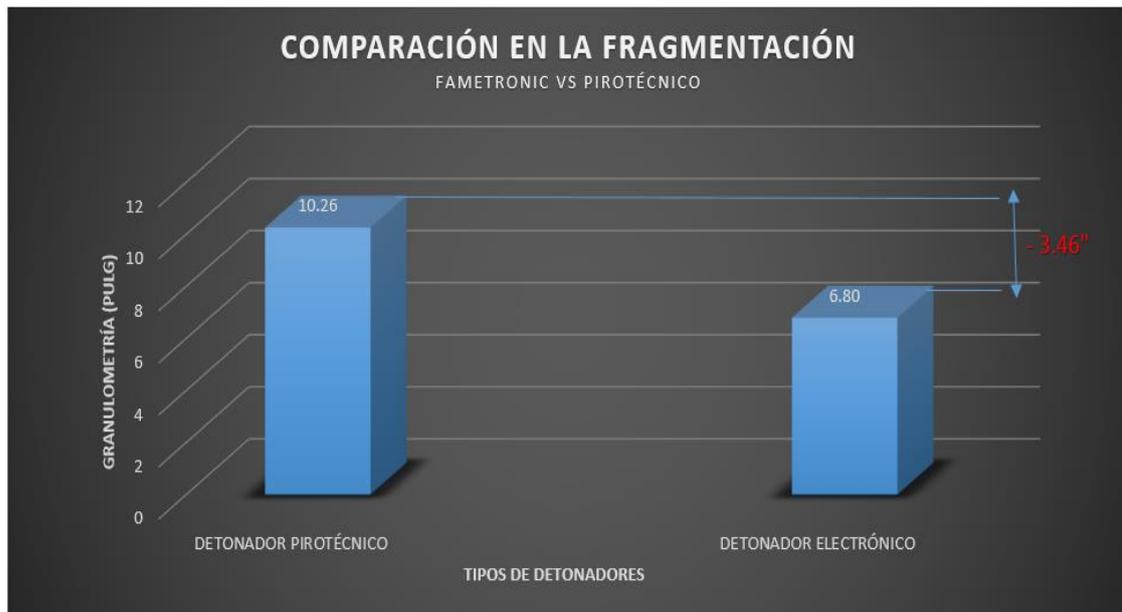


Figura 43. Resumen comparativo en la fragmentación, entre detonadores electrónicos y pirotécnicos

4.1.3. Análisis económico de las mallas de perforación

El uso de los detonadores electrónicos tipo Fametronic permitió realizar un análisis de las mallas de perforación usadas en los diferentes tajeos de producción para la mejora de la productividad y reducción de costos. Las diferentes mallas de perforación analizadas fueron el de 1.5 x 1.5 m, 1.75 x 1.75 m y el de 2.0 x 2.0 m.

Los parámetros operacionales consideran una producción diaria de 7,000 t, considerando un tonelaje del tajo de 55,201.91 toneladas. Los metrajes de perforación consideran: para una malla de 2.0 x 2.0 m en 6,750 metros, para una malla de 1.75 x 1.75 m en 8,816.33 metros y para una malla de 1.5 x 1.5 m en 12,000 metros.

El incremento de malla de perforación a 2.0 x 2.0 m genera una reducción de metros perforados en 5,250 metros.

Los costos de perforación generados en las diferentes mallas fueron de: malla 1.5 x 1.5 m en \$ 120,000; malla 1.75 x 1.75 m en \$ 88,163.27 y en malla 2.0 x 2.0 en \$ 67,500 considerando un costo unitario por metro perforado de 10 \$/m.

Tabla 26. Parámetros operacionales con diferentes mallas

PARÁMETROS OPERACIONALES			
Consideraciones operacionales - diferentes mallas			
Total Tonelaje del tajo	55,201.91	t	
Programa de Producción x día	7,000.00	t	
Costo unitario por metro perforado	10	US\$/m	
Metraje perforado con malla 2.0 x 2.0	6,750.00	m	67,500.00 US\$
Metraje perforado con malla 1.75 x 1.75	8,816.33	m	88,163.27 US\$
Metraje perforado con malla 1.50 x 1.50	12,000.00	m	120,000.00 US\$
Diferencia en metros perforados	5,250.00	m	52,500.00 US\$

Tabla 27. Metros perforados, en diferentes mallas.

TOTAL METROS PERFORADOS		
Malla	Taladros Perforados	Ton/tal
Malla 2.0 x 2.0	563 tal	98.05
Malla 1.75 x 1.75	735 tal	75.10
Malla 1.50 x 1.50	1000 tal	55.20

El incremento de malla de perforación de 1.5 x 1.5 m a 2.0 x 2.0 m genera un ahorro de 5,250 metros perforados, los cuales generan costos de perforación en 120,000 \$ y de 67,500 \$ respectivamente, generando una reducción de costos de perforación de 52,500 \$.

✓ Costos de voladura – Diferentes mallas

Los diferentes costos de voladura considerando el uso del detonador electrónico tipo Fametronic son: para malla de 2.0 x 2.0 m el costo de voladura es de 17,158.05\$ considerando un total de 563 taladros, para malla de 1.75 x 1.75 m es de 21,364.63 \$ considerando un total de 735 taladros, para malla de 1.5 x 1.5 m es de 28,314.64 \$ considerando un total de 1000 taladros.

Tabla 28. Costos de voladura en diferentes mallas usando detonadores electrónicos

COSTO DE VOLADURA	
DIFERENTES MALLAS	
Total de unidades de Fametronic a usarse	
Malla 2.0 x 2.0	563 tal.
Costo unitario del Fametronic 30m	20.05 US\$
Costo unitario del Fametronic 20m	17.05 US\$
Costo unitario del Fametronic 10m	15.5 US\$
Costo total del uso de Fametronic	10,524.07 US\$
Costo de Superfam Dos	5,897.46 US\$
Costo de Booster	736.52 US\$
	17,158.05 US\$
Total de unidades de Fametronic a usarse	
Malla 1.75 x 1.75	735 tal.
Costo unitario del Fametronic 30m	20.05 US\$
Costo unitario del Fametronic 20m	17.05 US\$
Costo unitario del Fametronic 10m	15.5 US\$
Costo total del uso de Fametronic	13,739.24 US\$
Costo de Superfam Dos	6,663.87 US\$
Costo de Booster	961.53 US\$
	21,364.63 US\$
Total de unidades de Fametronic a usarse	
Malla 1.50m x 1.50m	1000 tal.
Costo unitario del Fametronic 30m	20.05 US\$
Costo unitario del Fametronic 20m	17.05 US\$
Costo unitario del Fametronic 10m	15.5 US\$
Costo total del uso de Fametronic	18,692.84 US\$
Costo de Superfam Dos	8,313.60 US\$
Costo de Booster	1,308.20 US\$
	28,314.64 US\$
Total de unidades de Fanel a usarse	
Malla 1.50 x 1.50	1000 tal.
Costo unitario del Fanel 30 m	3.4476 US\$
Costo unitario del Fanel 20 m	2.534 US\$
Costo unitario del Fanel 8 m	1.2648 US\$
Costo Total del Fanel	2,955.24 US\$
Costo de Superfam Dos	8,313.60 US\$
Costo de Booster	1,308.20 US\$
	12,577.04 US\$

✓ Costos comparativos – Diferentes mallas

El análisis comparativo entre el incremento de mallas de 1.75 x 1.75 m a mallas de 2.0 x 2.0 m genera importantes ahorros en perforación y voladura.

Considerando producciones diarias de 7000 t/día, un total de mineral en el tajo a extraer de 55,201.91 toneladas y un costo unitario por metro perforado de 10 \$/t, con el uso de detonadores electrónicos Fametronic.

Los resultados en mallas de 2.0 x 2.0 considera un ahorro unitario en perforación y voladura en 0.868 \$/t, generando un ahorro mensual de 182,294.21 \$/mes y de 2,187,530.58 \$/año.

Los resultados en mallas de 1.75 x 1.75 considera un ahorro unitario en perforación y voladura en 0.418 \$/t, generando un ahorro mensual de 87,683.91 \$/mes y de 1,052,206.95 \$/año.

Finalmente, la mejora del ahorro en perforación y voladura en 0.45 \$/t mediante el incremento de malla de 1.75 x 1.75 m a una malla de 2.0 x 2.0 m es producto de menores metros perforados de 2,066.33 metros y el uso de los detonadores electrónicos Fametronic, controlando el grado de fragmentación post voladura.

Tabla 29. Costos comparativos, para el incremento de mallas de 1.75 x 1.75 m a 2.0 x 2.0 m

COSTOS COMPARATIVOS		
MALLA 2.0 x 2.0 m - MALLA 1.75 x 1.75 m		
Ahorro anual 7000 t/día - 2.00m x 2.00m		
Costo de metro perforado	10.00	US\$/m
Costo Voladura - Fametronic	17,158.05	US\$
Costo Voladura - Fanel	12,577.04	US\$
Costo de P y V Fametronic	84,658.05	US\$
Costo de P y V Fanel	132,577.04	US\$
Ahorro en US\$/t	0.868	US\$/t
Ahorro mensual	182,294.21	US\$/mes
Ahorro anual	2,187,530.58	US\$/Año
Ahorro anual 7000 t/día - 1.75m x 1.75m		
Costo de metro perforado	10.00	US\$/m
Costo Voladura - Fametronic	21,364.63	US\$
Costo Voladura - Fanel	12,577.04	US\$
Costo de P y V Fametronic	109,527.90	US\$
Costo de P y V Fanel	132,577.04	US\$
Ahorro en US\$/t	0.418	US\$/t
Ahorro mensual	87,683.91	US\$/mes
Ahorro anual	1,052,206.95	US\$/Año

CONCLUSIONES

1. Durante el tiempo de estudio se realizaron 24 disparos en voladuras en tajeo de producción, zanja y slot, con longitudes de taladro de 10 a 27 metros, con factores de carga de 30.74 a 144.67 kg/m y un factor de potencia promedio de 0.29 kg/t.
2. La longitud promedio de taladros en tajeos de producción para mallas de 2.0 x 2.0 m, es de 22 metros, con un promedio de 39 taladros cargados, con un promedio de 41 piezas de Fametronic, considera un total de explosivos de 1397.05 kilogramos y un factor de carga de 66.47 kg/m. El promedio de tonelaje generado es de 4814.55 toneladas, con un factor de potencia de 0.30 kg/t y un costo unitario de 0.32 \$/t.
3. La longitud promedio de taladros en tajeos de producción para mallas de 1.8 x 2.0 m, es de 16.95 metros, con un promedio de 55 taladros cargados, con un promedio de 55 piezas de Fametronic, considera un total de explosivos de 1490.92 kilogramos y un factor de carga de 94.16 kg/m. El promedio de tonelaje generado es de 5693.08 toneladas, con un factor de potencia de 0.28 kg/t y un costo unitario de 0.35 \$/t.
4. Para el análisis comparativo entre detonadores electrónicos y detonadores pirotécnicos se realizaron 7 voladuras en tajeos de producción, 4 para detonadores electrónicos y 3 para detonadores pirotécnicos durante el mes de setiembre y octubre.
5. El análisis de granulometría post voladura en tajeos de producción generó resultados del P80 de 10.26" para detonadores pirotécnicos y el P80 de 6.80" para detonadores electrónicos, mejorando una reducción en la granulometría en 3.46". La disminución del grado de fragmentación influyó directamente en un menor consumo de energía en la etapa de conminución (chancado y molienda), generando la reducción de costos de energía.

6. El menor grado de fragmentación generó una reducción de consumo de energía en 0.06 KWh/t, considerando un costo de energía de 0.30 \$/KWh, lo cual origina un costo de fragmentación por tonelada de 0.018 \$/t. El menor costo de fragmentación por tonelada considera una importante reducción de costos mensuales en 2,700 \$/mes y de 32,400 \$/año, considerando una producción mensual de 150,000 t/mes.
7. El análisis comparativo entre el incremento de mallas de 1.75 x 1.75 m a mallas de 2.0 x 2.0 m, y producciones diarias de 7,000 t/día genera importantes ahorros en perforación y voladura.
8. Los resultados en mallas de 2.0 x 2.0 considera un ahorro unitario en perforación y voladura en 0.868 \$/t, generó un ahorro mensual de 182,294.21 \$/mes y de 2,187,530.58 \$/año. Los resultados en mallas de 1.75 x 1.75 considera un ahorro unitario en perforación y voladura en 0.418 \$/t, generó un ahorro mensual de 87,683.91 \$/mes y de 1,052,206.95 \$/año.
9. Finalmente, la mejora del ahorro en perforación y voladura en 0.45 \$/t mediante el incremento de malla de 1.75 x 1.75 m a una malla de 2.0 x 2.0 m es producto de menores metros perforados en 2,066.33 metros y el uso de los detonadores electrónicos Fametronic controlando el grado de fragmentación post voladura.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir realizando el uso del detonador electrónico Fametronic, considerando el análisis de la dilución en diferentes voladuras en tajeos de producción.
2. Se recomienda realizar el análisis de las diferentes mallas de perforación con sus diferentes dominios geomecánicos asociados a sus diferentes zonas de alteración hidrotermal presentes en el yacimiento.
3. Se recomienda seguir realizando trabajos de mapeos en detalle de los diferentes dominios geológicos y relacionar con los resultados post voladura para un mejor control de la granulometría.
4. Se recomienda generar modelos de predictibilidad relacionando los diferentes dominios geológicos, relacionando el grado de fragmentación post voladura y su influencia en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.
5. Se recomienda seguir analizando la variabilidad de las diferentes granulometrías post voladura en material grueso, material intermedio y material fino y su influencia en el tonelaje procesado en planta, considerando el análisis de los diferentes KPI de mina y planta y su interrelación entre ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HUAMÁN, Benjamín. Implementación de un nuevo sistema de iniciación electrónica en Perú - seguridad y versatilidad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima – Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010, 132 pp.
2. ROMERO, Royer. Voladura con detonadores electrónicos para optimizar la fragmentación y seguridad en tajo Toromocho - minera Chinalco Perú S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016, 145 pp
3. MAMANI, Yoni. Optimización de la fragmentación con el uso de detonadores electrónicos en la mina Toquepala. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Tacna – Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2018, 196 pp.
4. BRAVO, Isidora. Estudio de vibraciones inducidas por tronadura en minera Spence. Tesis (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago – Chile: Universidad de Chile, 2018, 118 pp.
5. SOLAR, Tomas. Estudio de control de talud en fase 4 de División Andina. Tesis (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago – Chile: Universidad de Chile, 2014, 96 pp.

ANEXOS

Anexo A

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 30. Matriz de operacionalización de variables.

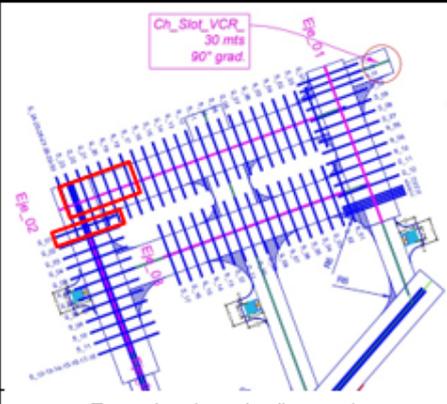
Variables	Definición		Definición operacional		
	Conceptual		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Uso de detonadores Fametronic.	Es un sistema de iniciación de retardo electrónico para voladuras en minería superficial, subterránea, con alta seguridad frente a los detonadores eléctricos, y una mejora en la fragmentación, entre otros.		<ul style="list-style-type: none"> • Dominios geológicos • Dominios geomecánicos • Consideraciones económicas 	Parámetros geológicos Parámetro geomecánico Parámetro económico	Leyes, litología. Alteraciones hidrotermales, etc. Propiedades físicas del macizo rocoso Costos de perforación y voladura.
VD: Control del grado de fragmentación	La granulometría post voladura, incide directamente en el rendimiento operacional de mina y planta.		<ul style="list-style-type: none"> • Características de roca y alteración • Diseño de malla de alteración. 	Parámetro geológico. Malla de perforación y voladura.	Roca ígnea, metamórfica y volcánica. Espaciamiento, burden, factor potencia, accesorios de voladura, etc.

Anexo B

Reporte de voladura en tajos, chimenea slot y zanja

Tabla 31. Reporte de voladura N° 480 – Tj 4644

REPORTE DIARIO DE VOLADURA - FAMETRONIC		
DATOS GENERALES		
N° de Voladura	480	
Fecha	04/12/2121	
Asistente Técnico	Saúl Galván	
Guardia	Noche	
Unidad	Condestable	
Tajo	Tj. 4644	
Nivel	-300	
Zona	Raúl	
Tipo de Voladura	Producción (+)	
PARAMETROS DE PERFORACIÓN		
Sección programada	S6 al S11	
Longitud de taladro	m	14.00
Burden	m	2.00
Espaciamiento	m	2.00
N° de Taladros Cargados	und	83.00
Diámetro de taladro	mm	64.00
Densidad de la roca	gr/cm ³	2.85
RMR		0
PARAMETROS DE CARGUIO Y VOLADURA		
Superfam Dos	sacos	60
Superfam Dos	kg	1500.00
Booster HDP 3	pzas	83
Booster HDP 3	pzas	12.45
Emulnor 500 1½ x 7"	pzas	0
Emulnor 300 1½ x 7"	pzas	0
Emulnor 80% 1½ x 7"	pzas	0
Total de explosivos	kg	1,512.45
Cordón Det. 5P	m	0
Fametric 10m	pzas	38
Fametric 20m	pzas	45
Fametric 30m	pzas	0
Fanel MS 20 m	pzas	0
Fanel MS 30 m	pzas	0
Carmex 2.40m	pzas	0
Mecha Rápida Z-18	m	0
RESULTADOS		
Toneladas rotas	t	4,485.00
Factor de Carga	kg/m	108.03
Factor de Potencia	kg/t	0.34
Instalación del sismógrafo		0.00
COMENTARIOS		
Se coordinó la Voladura con Andres Campean. Se tuvo el apoyo de Alejandro Carbajal en el amarre y programación de los fametric.		

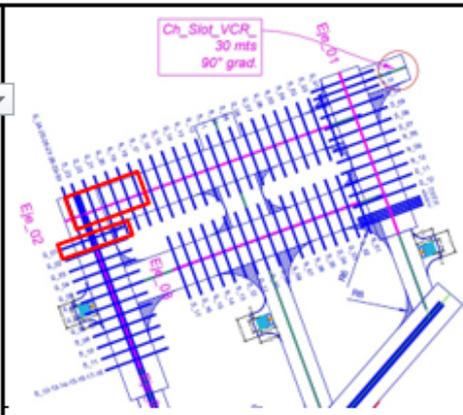


Zona de rojo es la disparada

Tomada de Famesa explosivos

Tabla 32. Reporte de voladura N° 482 – Chimenea Slot Ch 5936

REPORTE DIARIO DE VOLADURA - FAMETRONIC		
DATOS GENERALES		
N° de Voladura	482	
Fecha	05/12/2121	
Asistente Técnico	Saúl Galván	
Guardia	Noche	
Unidad	Condestable	
Tajo	CH. 5936	
Nivel	-55	
Zona	Condestable	
Tipo de Voladura	Slot	
PARAMETROS DE PERFORACION		
Sección programada	0	
Longitud de taladro	m	12.00
Burden	m	0.40
Espaciamiento	m	0.40
N° de Taladros Cargados	und	20.00
Diámetro de taladro	mm	64.00
Densidad de la roca	gr/cm ³	2.85
RMR		0
PARAMETROS DE CARGUIO Y VOLADURA		
Superfam Dos	sacos	30
Superfam Dos	kg	750.00
Booster HDP 3	pzas	47
Booster HDP 3	pzas	7.05
Emulnor 500 1½ x 7"	pzas	0
Emulnor 300 1½ x 7"	pzas	0
Emulnor 80° 1½ x 7"	pzas	0
Total de explosivos	kg	757.05
Cordón Det. 5P	m	0
Fametric 10m	pzas	23
Fametric 20m	pzas	24
Fametric 30m	pzas	0
Fanel MS 20 m	pzas	0
Fanel MS 30 m	pzas	0
Carmex 2.40m	pzas	0
Mecha Rápida Z-18	m	0
RESULTADOS		
Toneladas rotas	t	210.00
Factor de Carga	kg/m	63.09
Factor de Potencia	kg/t	3.61
Instalación del sismógrafo		0.00
COMENTARIOS		
Se coordinó la Voladura con Andres Campean. Se tuvo el apoyo de Alejandro Carbajal en el amarre y programación de los fametric.		

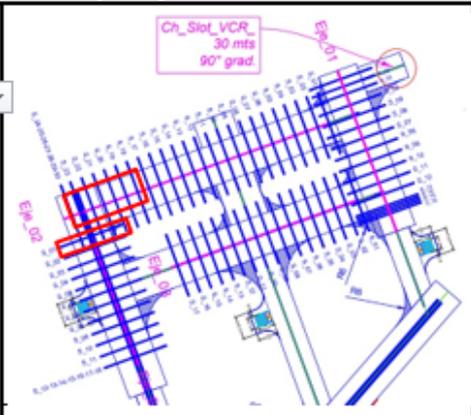


Zona de rojo es la disparada

Tomada de Famesa Explosivos

Tabla 33. Reporte de voladura N° 488 – Zanja / Tj 6142

REPORTE DIARIO DE VOLADURA - FAMETRONIC		
DATOS GENERALES		
N° de Voladura	488	
Fecha	15/12/21	
Asistente Técnico	Aldo Solís	
Guardia	Día	
Unidad	Condestable	
Tajo	Tj. 6142	
Nivel	-300	
Zona	Baja	
Tipo de Voladura	Zanja	
PARAMETROS DE PERFORACION		
Sección programada	E2 S19 al S22	
Longitud de taladro	m	21.40
Burden	m	1.00
Espaciamiento	m	1.20
N° de Taladros Cargados	und	15.00
Diámetro de taladro	mm	64.00
Densidad de la roca	g/cm ³	2.85
RMR		0
PARAMETROS DE CARGUIO Y VOLADURA		
Superfam Dos	sacos	30
Superfam Dos	kg	750.00
Booster HDP 3	pzas	15
Booster HDP 3	pzas	2.25
Emulnor 500 1½ x 7"	pzas	0
Emulnor 300 1½ x 7"	pzas	0
Emulnor 80 ^o 1½ x 7"	pzas	0
Total de explosivos	kg	752.25
Cordón Det. 5P	m	0
Fametric 10m	pzas	0
Fametric 20m	pzas	14
Fametric 30m	pzas	1
Fanel MS 20 m	pzas	0
Fanel MS 30 m	pzas	0
Carmex 2.40m	pzas	0
Mecha Rápida 2-18	m	0
RESULTADOS		
Toneladas rotas	t	1,509.00
Factor de Carga	kg/m	35.15
Factor de Potencia	kg/t	0.50
Instalación del sismógrafo		0.00
COMENTARIOS		
Se coordinó la voladura con Víctor Villamares y John Casas.		



Zona de rojo es la disparada

Anexo C
Fotos



Figura 44. Tajo cargado con Fametronic



Figura 45. Realizando inspección de los conectores Fametronic.



Figura 46. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic



Figura 47. Resultado de la granulometría con el uso de los detonadores electrónicos Fametronic