

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Aplicación de las diferentes mallas de perforación y
voladura para el control del digrate y grado de
fragmentación en equipos de carguío en minera
Chinalco Perú S. A. - 2022**

Misael Sanchez Ricaldi
Isaac Paredes Pelayza

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 10 de Setiembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "APLICACIÓN DE LAS DIFERENTES MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA EL CONTROL DEL DIG RATE Y GRADO DE FRAGMENTACIÓN EN EQUIPOS DE CARGUÍO EN MINERA CHINALCO PERÚ S.A. - 2022", perteneciente a los estudiantes MISAEL SANCHEZ RICALDI e ISAAC PAREDES PELAYZA , de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 10) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,




Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de tesis

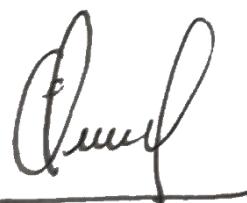
Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Isaac PAREDES PELAYZA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70160466, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "Aplicación de las diferentes mallas de perforación y voladura para el control del dig rate y grado de fragmentación en equipos de carguío en minera Chinalco Perú S.A. - 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.



06 de octubre de 2023.

Isaac PAREDES PELAYZA

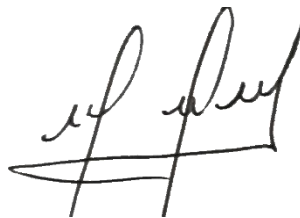
DNI. No. 70160466

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Misael SANCHEZ RICALDI, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 47705907, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "Aplicación de las diferentes mallas de perforación y voladura para el control del dig rate y grado de fragmentación en equipos de carguío en minera Chinalco Perú S.A. - 2022", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.



06 de octubre de 2023.

Misael SANCHEZ RICALDI

DNI. No. 47705907

APLICACIÓN DE LAS DIFERENTES MALLAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA EL CONTROL DEL DIG RATE Y GRADO DE FRAGMENTACIÓN EN EQUIPOS DE CARGUÍO EN MINERA CHINALCO PERÚ S.A. - 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	14%
2	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	www.itam.mx Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1%

www.sep.gob.mx

8	Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
12	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
15	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
16	www.chile.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien es fuente de nuestra fe y nos brinda salud y sabiduría en momentos difíciles de nuestras vidas.

En segundo lugar, el agradecimiento especial a nuestros familiares, quienes fueron guía en la culminación de nuestros estudios, por el apoyo incondicional en nuestras vidas día a día.

Asimismo, a la plana docente de nuestra *alma mater*: Universidad Continental, EAP Minas por la enseñanza y experiencia profesional compartida.

DEDICATORIA

A nuestros padres, que forjaron valores y principios, que nos guiaron por la senda de culminación de nuestros estudios y por su apoyo constante día a día.

Gracias por los momentos gratos que nos dan día a día.

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	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.2. Formulación del problema	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación social - práctica	20
1.3.2. Justificación académica	20
1.3.3. Justificación económica	20
1.4. Hipótesis de la investigación	21
1.4.1. Hipótesis general	21
1.4.2. Hipótesis específicas	21
1.5. Identificación de las variables	21
1.5.1. Variable independiente	21
1.5.2. Variables dependientes	21
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes del problema	23

2.1.1. Antecedentes internacionales -----	23
2.1.2. Antecedentes nacionales -----	24
2.2. Generalidades de la unidad minera -----	25
2.2.1. Ubicación y accesibilidad -----	25
2.3. Geología general -----	27
2.3.1. Geología regional -----	27
2.3.2. Geología estructural -----	30
2.3.3. Mineralización en el distrito de Morococha -----	32
2.4. Bases teóricas del estudio -----	33
2.4.1. Especificaciones técnicas de equipos de carguío -----	33
2.4.2. Consideraciones de producción -----	35
2.4.3. Consideraciones litológicas y factor de potencia -----	40
2.4.4. Consideración del grado de fragmentación -----	42
2.4.5. Consideraciones de mallas de perforación -----	44
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	50
3.1 Método y alcances de la investigación -----	50
3.1.1 Método de la investigación -----	50
3.2 Diseño de la investigación -----	51
3.2.1 Tipo de diseño de investigación -----	51
3.3 Población y muestra -----	51
3.3.1 Población -----	51
3.3.2 Muestra -----	52
3.3.3 Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	52
3.3.4 Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	52
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	53
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	53
4.1.1 Análisis de la malla de perforación y voladura -----	56
4.1.2 Análisis de la dureza por alteración hidrotermal -----	60
4.1.3 Análisis del factor de potencia por alteración hidrotermal -----	63
4.1.4 Análisis del grado de fragmentación por alteración hidrotermal -----	66
4.1.5 Análisis del grado de fragmentación por equipos de carguío -----	70
4.1.6 Análisis del <i>dig rate</i> por alteración hidrotermal -----	77

4.1.7	Análisis del <i>dig rate</i> por equipos de carguío	80
4.2	Validación de la hipótesis planteada	83
4.2.1	Análisis de la relación dureza – granulometría – <i>dig rate</i>	84
4.2.2	Análisis de la relación factor de potencia – granulometría – <i>dig rate</i>	86
4.2.3	Análisis de costos de perforación y voladura	89
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES	97
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
	ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables	22
Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera	25
Tabla 3. Capacidades, pesos y dimensiones operativas	34
Tabla 4. Especificaciones técnicas de pala eléctrica Caterpillar 7495 HF	35
Tabla 5. Producción diaria, destino: chancadora - stock	36
Tabla 6. Relación de dureza – alteración hidrotermal, enero a marzo	60
Tabla 7. Relación de dureza – alteración hidrotermal, abril a junio	62
Tabla 8. Resumen de relación dureza – alteración hidrotermal, periodo enero a junio.....	63
Tabla 9. Relación factor de potencia – alteración hidrotermal, periodo enero a marzo	64
Tabla 10. Relación factor de potencia – alteración hidrotermal, abril a junio	65
Tabla 11. Resumen factor de potencia – alteración hidrotermal, enero a junio	66
Tabla 12. Relación granulometría – alteración hidrotermal, enero a marzo.....	67
Tabla 13. Relación granulometría – alteración hidrotermal, abril a junio	68
Tabla 14. Resumen granulometría – alteración hidrotermal, enero a junio.....	70
Tabla 15. Resumen granulometría P80 en palas PL01, PL02, PL03 periodo enero a marzo	71
Tabla 16. Resumen granulometría P80 en palas PL1, PL2, PL3, abril a junio.....	72
Tabla 17. Comparativo P80 en palas PL01, PL02, PL03, enero a junio	73
Tabla 18. Resumen de finos (< 1”) en palas PL01, PL02, PL03, enero a marzo ..	74
Tabla 19. Resumen de finos (< 1”) en palas PL01, PL02, PL03, abril a junio	75
Tabla 20. Comparativo de finos (< 1”) en palas PL01, PL02, PL03, enero a junio.....	76
Tabla 21. Resumen dig rate – alteración hidrotermal, enero a marzo	78
Tabla 22. Resumen dig rate – alteración hidrotermal, abril a junio	79
Tabla 23. Comparativo del dig rate, enero a junio	80
Tabla 24. Resumen del dig rate en palas 01, 02 y 03, enero a marzo	81
Tabla 25. Resumen del dig rate en palas 01, 02 y 03, abril a junio.....	82
Tabla 26. Comparativo del dig rate en palas 01, 02 y 03, enero a junio	83

Tabla 27. Relación dureza – granulometría – dig rate, enero a marzo	84
Tabla 28. Relación dureza – granulometría – dig rate, abril a junio	85
Tabla 29. Validación en la relación dureza – granulometría – dig rate, enero a junio	86
Tabla 30. Relación factor de potencia – granulometría – dig rate, enero a marzo	87
Tabla 31. Relación factor de potencia – granulometría – dig rate, abril a junio	88
Tabla 32. Validación en la relación factor potencia –granulometría– dig rate, enero a junio.....	89
Tabla 33. Diseño de carga sin cámara de aire, en intrusivo, enero a marzo	91
Tabla 34. Costo unitario de perforación y voladura, sin cámara de aire, enero a marzo	91
Tabla 35. Diseño de carga con cámara de aire en intrusivo, enero a marzo	92
Tabla 36. Costo unitario de perforación y voladura, con cámara de aire, abril a junio	93
Tabla 37. Validación de costo unitario de perforación y voladura con y sin cámara de aire, enero a marzo – abril a junio	94
Tabla 38. Tabla de variables	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación del proyecto minero	26
Figura 2. Geología regional.....	27
Figura 3. Perfil geológico, área de proyecto	29
Figura 4. Plano estructural	30
Figura 5. Dominios estructurales, zona de proyecto.....	31
Figura 6. Cargador frontal en Stock 01, P&H – modelo LT2350	33
Figura 7. Pala eléctrica 02, polígono 4440, CAT – Modelo 7495 HF	34
Figura 8. Plano de alteraciones hidrotermales, turno A, zona pórfido y skarn	37
Figura 9. Plano de índice de blastabilidad, zona pórfido y skarn	38
Figura 10. Plano de dureza, zona pórfido y skarn	39
Figura 11. Rango de dureza asociado al factor de potencia en diferentes litologías	40
Figura 12. Rango de frecuencia de diferentes dominios geológicos presentes en el área de estudio	41
Figura 13. Proceso de fragmentación y su influencia en el proceso mina - planta	43
Figura 14. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – zona hornfels	45
Figura 15. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – zona skarn.....	46
Figura 16. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – intrusivo B	47
Figura 17. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – intrusivo A	48
Figura 18. Plano de alteración hidrotermal, turno A, zona pórfido y skarn.....	54
Figura 19. Plano de alteración hidrotermal, turno B, zona pórfido y skarn.....	55
Figura 20. Diseño malla PyV - hornfels	56
Figura 21. Diseño malla PyV - intrusivo tipo B.....	57
Figura 22. Diseño malla PyV - intrusivo tipo A.....	58
Figura 23. Diseño malla PyV - skarn dureza suave	59

Figura 54. Plano de dureza, zona pórfido y skarn	105
Figura 55. Pala eléctrica 02, polígono 4440, CAT - modelo 7495 HF	106
Figura 56. Cargador frontal en stock 01, P&H – modelo LT2350	106
Figura 57. Proceso carguío, pala eléctrica PL02	107
Figura 58. Proceso de carguío, pala eléctrica PL03 y equipos de acarreo.	107

RESUMEN

El desarrollo de la tesis analiza el control del *dig rate* y grado de fragmentación en equipos de carguío mediante el análisis de las diferentes mallas de perforación y voladura en Minera Chinalco Perú S. A.

La metodología de investigación es de un nivel analítico con un alcance descriptivo - explicativo. La tesis es preexperimental, ya que permite el análisis e interpretación de las diferentes variables asociadas a las mallas de perforación y voladura en la zona de *hornfels*, zona de intrusivos y zona de *skarn*, con el objetivo de controlar y mejorar el *dig rate* en equipos de carguío, considerando la reducción de costos de perforación y voladura, mediante el uso de accesorios de voladura como bolsas de aire (taponex).

Los resultados obtenidos durante ambos periodos permitieron la mejora del *dig rate* durante el segundo periodo de análisis. El *dig rate* durante el periodo de enero a marzo fue de 10,951.00 t/h y durante el periodo abril a junio de 11,845.87 t/h, con un incremento de 894.87 t/h. Esta mejora fue producto del control de las variables asociadas a la dureza, grado de fragmentación y factor de potencia.

Durante el segundo periodo, se incrementó la dureza de 2.78 a 2.85, se controló la granulometría de 2.48 a 2.47 pulgadas y una disminución del factor de potencia de 0.59 kg/t a 0.53 kg/t.

La disminución del factor de potencia, mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación y voladura de acuerdo con su alteración hidrotermal, consideró el uso de retenedores de energía tipo bolsa de aire (taponex), considerando una reducción de los costos durante el periodo de marzo a junio de \$ 48,322.98.

El control del *dig rate* y grado de fragmentación, relacionado a diversas mallas de perforación y voladura, generó la mejora en el rendimiento de los equipos de

carguío y reducción de costos de perforación y voladura, mediante el uso de retenedores de energía, como bolsas de aire (taponex).

Palabras clave: producción, granulometría, rendimiento de equipos, tasa de excavación, mallas de perforación y voladura, alteración hidrotermal, *skarn*, intrusivo, etc.

ABSTRACT

The development of the thesis analyzes the control of the dig rate (excavation rate) and degree of fragmentation in loading equipment, through the application of different drilling and blasting meshes in Minera Chinalco Perú S.A.

The research methodology is of an analytical level with a descriptive - explanatory scope. The thesis is pre-experimental, which allows the analysis and interpretation of the different variables associated with the drilling and blasting grids in the hornfels zone, intrusive zone and skarn zone, with the aim of controlling and improving the dig rate in loading equipment, considering the reduction of drilling and blasting costs, through the use of blasting accessories such as air bags (plugex).

The results obtained during both periods allowed the improvement of the dig rate during the second period of analysis, the dig rate during the period from January to March was 10,951.00 ton/hr and during the period from April to June it was 11,845.87 t/h, with an increase of 894.87 t/h, this improvement was the result of controlling the variables associated with hardness, degree of fragmentation and power factor.

During the second period, the hardness was increased from 2.78 to 2.85, the granulometry was controlled from 2.48 to 2.47 inches and a decrease in the power factor from 0.59 kg/t to 0.53 kg/t.

The reduction of the power factor, through the application of different drilling and blasting meshes according to their hydrothermal alteration, considered the use of air bag type energy retainers (taponex), considering a reduction in costs during the March period. as of June \$48,322.98.

The control of the dig rate and degree of fragmentation, related to various drilling and blasting meshes, generated an improvement in the performance of loading

equipment and a reduction in drilling and blasting costs, through the use of energy retainers, such as bags of air (plug).

Keywords: production, granulometry, equipment performance, excavation rate, drilling and blasting grids, hydrothermal alteration, skarn, intrusive, etc.

INTRODUCCIÓN

La tesis desarrollada permite analizar el control del *dig rate* y el grado de fragmentación en diferentes mallas de perforación en función a las diferentes zonas evaluadas: *hornfels*, intrusivo y *skarn* para la optimización y reducción de costo en la etapa de carguío en la mina Toromocho.

Uno de los grandes objetivos de una operación minera es maximizar la rentabilidad económica, siendo el efecto de la voladura de vital importancia, puesto que el resultado en el grado de fragmentación está directamente relacionado a la dureza, alteraciones hidrotermales presentes y factor de potencia, en el presente estudio.

El análisis de la granulometría y su relación con el *dig rate* (tasa de excavación, t/h) y por tipo de malla de perforación será la base del presente estudio para la mejora del rendimiento y reducción de costos en los equipos de carguío.

El presente trabajo de investigación será analizado en dos periodos: de enero a marzo y de abril a junio, considerando las mismas variables operacionales y económicas, asociadas a las diferentes zonas a evaluar como: zona *hornfels* (alteración hornfels), zona intrusiva (alteración potásica) y zona *skarn* (alteración magnetita, alteración serpentina - magnetita y alteración tremolita – actinolita).

La ejecución del presente trabajo se detalla en cuatro capítulos: el capítulo I, se describe el problema, objetivo e hipótesis general y específicos, así como la matriz de operacionalización de variables. El capítulo II describe los antecedentes, generalidades operacionales de la unidad minera y el marco teórico. El capítulo III describe la metodología de investigación, población y muestra del estudio. Finalmente, en el capítulo IV se analiza e interpreta los resultados del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Una de las áreas de gran incidencia en la rentabilidad operacional es la de perforación y voladura. Los resultados de la voladura asociado a diferentes frentes operacionales, considerando la variabilidad geológica, genera un nivel de sensibilidad operacional el que se relaciona directamente en los diferentes procesos de mina y planta.

El resultado de voladura influye directamente en la granulometría de acuerdo con la variabilidad geológica presente en el yacimiento, relacionados a su diseño de malla asociado, dureza de mineral, densidad, alteración hidrotermal asociada, índice de volabilidad, etc. Estos resultados influirán en la relación del tonelaje producido y la etapa de conminución, siendo de vital importancia el análisis del *dig rate* (t/h) de los equipos de carguío, siendo de vital importancia el comportamiento de la granulometría asociada a la voladura.

La variabilidad en el cumplimiento de los planes de producción entre mina y planta se relaciona directamente a los resultados de la voladura, teniendo en consideración la variabilidad geológica, geomecánica y económica.

El presente trabajo realizará el estudio de diferentes mallas de perforación y voladura en función a las propiedades del macizo rocoso, considerando las zonas de *hornfels*, *skarn* e intrusivo, en las que se visualizará la variabilidad de la granulometría, dureza y factor de potencia, relacionado en el *dig rate* de los equipos de carguío y sus costos asociados.

El desarrollo del presente trabajo ayudará a entender el comportamiento de las variables asociadas al rendimiento de equipos de carguío.

1.1.2. Formulación del problema

a) Problema general

¿Cómo se puede controlar el *dig rate* y grado de fragmentación en equipos de carguío mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación en Minera Chinalco Perú S. A. - 2022?

b) Problemas específicos

¿Cómo relacionar la dureza de la roca con el grado de fragmentación para el control del *dig rate* en equipos de carguío de Minera Chinalco Perú S. A.?

¿Cómo relacionar el *dig rate* y grado de fragmentación con el factor de potencia para optimizar los costos de perforación y voladura en Minera Chinalco Perú S.A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Controlar el *dig rate* y grado de fragmentación en equipos de carguío mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación en Minera Chinalco Perú S. A.

1.2.2. Objetivos específicos

a) Relacionar la dureza de la roca con el grado de fragmentación para el control del *dig rate* en equipos de carguío de Minera Chinalco Perú S. A.

b) Relacionar el *dig rate* y grado de fragmentación con el factor de potencia para optimizar los costos de perforación y voladura en Minera Chinalco Perú S. A.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

El estudio determinará el control del *dig rate* y grado de fragmentación en equipos de carguío mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación y voladura. Esta mejora del control incrementará la rentabilidad operacional mediante la aplicación del uso de herramientas numéricas y su implicancia en operaciones mineras y la mejora en la gestión social.

La mejora en la rentabilidad operacional podrá interrelacionar la mejora de la gestión social con una adecuada sensibilidad en el crecimiento sostenido de proyectos productivos.

1.3.2. Justificación académica

El resultado del control del *dig rate* y grado de fragmentación, mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación, permitirá ser utilizado como herramienta académica para estudios en universidades e institutos y personas relacionadas al ámbito minero, y realizar diversos análisis comparativos en trabajos similares.

La aplicación de herramientas modernas en la investigación, como el *benchmarking*, ayudará a realizar comparativos con estudios similares.

1.3.3. Justificación económica

Analizar el control del *dig rate* y granulometría en equipos de carguío genera la mejora económica en la unidad minera, así como la optimización de las diferentes variables en los procesos de mina y planta.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

La aplicación de diferentes mallas de perforación influye positivamente en el control del *dig rate* y grado de fragmentación en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A. – 2022.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar la dureza de la roca con el grado de fragmentación influye positivamente en el control del *dig rate* en equipos de carguío de Minera Chinalco Perú.

- b) Al relacionar el *dig rate* y grado de fragmentación con el factor de potencia influye positivamente en la optimización de los costos de perforación y voladura en Minera Chinalco Perú.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

- Aplicación de diferentes mallas de perforación y voladura.

1.5.2. Variables dependientes

- Control del *dig rate* y grado de fragmentación en equipos de carguío

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de variables

Variables	Definición		Definición operacional	
	conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:				
Aplicación de diferentes Mallas de perforación y voladura	Los diferentes diseños de malla de perforación y voladura, permitirán controlar los resultados de los siguientes procesos unitarios de carguío, acarreo y los procesos de conminución (chancado y molienda).	<ul style="list-style-type: none"> • Variables geológicas. • Variables geomecánicas. • Variables Operacionales. 	<p>Dominios geológicos.</p> <p>Dominios geomecánicos</p> <p>Diseño de malla de perforación y voladura.</p>	<p>Tipos de roca, alteración hidrotermal asociada, etc.</p> <p>Dureza, densidad, etc.</p> <p>Espaciamiento, burden, altura de carga, accesorios de voladura, etc.</p>
VD:				
Control del dig rate y grado de fragmentación en equipos de carguío	Definir variables operacionales para la mejora del rendimiento de equipos de carguío, están asociadas al grado de fragmentación y dig rate (ton/hr).	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de carguío Palas Eléctricas • Costos de perforación y voladura. 	<p>Mallas de perforación y voladura, por alteración hidrotermal.</p>	<p><u>Categoría:</u></p> <p>Producción</p> <p>Grado de fragmentación</p> <p>Dig rate</p> <p>Costos de perforación y voladura.</p>

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Estudio y aplicación de un modelo de fragmentación secundaria para el proyecto mina Chuquicamata subterráneo*». El objetivo fue generar un modelo de predictibilidad para determinar la fragmentación producto de la voladura en operaciones subterráneas realizadas en la mina Chuquicamata. Se analizó informaciones pasadas y el flujo confinado en fragmentaciones secundarias, en diferentes dominios geotécnicos. El resultado definió 3 dominios geotécnicos seleccionados, determinando el grado de fragmentación más grueso, determinando que, a mayor esfuerzo vertical, el resultado de la reducción granulométrica es mayor. (1)

- ✓ Tesis titulada: «*Modelo de fragmentación secundaria y colgaduras en minería de caving*». El objetivo de la investigación fue tener un mayor conocimiento de los resultados obtenidos en minería *caving*, considerando el flujo gravitacional en la extracción de mineral. El resultado fue determinar modelos de fragmentación secundaria y colgaduras, mediante estudios a nivel de laboratorio aplicando carga vertical, simulando la sobrecarga presente en una operación.

Como resultado se presentó un modelo de fragmentación secundaria, desarrollado por modelos numéricos relacionando variables geotécnicas y operacionales. Este modelo planteado permite generar la predictibilidad en distintas granulometrías post voladura, el cual será relacionado con los procesos de conminución. (2)

- ✓ Tesis titulada: «*Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción Gerencia Mina, División Ministro Hales Codelco Chile*». El objetivo fue implementar diferentes planes de gestión, para la mejora de las horas efectivas en equipos de acarreo de alto tonelaje. El resultado del trabajo permitió la mejora de la disponibilidad y confiabilidad de camiones de alto tonelaje, reduciendo las demoras operacionales, la mejora de la velocidad, incrementando el factor de carga y reduciendo los costos operacionales. (3)

2.1.2. Antecedentes nacionales

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de las variables operacionales para el mejoramiento de la producción en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.*». El objetivo de la investigación fue analizar las diferentes actividades asociadas al proceso unitario de carguío. Este análisis permitió determinar la disponibilidad y utilización de las palas eléctricas y cargadores frontales, determinado las horas efectivas operacionales y pérdidas operacionales para determinar la disponibilidad y utilización. Así mismo se analizó las diferentes actividades de carguío, considerando la herramienta de Pareto. Los resultados determinaron un incremento del 2 % de la producción, incremento de la disponibilidad en 12.31 % y la utilización en 1.55 %. (4)
- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera Kolpa S. A. – 2021*». El objetivo fue analizar los Kpi asociados a scoops y camiones en Minera Kolpa. El resultado del estudio permitió la mejora en 0.22 m³/h, con un ahorro de energía de 0.07 gal/h en scoops y de 1.3 gal/h en camiones. (5)

- ✓ Tesis titulada: «Análisis del uso de cámaras de aire para la reducción de costos en voladura en una mina a tajo abierto - Nazca 2021». El objetivo fue optimizar la voladura mediante el uso de accesorios de voladura. El accesorio de voladura estuvo relacionado a controlar la liberación de energía, utilizando bolsas de aire tipo *taponex*. Los resultados obtenidos en el factor de potencia, control y mejora en la granulometría producto de la voladura. El estudio propuesto, generó una reducción de costos anuales en 1´400,000 US \$. (6)

2.2. Generalidades de la unidad minera

2.2.1. Ubicación y accesibilidad

Está ubicado en los distritos de Yauli y Morococha, en la provincia de Yauli y el departamento de Junín, con una altura promedio de 4450 m s. n. m., en los andes centrales del Perú y coordenadas UTM: 376600 E - 8716 800 N.

Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera

Tramo - Vía	Distancia - Kilómetros
Lima – Morococha - Mina	141.5 kilómetros
Lima – La oroya - mina	172.5 kilómetros

Tomada del Área de Planeamiento

c) Grupo Pucará (Triásico – Jurásico)

Fue estudiado por Harrison (1944), Jenks (1955), Szekely and Grosse (1972), Mégard (1977), H. Kobe (1977) y otros, realizaron la subdivisión desde el nivel inferior como: formación Chambará, Aramachay y Condorsibga, con potencias asociadas desde 600 a 2900 m. La litología presente es de carácter sedimentario como calizas, lutitas, cherts y areniscas con potencias menores. El grupo Pucará es considerado como un principal metalotecto de minerales polimetálicos de Pb, Zn, Cu, Ag.

d) Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior)

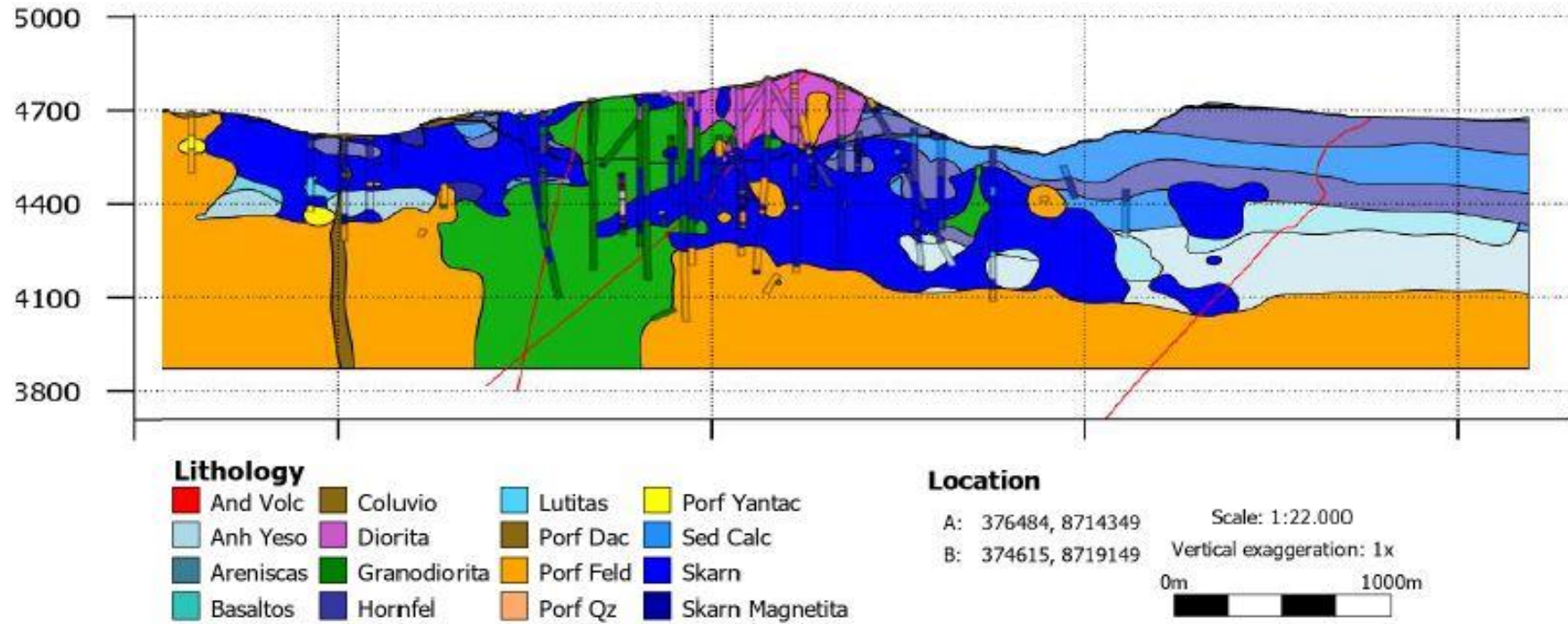
Representado por rocas sedimentarias como conglomerados de color rojo basal, con una secuencia de areniscas, lutitas rojas, con horizontes de cuarcita de 6 a 12 m. La potencia varía desde 395 a 470 metros en toda la secuencia, de acuerdo a medidas tomadas por J. M. Boutwell (1920) y P. Henshaw (1943).

e) Grupo Machay (Cretáceo Superior)

Compuesta principalmente de calizas grises azuladas interestratificadas, las cuales están expuestas fuera del yacimiento con un espesor de 445 metros, de acuerdo a J. M. Boutwell (1920).

f) Actividad ígnea

La actividad ígnea se dio a inicios del Pérmico, compuestas por el volcánico Catalina (dacitas y andesitas). Los intrusivos compuestas por dioritas, granodioritas y monzonita, así mismo los pórfidos de feldespato, cuarcífero y dacíta, relacionadas al Terciario. Esta actividad magmática e hidrotermal generó mineralización tipo diseminados, metasomatismo de contacto y vetas.



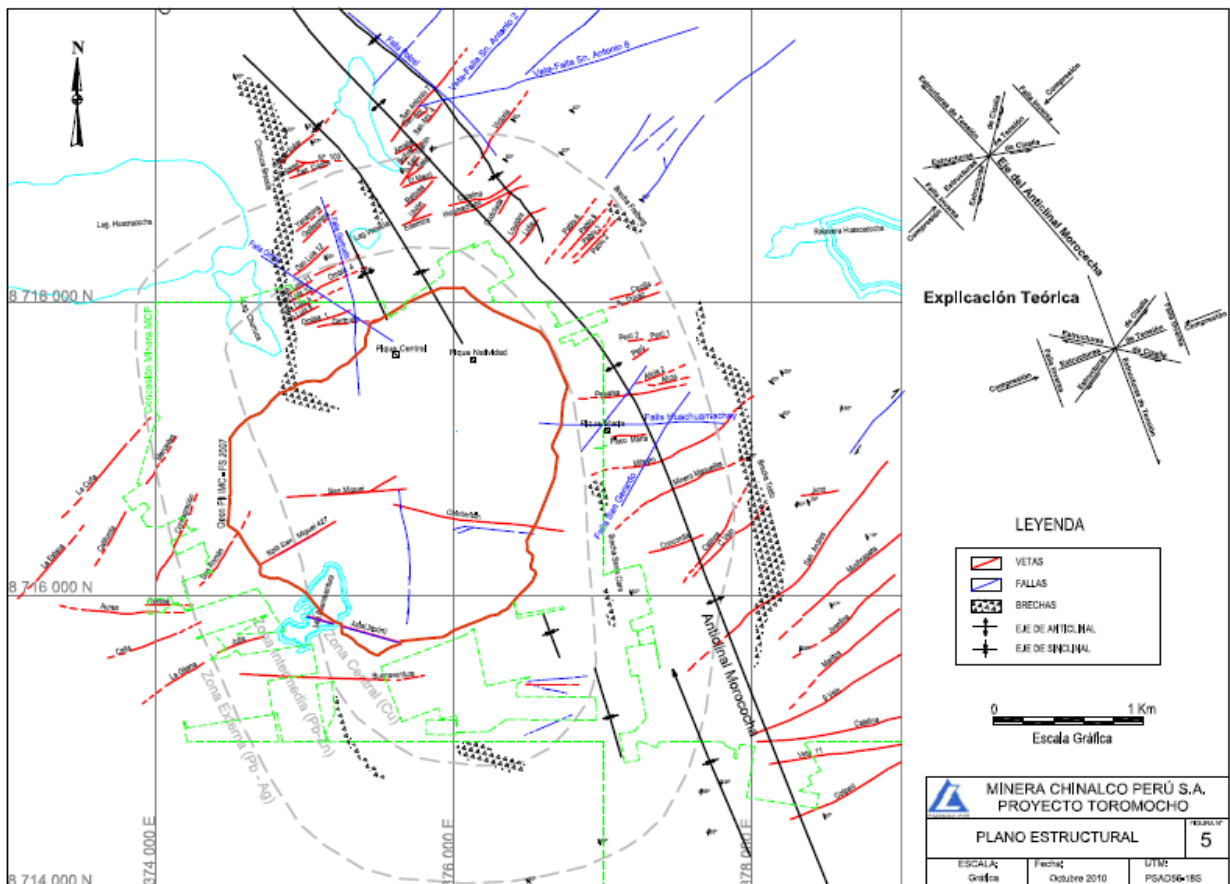
*Figura 3. Perfil geológico, área de proyecto
 Tomada del Área de Geología*

2.3.2. Geología estructural

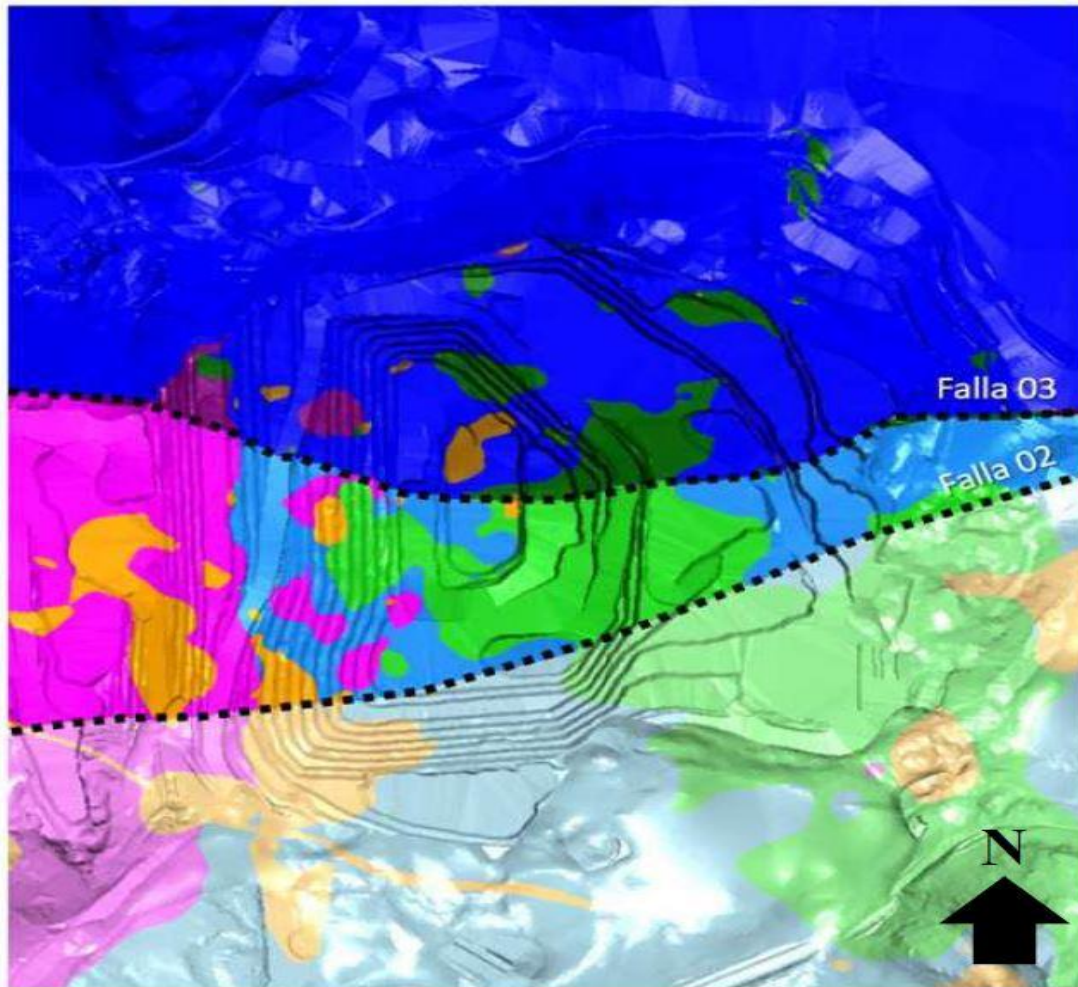
El tectonismo relacionado al área de estudio, permitió la generación de anticlinales como el de Morococha mediante fuerzas compresivas E-W, las que sufrieron posteriormente un grado de fracturamiento generando fallas inversas (Gertrudis y Toldo Potosí) paralelas al rumbo de las rocas sedimentarias.

Durante la era Incaica, en la cual se producto lineamientos NS y EW, generaron el emplazamiento de la diorita Anticona.

Otra estructura de vital importancia generada fue el domo de Yauli con dirección de N35°W de rumbo, con una extensión aproximada de 30 km, el cual está relacionado a la génesis del proyecto minero.



**Figura 4. Plano estructural
Tomada del Área de Geología**



DOMINIOS ESTRUCTURALES

- 1_JURASICO
- 1_GRANODIORITA
- 1_PORFIDOS TERCARIOS
- 1_DIORITA
- 2_JURASICO
- 2_GRANODIORITA
- 2_PORFIDOS TERCARIOS
- 2_DIORITA
- 3_JURASICO
- 3_GRANODIORITA
- 3_PORFIDOS TERCARIOS
- 3_DIORITA
- Fallas Principales

Figura 5. Dominios estructurales, zona de proyecto Tomada del Área de Geomecánica

2.3.3. Mineralización en el distrito de Morococha

La mineralización presente está asociada a sectores diseminados con estructuras *stockwork* con alteraciones hidrotermales presentes en sistemas pórfidos de Cu, Mo, Ag y otro sector asociado a cuerpos, vetas y mantos en sistemas tipo metasomatismo de contacto (*skarn*).

a) Mineralización en vetas

Relacionadas principalmente a la falla Huachuamachay y vetas proximales a sistemas mayores como son el *skarn* y el pórfido en sistemas tensionales con una variabilidad en potencia y mineralización irregular.

b) Mineralización en mantos

La mineralización que representa está asociada al manto Ombla, con 850 m de afloramiento y buzamiento de 20 a 60°. Los mantos principalmente asociados a la zona de exo *skarn* en calizas marmolizadas.

c) Mineralización en cuerpos (Zona Skarn)

Asociados principalmente a zonas de contacto entre un intrusivo (San Francisco – Gertrudis) y rocas sedimentarias, principalmente calizas del grupo Pucará, con presencia de alteraciones progradada (minerales calco silicatados) y retrogradada (minerales hidrotermales).

d) Mineralización en diseminaciones (Zona Pórfido)

Está asociada a zonas diseminadas y venilleos *stockwork* de Cu, Mo, asociados a pórfidos mineralizados de Cu. La característica de estos sistemas es su alteración hidrotermal de acuerdo a su temperatura de formación, compuesta por alteraciones hidrotermales (potásica, fílica, propilítica y argílica), principalmente asociado a los pórfidos granodiorita y feldespático.

2.4. Bases teóricas del estudio

La tesis analiza el control del *dig rate* y el grado de fragmentación en equipos de carguío a partir del resultado de la voladura mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación en la unidad minera.

Asimismo, para validar la hipótesis planteada se relacionará la dureza asociada a cada frente operacional con el *dig rate* y la granulometría en equipos de carguío.

2.4.1. Especificaciones técnicas de equipos de carguío

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se analizó palas eléctricas PL01, PL02, PL03 (Palas eléctricas CAT – modelo 7495 HF).

a) Equipos de carguío - Cargador frontal – modelo LT2350

Los equipos de carguío presentes en el área de producción son los cargadores frontales LT103 y LT104, de marca P&H - modelo Letorneau, de 40.52 m³ de capacidad de balde.



**Figura 6. Cargador frontal en Stock 01, P&H – modelo LT2350
Tomada del Área de Planeamiento**

Tabla 3. Capacidades, pesos y dimensiones operativas

	Levante estándar		Levante alto	
Capacidad del balde*	40.52 m ³	53 yardas ³	38.23 m ³	50 yardas ³
Carga útil operacional	72,574 kg	160,000 libras	68039 kg	150,000 libras
Cargas límite de equilibrio estático:				
Recto	184,300 kg	406,300 libras	164,200 kg	362,000 libras
Giro completo de 42°	172,100 kg	379,400 libras	153,300 kg	338,000 libras
Fuerza de rompimiento	1173 kN	263,702 libras	1290 kN	289,900 libras
Peso de operación	266,622 kg	587,00 libras	272,065 kg	599,800 libras

*Balde para roca estándar basado en una densidad de material de 1780 kg/m³ (3000 libras/yard³)

**Consulte la hoja de especificaciones de L-2350 para ver los valores de levante super altos.
Tomada de JoyGlobal**

b) Equipos de carguío - palas eléctricas CAT – modelo 7495 HF

Las palas eléctricas analizadas en el presente trabajo de investigación fueron PL1, PL2 y PL3 de marca Caterpillar – 7495 HF, de 109 ton de capacidad útil de balde.



**Figura 7. Pala eléctrica 02, polígono 4440, CAT – Modelo 7495 HF
Tomada del Área de Planeamiento**

Tabla 4. Especificaciones técnicas de pala eléctrica Caterpillar 7495 HF

Carga útil del balde

109 t

Capacidad del balde

30,6 a 62,7 m³ (40 a 82 yd³)

Peso de trabajo con balde y varillajes estándares

1431064 kg

Tomada de Cat.com

2.4.2. Consideraciones de producción

El proyecto minero Toromocho se relaciona a mineralización diseminada y venilleo tipo *stockwork*, presentes en sistemas tipo pórfido, con zonas de brecha hidrotermal asociada y zonas de metasomatismo de contacto presentes como sistemas tipo *skarn*. El proyecto minero de Cu, Ag y Mo, con una producción diaria promedio de 160 ktp, con leyes de Cu@ 0.64 %, Ag@ 6.63 gr/t y Mo@ 200 gr/t.

El plan de producción está relacionado a su litología, alteración asociada, dureza, arcillas, índice de volabilidad, etc. Uno de los grandes inconvenientes para el cumplimiento de los planes de producción es poder relacionar las propiedades antes mencionadas, así como la granulometría y su influencia en las etapas de carguío, acarreo y conminución. La litología asociada al plan de producción está relacionada al sector de intrusivos, zona de *skarn* y zona de *hornfels*. La alimentación de intrusivo representa el 41.13 %, el *skarn* representa el 38.29 % y la zona de *hornfels* el 20.57 %. Las alteraciones asociadas a estos tipos de litología son: alteración potásica (intrusivos) con un 41.13 %, *skarn* de actinolita con 7.99 %, *skarn* de serpentina con 30.31 % y *hornfels* con 20.57 %. La dureza asociada por tipo de roca y alteración está en el rango de 2.18 a 3.48, considerando de rocas suaves a medianamente duras en zonas de *skarn* y en zonas pórfido de dureza fuerte (zona potásica).

Tabla 5. Producción diaria, destino: chancadora - stock

PRODUCCIÓN - MINERAL

DESTINO CHANCADORA - STOCK

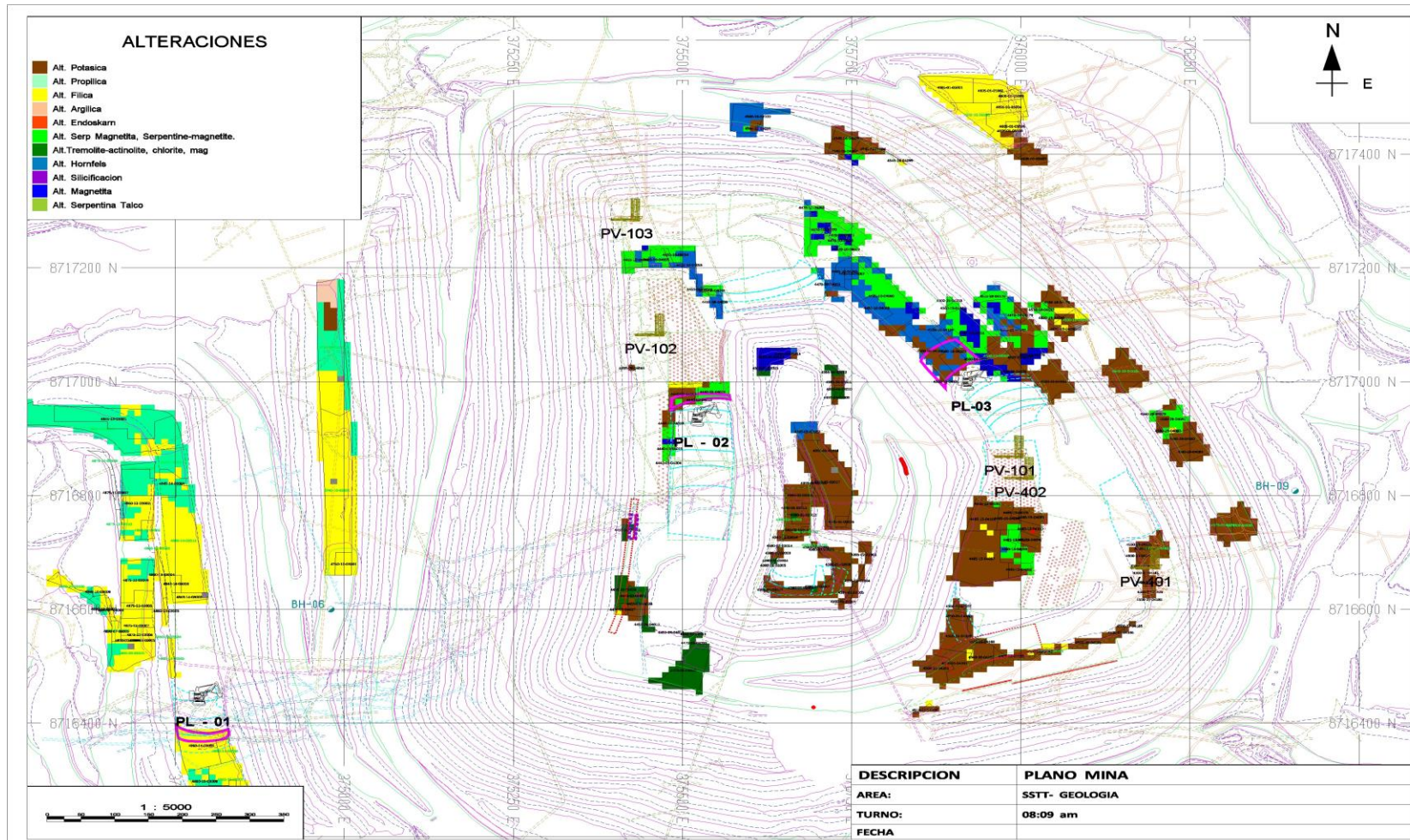
MINERAL A CHANCADORA

Equipo de Carguio	Polígonos	Ton	Cu%	Ag gr	BI	Dureza	Litología					Alteracion						
			Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	Skarn Serpentina	Hornfels		
PL2	4440-02-04016	17,000	0.849	4.95	14.20	2.18	0.000	0.000	14.939	59.344	25.717	14.939	0.000	12.450	46.894	25.717		
PL3	4500-16-04105	15,000	0.422	5.51	19.61	3.48	0.00	0.00	46.81	20.25	32.94	46.811	0.000	0.000	20.250	32.939		
LT103	Stock #03	20,000	0.350	6.34	16.00	3.00	0.00	0.00	91.71	6.15	2.14	91.71	0.00	5.20	0.95	2.14		
LT104	Stock #01	20,000	0.708	4.22	16.50	2.51	0.00	0.00	32.69	46.99	20.32	32.297	0.392	10.731	36.264	20.316		
LT103	Stock #02	10,000	1.144	4.09	15.59	2.65	0.000	0.000	9.781	80.000	10.219	9.78	0.00	9.85	70.15	10.22		
EX101	Stock #05	8,000	0.562	22.27	9.48	2.35	0.000	0.000	20.000	33.871	46.129	20.000	0.000	11.241	22.630	46.129		
Ton Total		90,000	0.64	6.63	15.75	2.72	0.000	0.000	41.13	38.29	20.57	41.045	0.087	7.99	30.31	20.57		
									100.00									41.13

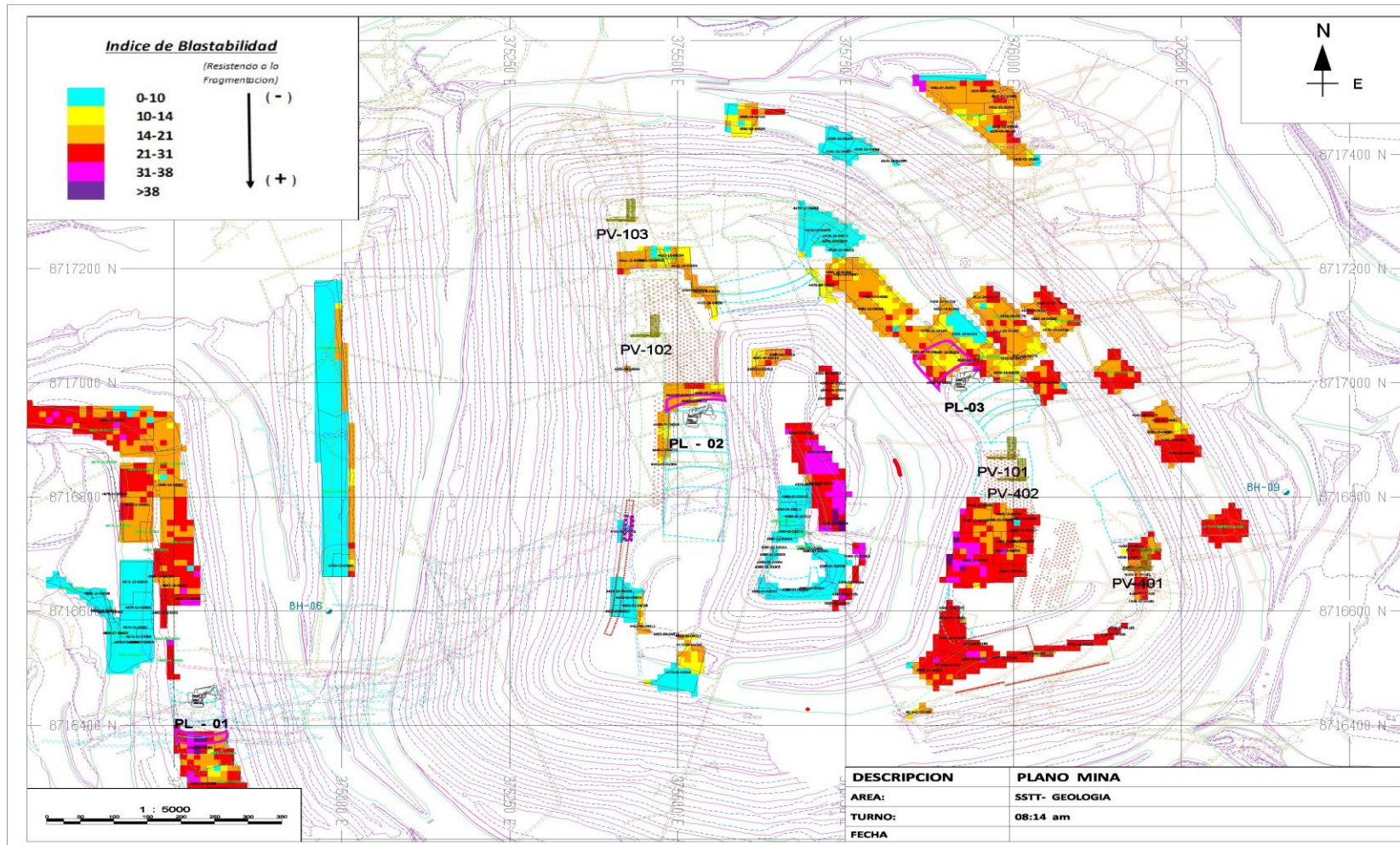
MINERAL A STOCK

Stock	Equipo de Carguio	Polígonos	Ton	Cu	Ag	BI	Dureza	Litología					Alteracion				
				Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	BXFI	BXFS	Intrusivo	skarn	Hornfels	Intrusivo A	Intrusivo B	Skarn Actinolita	Skarn Serpentina	Hornfels
Stock #01	PL1	4860-14-03005	45,000	0.286	3.43	29.45	3.61	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	0.00
Stock #01	PL2	4440-02-04012	21,000	0.294	2.67	17.04	2.88	0.00	0.00	47.22	42.65	10.14	47.22	0.00	13.05	29.59	10.14
Stock #01	PL3	4500-16-04102	16,000	0.293	3.30	14.14	3.06	0.00	0.00	49.33	7.85	42.82	49.333	0.000	0.198	7.648	42.821
Stock #01	PL3	4500-16-04103	8,000	0.352	5.79	17.94	3.09	0.000	0.000	23.903	51.440	24.657	23.903	0.000	5.576	45.864	24.66
Stock #01	PL3	4500-16-04105	11,000	0.422	5.51	19.61	3.48	0.00	0.00	46.81	20.25	32.94	46.81	0.00	0.00	20.25	32.94
Ton Total		101,000	0.31	3.66	22.46	3.31	0.00	0.00	69.18	16.39	14.43	24.62	44.55	3.19	13.20	14.43	

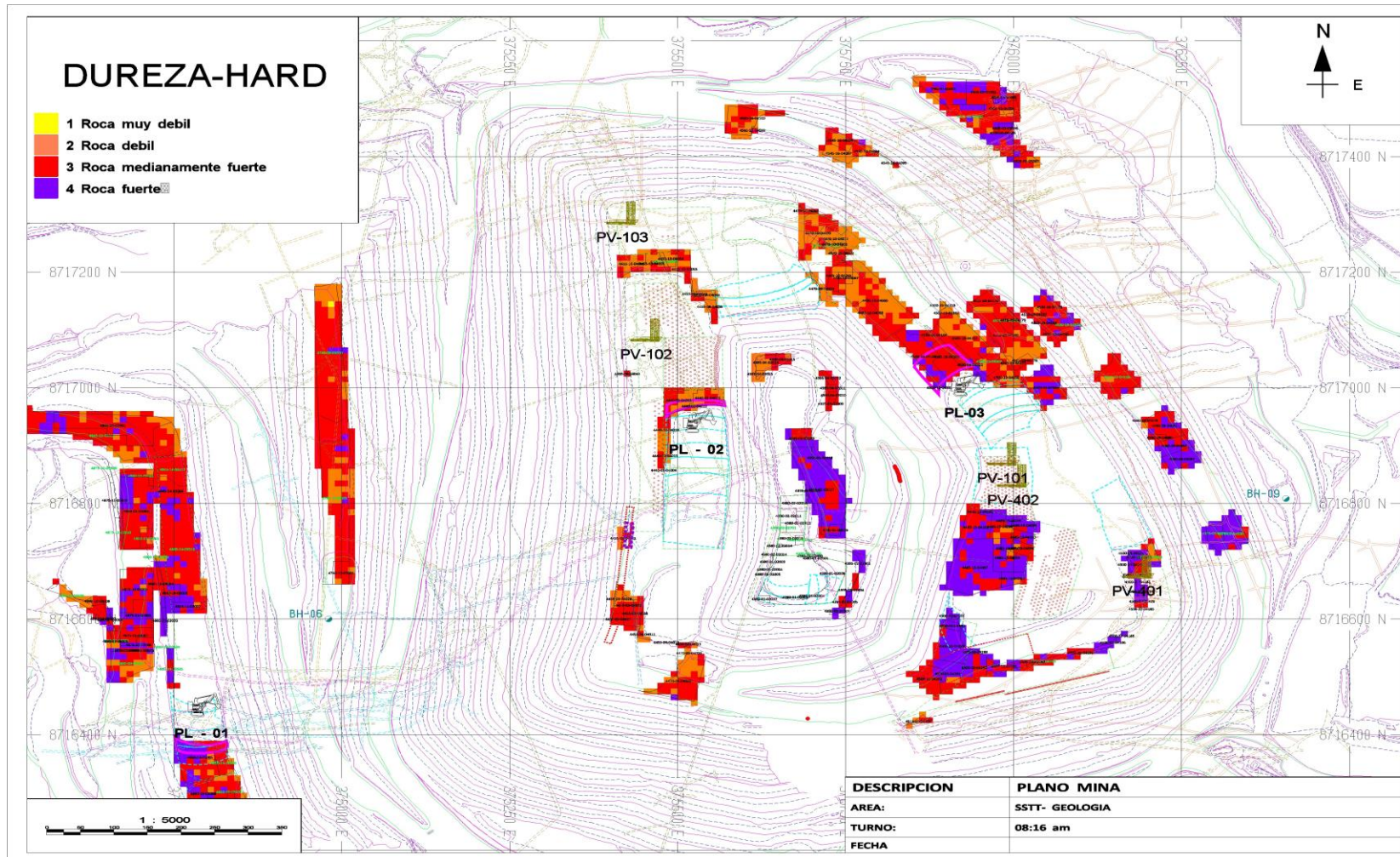
Tomada del Área de Planeamiento



**Figura 8. Plano de alteraciones hidrotermales, turno A, zona pórfido y skarn
Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 9. Plano de índice de blastabilidad, zona pórfido y skarn
Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 10. Plano de dureza, zona pórfido y skarn
Tomada del Área de Planeamiento**

2.4.3. Consideraciones litológicas y factor de potencia

La tesis analiza las diferentes mallas de perforación y voladura de acuerdo con la variabilidad geológica presente en la unidad minera.

De acuerdo con el modelo geológico identificado se diferenciaron sectores de: intrusivos (pre mineral diorita, pórfidos y granodiorita) y secuencias sedimentarias (*hornfels* y *skarn*), considerando cada uno con su dureza respectiva.

Asimismo, el rango de dureza relacionado al factor de potencia incide directamente en el grado de fragmentación y *dig rate* relacionado a los equipos de carguío. Por tal motivo, el rango de dureza se clasificó en: roca suave asociado a *skarn* (0.0 – 2.0) con factor de potencia 0.31 kg/t, roca medianamente suave asociada a *skarn* (2.0 – 2.5) con factor de potencia 0.40 kg/t, roca dureza media asociado a *hornfels* (2.5 – 3.0) con factor de potencia 0.44 kg/t, roca medianamente dura en intrusivos B (3.0 – 3.5) con factor de potencia 0.55 kg/t y roca dura en intrusivos A (3.5 – 5.0) con factor de potencia de 0.90 kg/t.

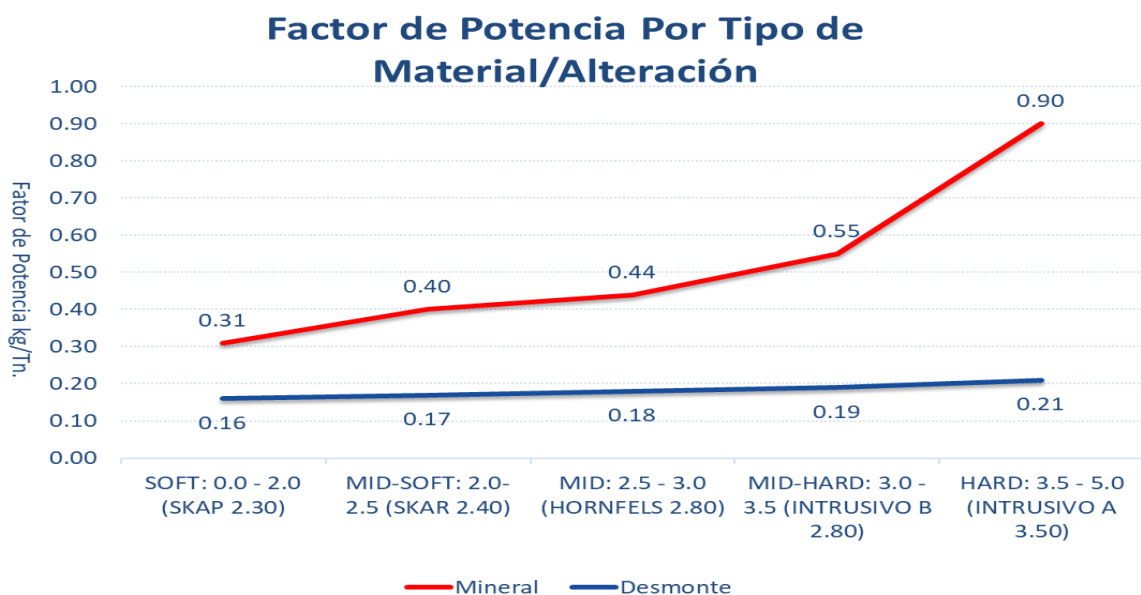


Figura 11. Rango de dureza asociado al factor de potencia en diferentes litologías Tomada del Área de Planeamiento

- Pre-mineral: DIORITA
- Secuencias sedimentarias Jurásicas: HORNFEEL + SKARN + CALIZAS + ...
- Intrusivos terciarios: PORFIDOS + GRANODIORITA

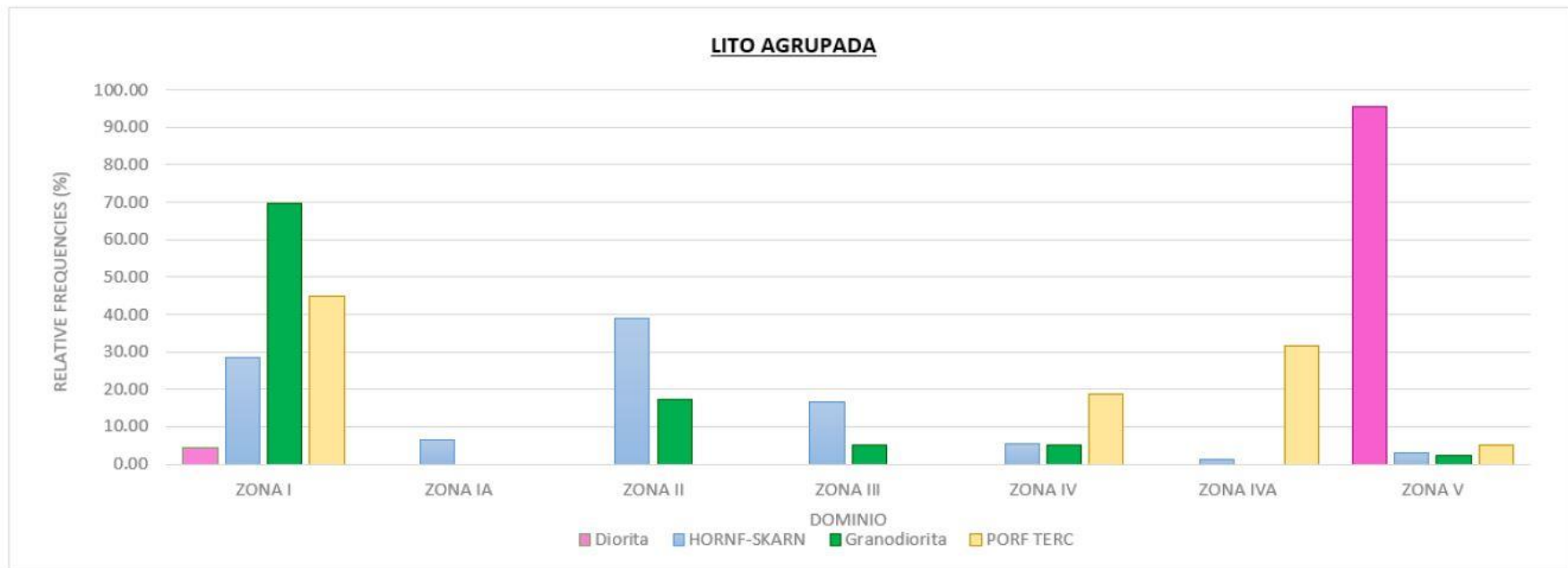


Figura 12. Rango de frecuencia de diferentes dominios geológicos presentes en el área de estudio Tomada del Área de Planeamiento

Se tiene definido un factor de potencia para cada alteración en los tipos de material (mineral y desmonte), tomando en cuenta la dureza de la roca. se describe en párrafo anterior asociada a las diferentes alteraciones presentes.

La variación mensual del factor de potencia se debe a la variación de los tonelajes ejecutados en las diferentes alteraciones del macizo rocoso.

2.4.4. Consideración del grado de fragmentación

Uno de los grandes efectos que considera y mide la rentabilidad operacional es controlar y mejorar las variables que influye la perforación y voladura en diferentes áreas de producción.

Un buen resultado de la voladura que influye directamente en la granulometría está directamente relacionado al diseño de malla de perforación producto del estudio detallado de la litología presente, su alteración hidrotermal asociada, las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, etc.

La granulometría influye directamente en la rentabilidad operacional (mina y planta), producto del incremento de costos operacionales.

Controlar el grado de fragmentación en material post voladura, estará asociado al desplazamiento y proyección de material, al P80 y finos requeridos por planta, para el cumplimiento del plan de minado.

El resultado de la granulometría influye directamente en los indicadores operacionales de los procesos unitarios de carguío y acarreo, así como el consumo de energía en la etapa de conminución.

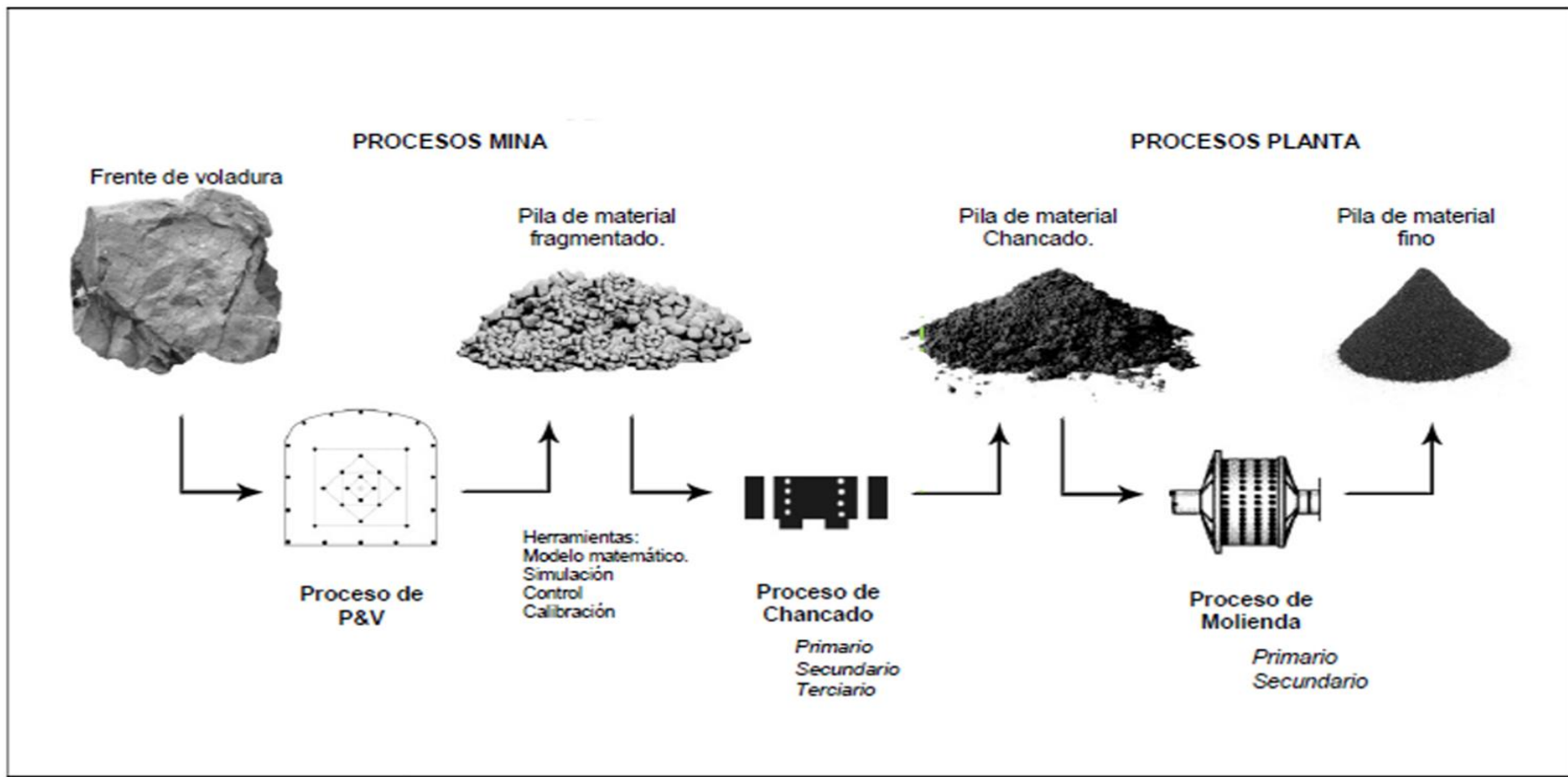


Figura 13. Proceso de fragmentación y su influencia en el proceso mina - planta

El trabajo considera la relación de la granulometría con los KPis de los equipos de carguío, esta se relaciona con el parámetro del *dig rate*, el cual considera las toneladas por hora (t/h) de material cargado.

El *dig rate* de cada equipo de carguío será relacionado con la dureza de la roca y el factor de potencia y así determinar la influencia que incide la granulometría en el rendimiento de equipos.

2.4.5. Consideraciones de mallas de perforación

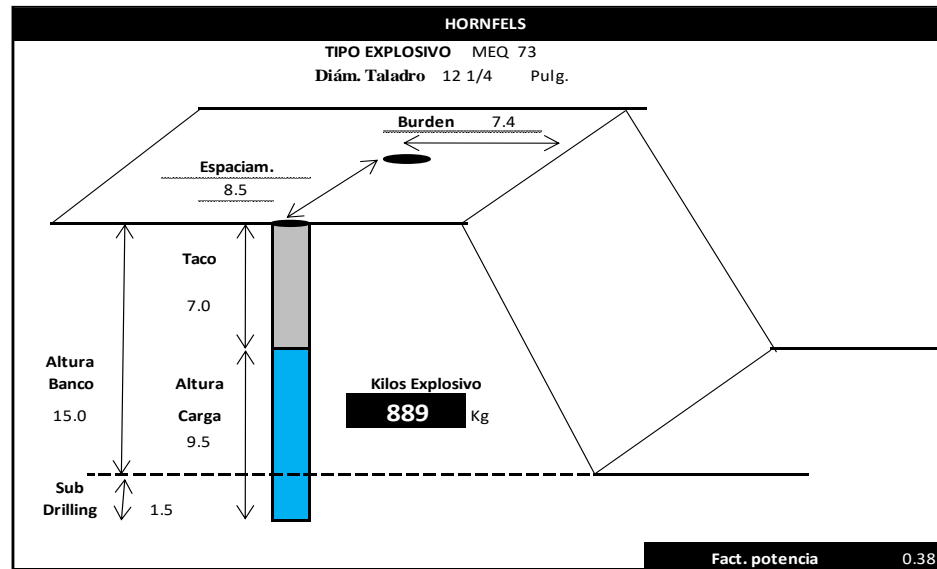
Para determinar el control del *dig rate* y granulometría en equipos de carguío se analizó de acuerdo con el tipo de alteración asociada a su malla de perforación y voladura respectiva. Las alteraciones hidrotermales analizados han sido considerados como: alteración *hornfels* (ambiente metamórfico), alteración potásica (intrusivo, ambiente pórfido) y alteración metasomática o *skarn* (alteración magnetita, alteración serpentina - magnetita y alteración tremolita - actinolita).

La alteración potásica asociada principalmente a sistemas pórfido de Cu, Ag y Mo, siendo considerada con rangos de dureza: intrusivo B de dureza intermedia con un rango de 3.0 a 3.5 y factor de potencia de 0.56 kg/t y el intrusivo A de dureza alta con un rango de 3.5 a 5.0 y factor de potencia de 0.79 kg/t.

La alteración *hornfels*, asociada a ambientes metamórficos o zonas de *skarn*, cuya roca original es la caliza considera un rango de dureza de 2.5 a 3.0 y un factor de potencia de 0.38 kg/t. La alteración *skarn*, asociada principalmente a las alteraciones estudiadas (alteración magnetita, alteración serpentina - magnetita y alteración tremolita – actinolita) considerando un rango de dureza de 2.0 a 2.5 y factor de potencia de 0.36 kg/t.

Los parámetros de perforación y voladura en las 3 áreas estudiadas: zona *hornfels*, zona intrusivo y zona *skarn*, se describen a continuación:

MID: 2.5 - 3.0 (HORNFELS 2.80)		
DATOS GENERALES		
DENSIDAD ROCA	gr/cc	2.5
Parámetros de Perforación		
ALTURA DE BANCO	m.	15.0
DIAMETRO DE BROCA	Pulg.	12 1/4
MALLA		8.5 x 7.4
ESPACIAMIENTO	m.	8.5
BURDEN	m.	7.4
SUB DRILLING	m.	1.5
ALTURA TALADRO	m.	16.5
FACTOR ESBELTEZ		2.2
Parametros de voladura		
Tipo explosivo		MEQ 73
Nitrato Quantex		29.1%
Emulsión Gasificada		69.7%
Nitrito de Sodio		0.3%
Diesel		0.9%
Densidad Explosivo	gr/cc	1.375
Densidad lineal	kg/m.	104.6
Altura de carga	m.	8.5
Factor de esponjamiento	m.	1.0
Retenedor de energía "Conical"	Unid	1.0
Taponex	Unid	
Wayra	Unid	
Mangas	Unid	
Taco	m.	7.0
Carga/ Taladro	kg/Tal	889
Altura por taponex		0
Altura poe Wayra		0
Altura de carga con accesorios		8.5
TONELAJE		
TEORICO	Ton.	2346
FACTOR DE POTENCIA		
	kg/Ton.	0.38



**Figura 14. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – zona hornfels
Tomada del Área de Planeamiento**

MID-SOFT: 2.0- 2.5 (USKSM 2.4)		
DATOS GENERALES		
DENSIDAD ROCA	gr/cc	2.5
Parámetros de Perforación		
ALTURA DE BANCO	m.	15.0
DIAMETRO DE BROCA	Pulg.	12 1/4
MALLA		9 x 7.8
ESPACIAMIENTO	m.	9.0
BURDEN	m.	7.8
SUB DRILLING	m.	1.5
ALTURA TALADRO	m.	16.5
FACTOR ESBELTEZ		2.1
Parametros de voladura		
Tipo explosivo		MEQ 73
Nitrato Quantex		29%
Emulsión Gasificada		70%
Nitrato de Sodio		0.3%
Diesel		0.9%
Densidad Explosivo	gr/cc	1.375
Densidad lineal	kg/m.	104.6
Altura de carga	m.	9.0
factor de Esponjamiento	m.	1.0
Retenedor de energía "Conical"	Unid	1.0
Taponex	Unid	
Wayra	Unid	
Mangas	Unid	
Taco	m.	6.5
Carga/ Taladro	kg/Tal	942
Altura por taponex		0
Altura poe Wayra		0
Altura de carga con accesorios		9.0
TONELAJE		
TEORICO	Ton.	2631
FACTOR DE POTENCIA		
	kg/Ton.	0.36

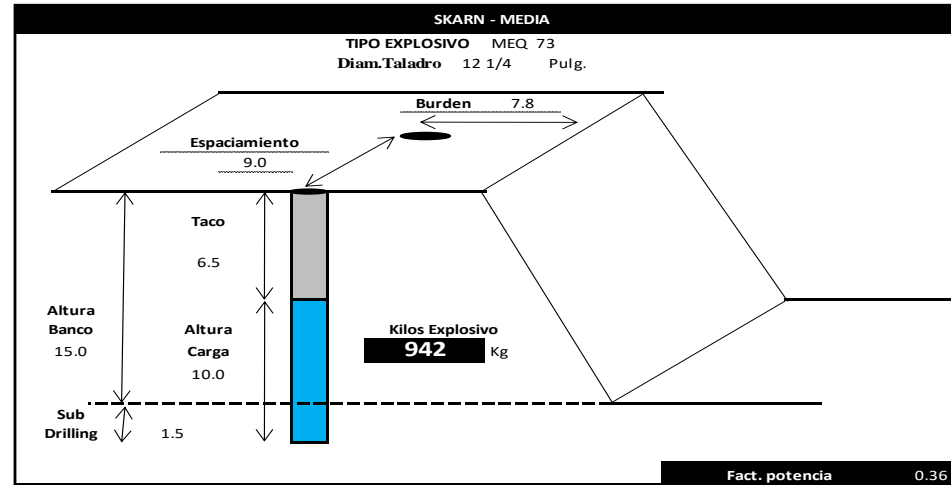
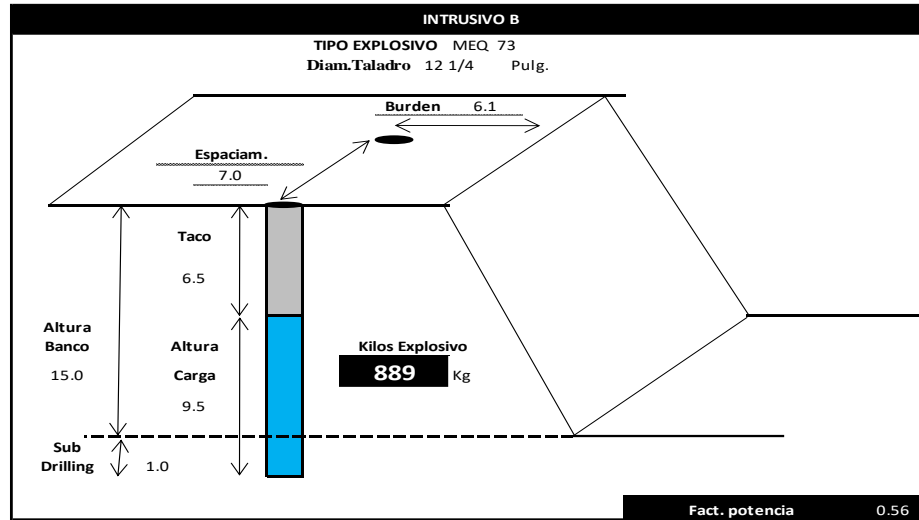


Figura 15. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – zona skarn Tomada del Área de Planeamiento

MID-HARD: 3.0 - 3.5 (INTRUSIVO B 2.80)		
DATOS GENERALES		
DENSIDAD ROCA	gr/cc	2.5
Parámetros de Perforación		
ALTURA DE BANCO	m.	15.0
DIAMETRO DE BROCA	Pulg.	12 1/4
MALLA		7 x 6.1
ESPACIAMIENTO	m.	7.00
BURDEN	m.	6.1
SUB DRILLING	m.	1.0
ALTURA TALADRO	m.	16.0
FACTOR ESBELTEZ		2.6
Parametros de voladura		
Tipo explosivo		MEQ 73
Nitrato Quantex		29.1%
Emulsión Gasificada		69.7%
Nitrito de Sodio		0.3%
Diesel		0.9%
Densidad Explosivo	gr/cc	1.375
Densidad lineal	kg/m.	104.6
Altura de carga	m.	8.5
Factor de esponjamiento	m.	1.0
Retenedor de energía "Conical"	Unid	2.0
Taponex	Unid	
Wayra	Unid	
Mangas	Unid	
Taco	m.	6.5
Carga/ Taladro	kg/Tal	889
Altura por taponex		0
Altura poe Wayra		0
Altura de carga con accesorios		8.5
TONELAJE		
TEORICO	Ton.	1591.32
FACTOR DE POTENCIA		
	kg/Ton.	0.56



**Figura 16. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – intrusivo B
Tomada del Área de Planeamiento**

HARD: 3.5 - 5.0 (INTRUSIVO A 3.50)		
DATOS GENERALES		
DENSIDAD ROCA	gr/cc	2.5
Parámetros de Perforación		
ALTURA DE BANCO	m.	15.0
DIAMETRO DE BROCA	Pulg.	12 1/4
MALLA		5.7 x 4.9
ESPACIAMIENTO	m.	5.7
BURDEN	m.	4.9
SUB DRILLING	m.	1.0
ALTURA TALADRO	m.	16.0
FACTOR ESBELTEZ		3.2
Parametros de voladura		
Tipo explosivo		MEQ 73
Nitrato Quantex		29.1%
Emulsión Gasificada		69.7%
Nitrito de Sodio		0.3%
Diesel		0.9%
Densidad Explosivo	gr/cc	1.375
Densidad lineal	kg/m.	104.6
Altura de carga	m.	8.0
Factor de esponjamiento	m.	1.0
Retenedor de energía "Conical"	Unid	2.0
Taponex	Unid	1.0
Wayra	Unid	1.0
Mangas	Unid	
Taco	m.	7.0
Carga/ Taladro	kg/Tal	837
Altura por taponex		0
Altura poe Wayra		0
Altura de carga con accesorios		8.0
TONELAJE		
TEORICO	Ton.	1055
FACTOR DE POTENCIA		
	kg/Ton.	0.79

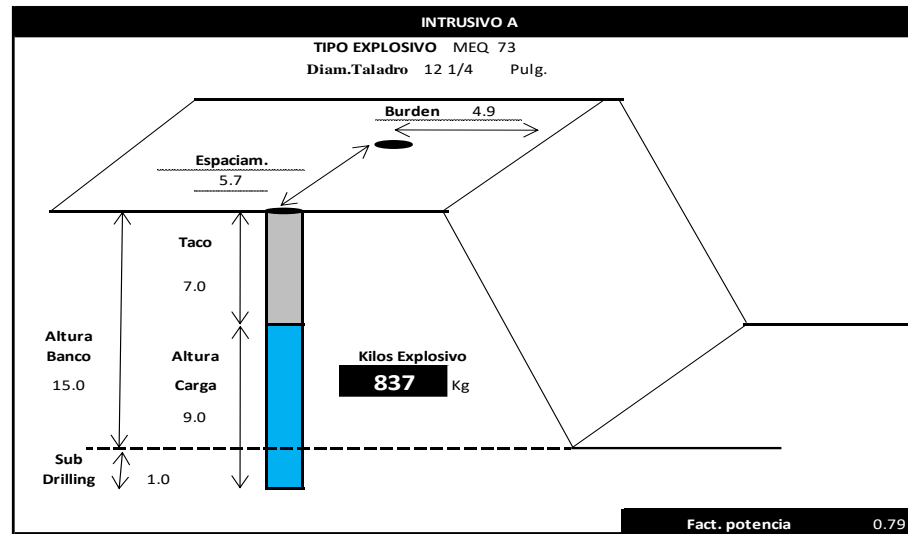


Figura 17. Parámetros y diseño de malla de perforación y voladura – intrusivo A Tomada del Área de Planeamiento

Los parámetros de perforación y voladura fueron analizados de acuerdo con sus alteraciones hidrotermales presentes, siendo estos: zona *hornfels*, zona intrusivo y zona *skarn*.

Cada una de estas zonas consideran alteraciones hidrotermales típicas de estos ambientes como alteración *hornfels* con mallas de 8.5 x 7.4 m, alteración potásica con mallas de 5.7 x 4.9 m y alteración *skarn* con mallas de 9.0 x 7.8 m.

Para determinar el control del *dig rate* y grado de fragmentación en equipos de carguío, se analizará la influencia que generan el diseño de mallas de perforación y voladura en cada una de las zonas de alteración hidrotermal.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

El trabajo de tesis considera una investigación aplicada, donde el propósito es dar solución a un problema práctico. El trabajo es de un nivel de investigación explicativo en el que se analiza las diferentes mallas de perforación y voladura con la finalidad de controlar el *dig rate* y granulometría en equipos de carguío.

a) Método general

La tesis aplica el método inductivo – deductivo, ya que permitirá realizar el análisis de la granulometría en diferentes dominios geológicos y su control con el *dig rate* en equipos de carguío en la unida minera.

b) Métodos específicos

Se relaciona a los resultados post voladura obtenidos en diferentes dominios geológicos y su malla de perforación y voladura respectiva, donde se considera: tonelaje producido, dureza, factor de potencia, malla de perforación, granulometría y *dig rate* en equipos de carguío, descritos a continuación:

- **Recopilación de informes anteriores.** Se consideró la obtención de informes y reportes de periodos anteriores del master de perforación y voladura, así como

del área de geología y geomecánica, para el análisis de la tasa de excavación en los equipos de carguío.

- **Trabajo de campo.** Se realiza la observación, considerando todo el proceso de perforación, voladura y carguío, y su relación en diferentes frentes operacionales.
- **Trabajo de gabinete.** Se analizó y evaluó el tonelaje producido, dureza, factor de potencia, malla de perforación, granulometría y *dig rate* en equipos de carguío.
- **Resultados.** Los resultados obtenidos se analizarán e interpretarán, considerando la voladura y su influencia en el control del grado de fragmentación y el *dig rate* en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación considera el análisis del resultado de la voladura mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación de acuerdo con sus dominios geológicos y geomecánicos y el control de la granulometría y *dig rate*, asociado a equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.

3.2.1 Tipo de diseño de investigación

La investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). Se desarrolló y analizó en 2 periodos para su análisis correspondiente, relacionados al proceso unitario de carguío en Minera Chinalco Perú S. A.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Pertenece a la empresa Minera Chinalco Perú S. A. asociada al proceso de perforación y voladura.

3.3.2 Muestra

Relacionado a los quipos de carguío, pala eléctrica CAT 7495 (PL01, PL02 y PL03).

3.3.3 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Observación de campo - perforación y voladura
- ✓ Recolección de información (master de equipos de carguío)
- ✓ Formatos en equipos de carguío

3.3.4 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Tablas de perforación y voladura
- ✓ Ficha de datos en equipos de carguío

CAPÍTULO IV

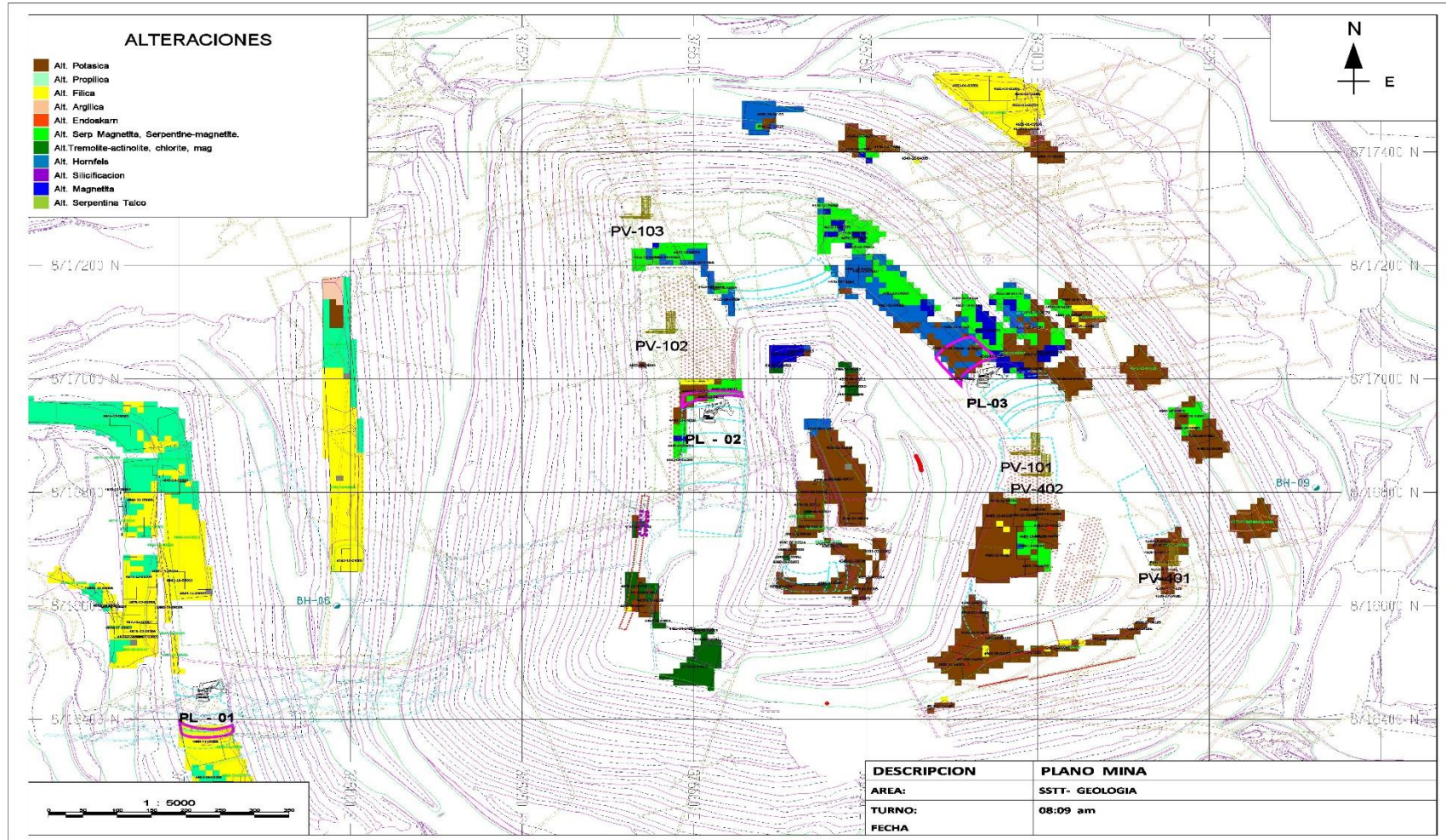
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

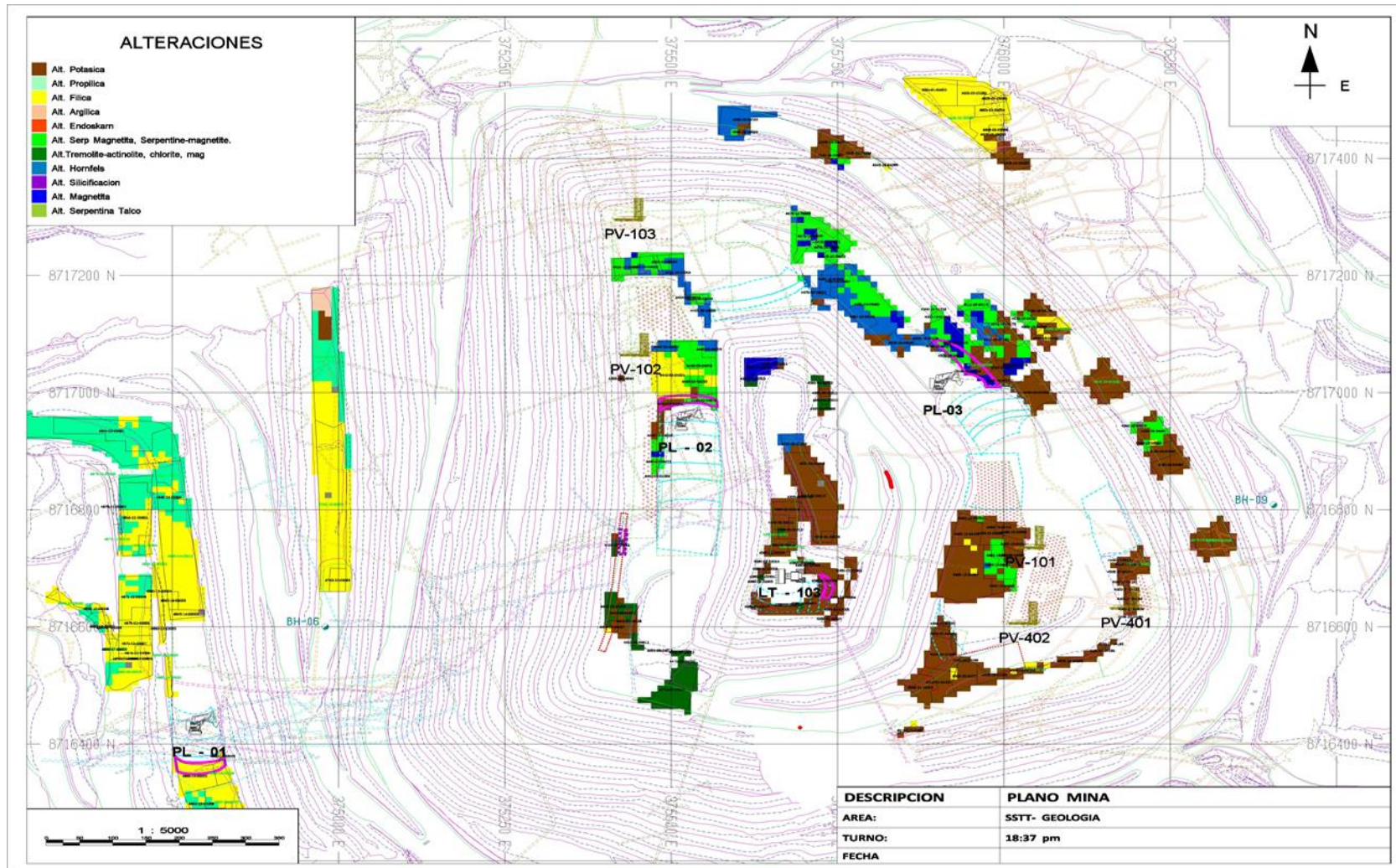
El trabajo analiza e interpreta el control del *dig rate* (tasa de excavación) y granulometría relacionados a equipos de carguío, considerando diferentes mallas de perforación y voladura de los sectores asociados a la zona de *hornfels* (alteración *hornfels*, metamórfico), la zona intrusivos (alteración potásica) y zona *skarn* (alteración magnetita, alteración serpentina - magnetita y alteración tremolita – actinolita) en la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

Se realizó el estudio durante los periodos de enero a marzo y de abril a junio, analizando las variables asociados al rendimiento de equipos de carguío en la unidad minera.

Durante los meses de evaluación, se consideró el análisis del factor de potencia, granulometría (P80) en las palas eléctricas PL1, PL2 y PL3, relacionando al *dig rate* y sus costos, considerando la zona de pórfido y zona de *skarn*.



**Figura 18. Plano de alteración hidrotermal, turno A, zona pórfido y skarn
Tomada del Área de Planeamiento**



**Figura 19. Plano de alteración hidrotermal, turno B, zona pórfido y skarn
Tomada del Área de Planeamiento**

4.1.1 Análisis de la malla de perforación y voladura

Durante el presente estudio se presentó las mallas de perforación y voladura de las tres zonas a ser analizados con sus respectivas alteraciones hidrotermales presentes, siendo estas: la zona *hornfels*, la zona de intrusivos y la zona *skarn*.

a) Zona *hornfels*

La zona *hornfels* es considerado un sector metamórfico importante en los diferentes frentes operacionales. Esta roca asociada a ambientes de metasomatismo de contacto (ambientes metamórficos), comúnmente de grano fino considera un rango de dureza media de 2.5 a 3.0 y un promedio de 2.8, con una densidad media de roca de 2.5 gr/cc.

Los parámetros de perforación, considera una altura de banco de 15 metros, diámetro de broca de 12 ¼ pulgadas, con malla de 8.5 x 7.4 metros, con sobre perforación de 1.5 metros y longitud de taladro de 16.5 metros.

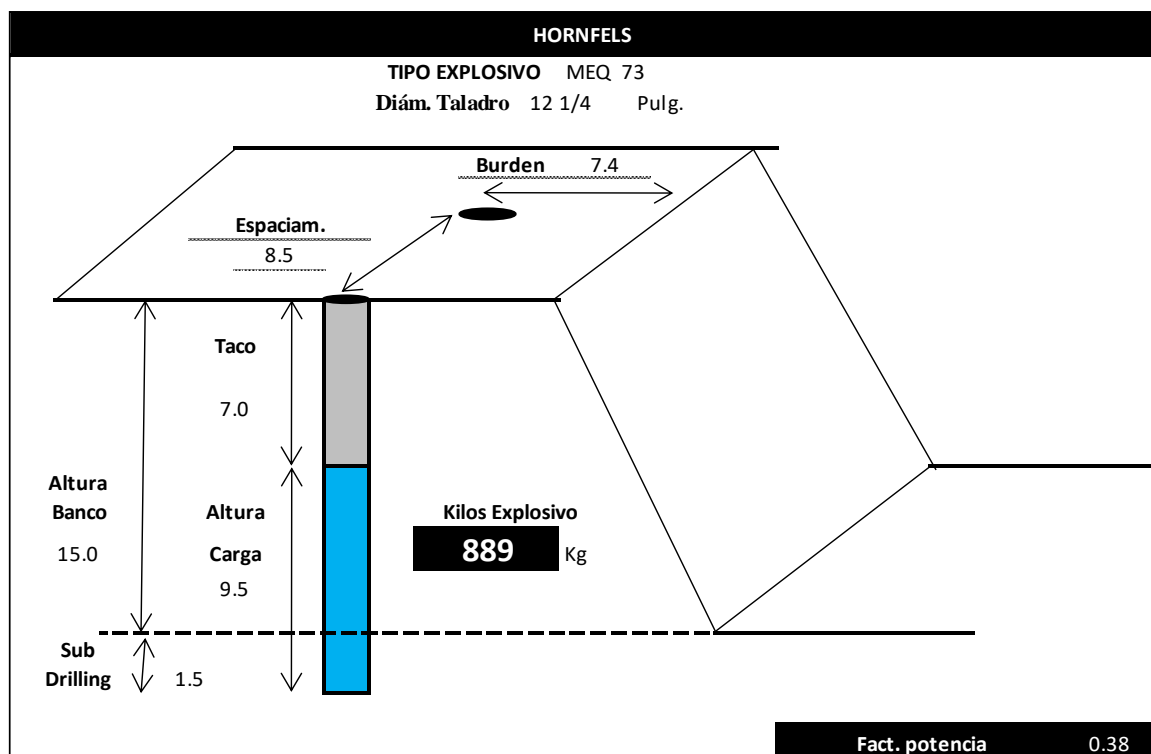


Figura 20. Diseño malla PyV - hornfels
Tomada del Área de Planeamiento

b) Zona de intrusivo

La zona de intrusivos, asociado a ambientes de mayor temperatura, considera intrusivos terciarios tipo pórfido y granodiorítico, considera un rango de dureza media a alta de 3.0 a 3.5 y de 3.5 a 5.0, con una densidad media de roca de 2.5 gr/cc.

Los parámetros de perforación en intrusivos semi duros, considera una altura de banco de 15 metros, diámetro de broca de 12 ¼ pulgadas, con malla de 7.0 x 6.1 metros, con sobre perforación de 1.0 metros y longitud de taladro de 16.0 metros.

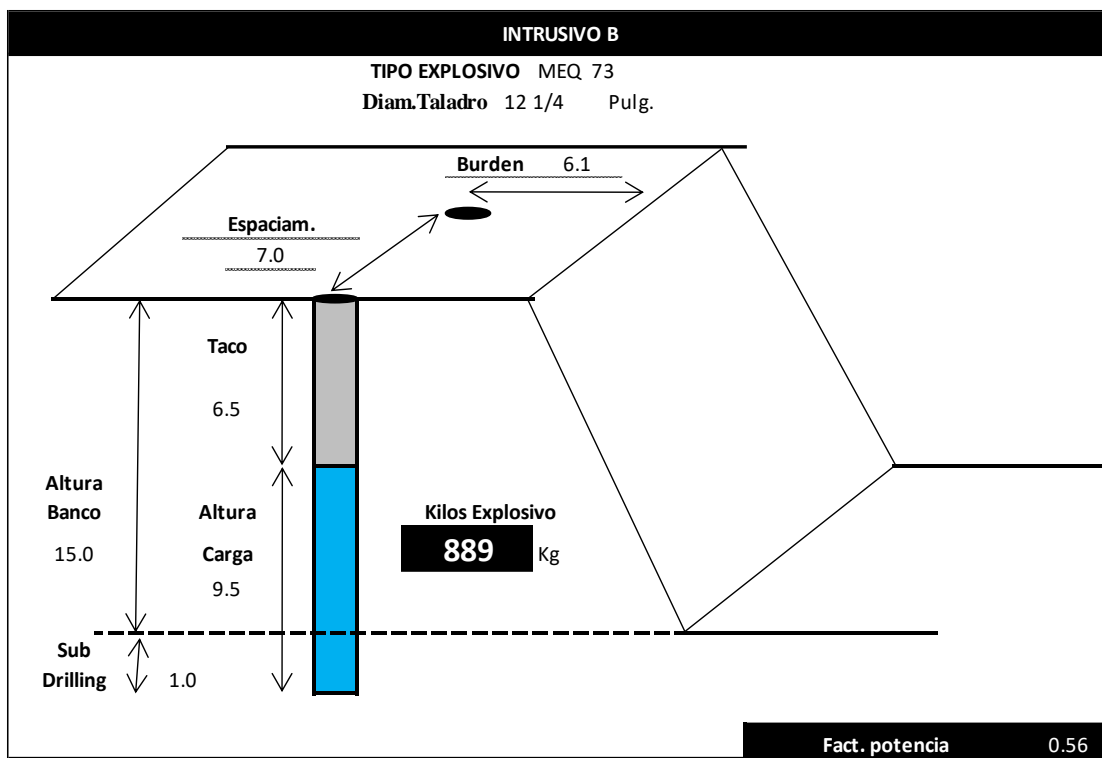
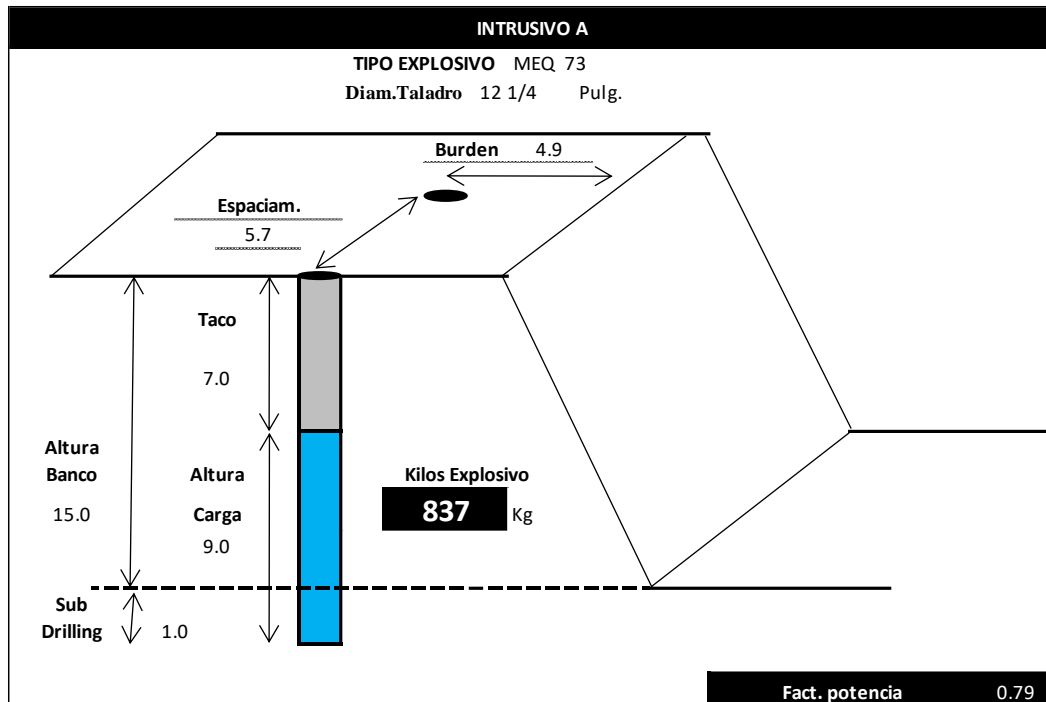


Figura 21. Diseño malla PyV - intrusivo tipo B
Tomada del Área de Planeamiento

Los parámetros de perforación en intrusivos de dureza alta, considera una altura de banco de 15 metros, diámetro de broca de 12 ¼ pulgadas, con malla de 5.7 x 4.9 metros, con sobre perforación de 1.0 metro y longitud de taladro de 16.0 metros.

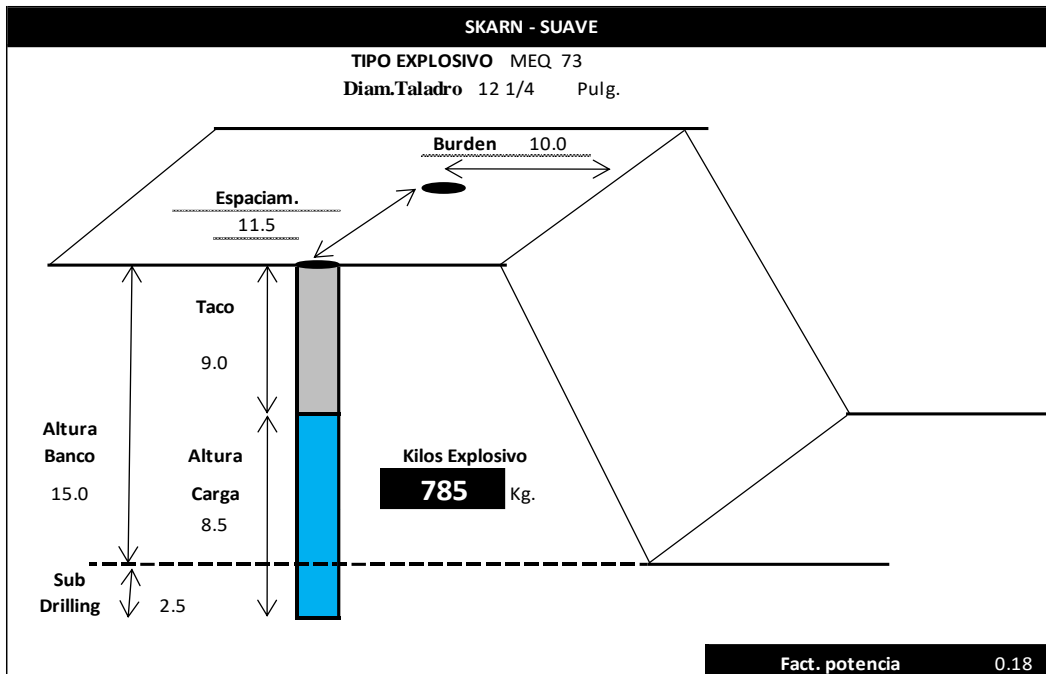


**Figura 22. Diseño malla PyV - intrusivo tipo A
Tomada del Área de Planeamiento**

c) Zona skarn

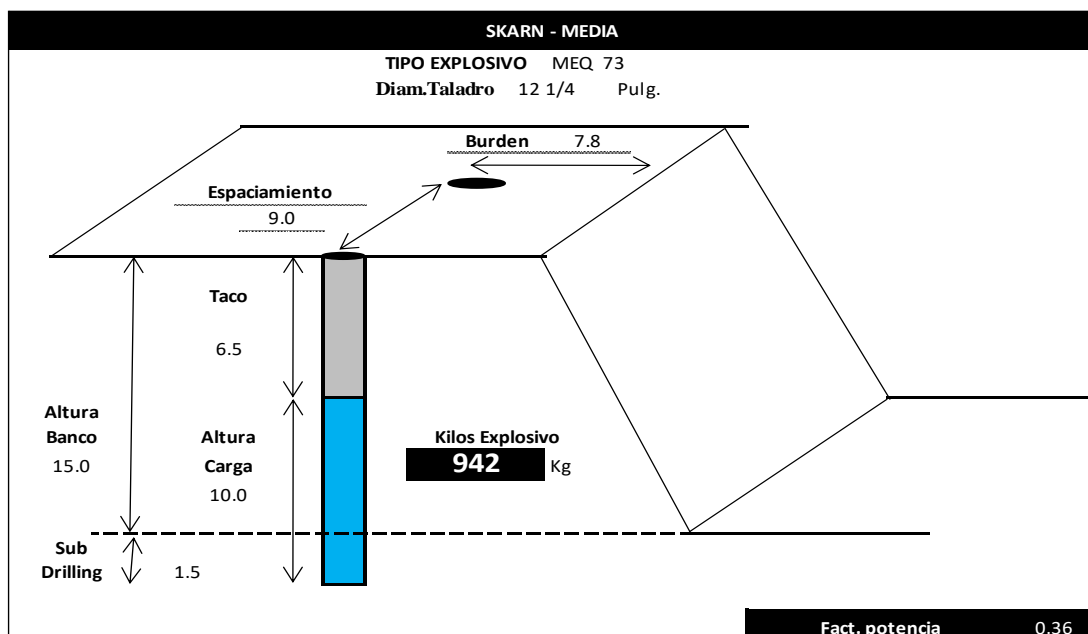
La zona de *skarn* asociado a ambientes de metasomatismo de contacto con presencia de alteraciones progradada (etapa anhidra) y retrogradada (etapa hidrotermal), con presencia importante en los diferentes frentes operacionales. Las alteraciones analizadas en el presente estudio fueron: alteración magnetita, alteración serpentina - magnetita y alteración tremolita – actinolita, considera un rango de dureza suave a media con rangos de 0.0 a 2.0 y de 2.0 a 2.5, con una densidad media de roca de 2.5 gr/cc.

Los parámetros de perforación en *skarn* de dureza suave, considera una altura de banco de 15 metros, diámetro de broca de 12 ¼ pulg, con malla de 11.5 x 10.0 metros, con sobre perforación de 2.5 metros y longitud de taladro de 17.5 metros.



**Figura 23. Diseño malla PyV - skarn dureza suave
Tomada del Área de Planeamiento**

Los parámetros de perforación en *skarn* de dureza media considera una altura de banco de 15 metros, diámetro de broca de 12 ¼ pulgadas, con malla de 9.0 x 7.8 metros, con sobre perforación de 1.5 metros y longitud de taladro de 16.5 metros.



**Figura 24. Diseño malla PyV - skarn dureza media
Tomada del Área de Planeamiento**

4.1.2 Análisis de la dureza por alteración hidrotermal

Para entender el comportamiento de la dureza de mineral por alteración hidrotermal, se realizó el análisis del dig rate y granulometría, como resultado de la voladura, durante los periodos de estudio, de los meses de enero a marzo y los meses de abril a junio.

a) Análisis dureza periodo enero a marzo

Para los meses de enero a marzo la dureza promedio en la zona *hornfels* fue de 2.41, siendo el rango de dureza de 2.5 a 3.0, considerado como dureza media.

En la zona del intrusivo, asociada a una alteración potásica, la dureza promedio fue de 3.28, siendo el rango de dureza de 3.0 a 5.0, considerado como dureza media a alta.

Finalmente, en la zona de *skarn*, asociada a la alteración magnetita con dureza media de 2.5, la alteración serpentina – magnetita con una dureza media de 3.09 y la alteración tremolita – actinolita con una dureza media de 2.5, todo este sector asociada a una dureza media de 2.7, considerado como una dureza media a alta en 2.7.

Tabla 6. Relación de dureza – alteración hidrotermal, enero a marzo

RELACIÓN DUREZA - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
ENERO A MARZO						
	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			
MES	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	Dureza Promedio
ENERO	2.33	3.20	3.00	2.27	3.50	2.50
FEBRERO	2.00	3.00	2.00	4.00	0.00	2.60
MARZO	2.91	3.64		3.00	4.00	3.24
PROMEDIO	2.41	3.28	2.50	3.09	2.50	2.78
			Promedio Zona Skarn		2.70	

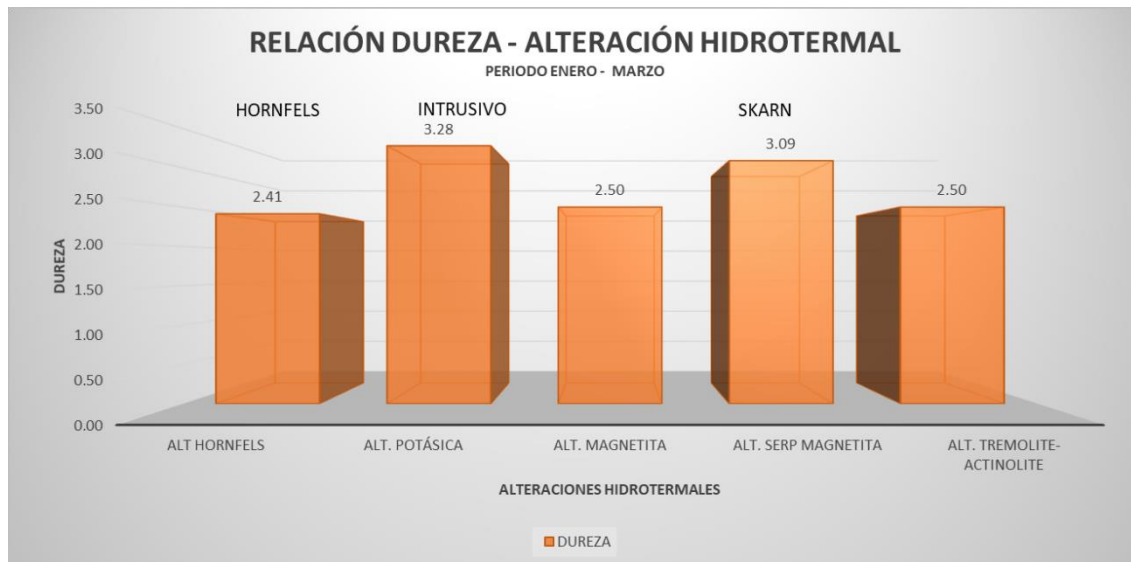


Figura 25. Relación dureza - alteración hidrotermal, enero a marzo

El promedio de dureza asociada a las diferentes zonas, mes de enero a marzo fueron de: zona *hornfels* con 2.41, zona de intrusivo con 3.28 y zona *skarn* con 2.70, siendo el promedio de dureza en este periodo de 2.78.

b) Análisis dureza periodo abril a junio

Para los meses de abril a junio la dureza promedio en la zona *hornfels* fue de 2.39, siendo el rango de dureza de 2.5 a 3.0, considerado como dureza media.

En la zona del intrusivo, asociada a una alteración potásica, la dureza promedio fue de 3.41, siendo el rango de dureza de 3.0 a 5.0, considerado como dureza media.

Finalmente, en la zona de *skarn*, asociada a la alteración magnetita con dureza media de 2.33, la alteración serpentina – magnetita con una dureza media de 2.32 y la alteración tremolita – actinolita con una dureza media de 2.39, todo este sector asociada a una dureza media de 2.7, considerado como una dureza media a alta en 2.35.

Tabla 7. Relación de dureza – alteración hidrotermal, abril a junio

RELACIÓN DUREZA - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
ABRIL - JUNIO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Dureza Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ABRIL	2.40	3.11		2.80	3.00	2.91
MAYO	2.00	3.63	2.00	2.00	2.17	2.90
JUNIO	2.78	3.50	2.67	2.16	2.00	2.73
PROMEDIO	2.39	3.41	2.33	2.32	2.39	2.85
			Promedio Zona Skarn			2.35

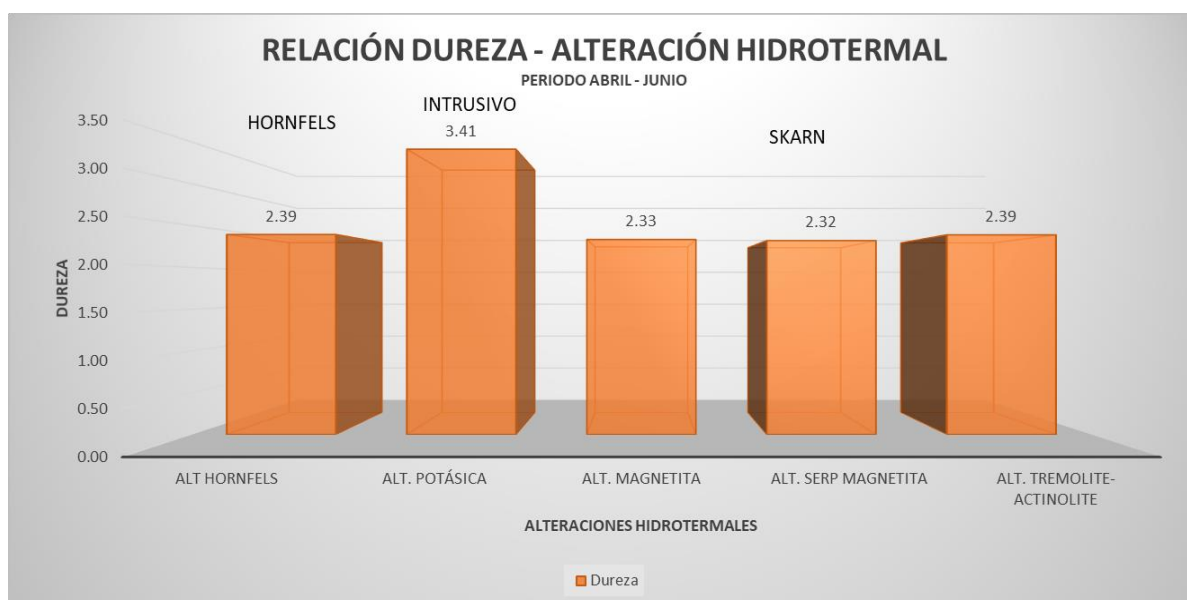


Figura 26. Relación dureza - alteración hidrotermal, abril a junio

El promedio de dureza asociada a las diferentes zonas, mes de abril a junio fueron de: zona *hornfels* con 2.39, zona de intrusivo con 3.41 y zona *skarn* con 2.35 siendo el promedio de dureza en este periodo de 2.85.

c) Resumen de dureza periodo enero a junio

Durante el periodo de enero a junio la dureza promedio fue de 2.81, siendo el de mayor dureza en el 2do periodo de estudio de abril a junio con 2.85, comparado con la dureza de 2.78 en el periodo anterior. El incremento de la dureza en 0.03 durante el segundo periodo, fue por una mayor producción de los intrusivos.

Tabla 8. Resumen de relación dureza – alteración hidrotermal, periodo enero a junio

RESUMEN DUREZA - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
PERIODOS ENERO A MARZO - ABRIL A JUNIO						
	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			
MES	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	Dureza Promedio
ENERO - MARZO	2.41	3.28	2.50	3.09	2.50	2.78
ABRIL - JUNIO	2.39	3.41	2.33	2.32	2.39	2.85
PROMEDIO	2.40	3.35	2.42	2.70	2.44	2.81

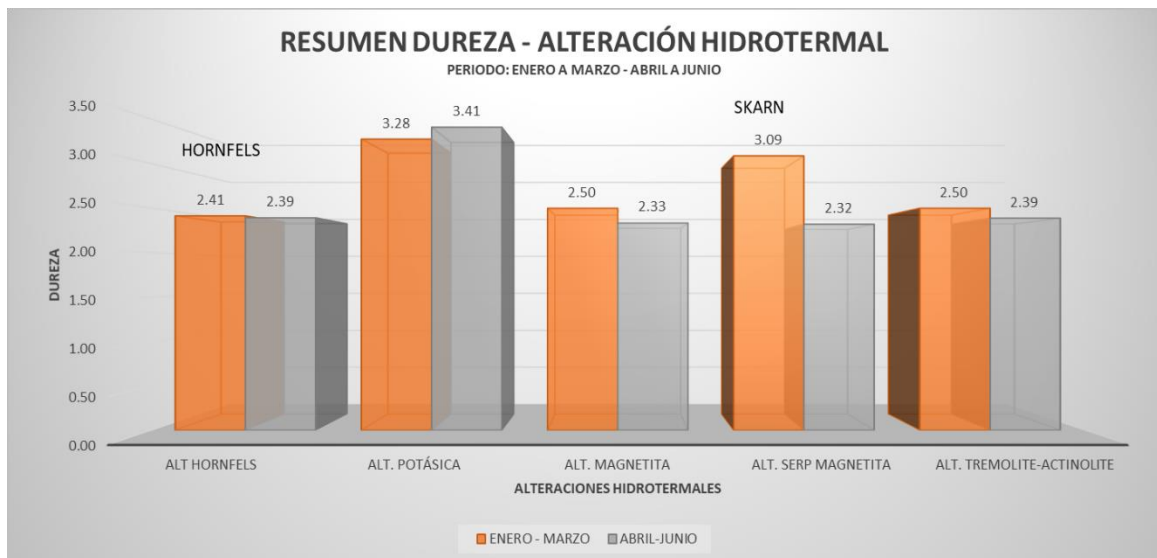


Figura 27. Resumen de la relación dureza - alteración hidrotermal, periodo enero a junio

4.1.3 Análisis del factor de potencia por alteración hidrotermal

Para entender el comportamiento del factor de potencia por alteración hidrotermal, se realizó el análisis del dig rate y granulometría, como resultado de la voladura, durante los periodos de estudio, de los meses de enero a marzo y los meses de abril a junio.

a) Análisis de factor de potencia periodo enero a marzo

Para el mes de enero a marzo el factor de potencia promedio en la zona *hornfels* fue de 0.58 kg/t, el factor de potencia de la zona de intrusivos fue de 0.57 kg/t y el promedio de la zona *skarn* fue de 0.59 kg/t (alteración magnetita con 0.70 kg/t, alteración serpentina – magnetita con 0.61 kg/t y alteración tremolita – actinolita con 0.45 kg/t). El factor de potencia considerada para el periodo enero a marzo fue de

0.59 kg/t, considerando el mayor consumo de explosivos en la zona de *skarn* (alteración magnetita).

Tabla 9. Relación factor de potencia – alteración hidrotermal, periodo enero a marzo

PROMEDIOS DE FACTORES DE POTENCIA (Kg/ton)						
POR TIPOS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL - ENERO A MARZO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Fact. Pot. Prom. (Kg/ton)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO	0.66	0.48	0.71	0.60	0.27	0.54
FEBRERO	0.40	0.68	0.68	0.68		0.61
MARZO	0.67	0.56		0.55	0.63	0.60
PROMEDIO (Kg/ton)	0.58	0.57	0.70	0.61	0.45	0.59
Promedio zona Skarn					0.59	

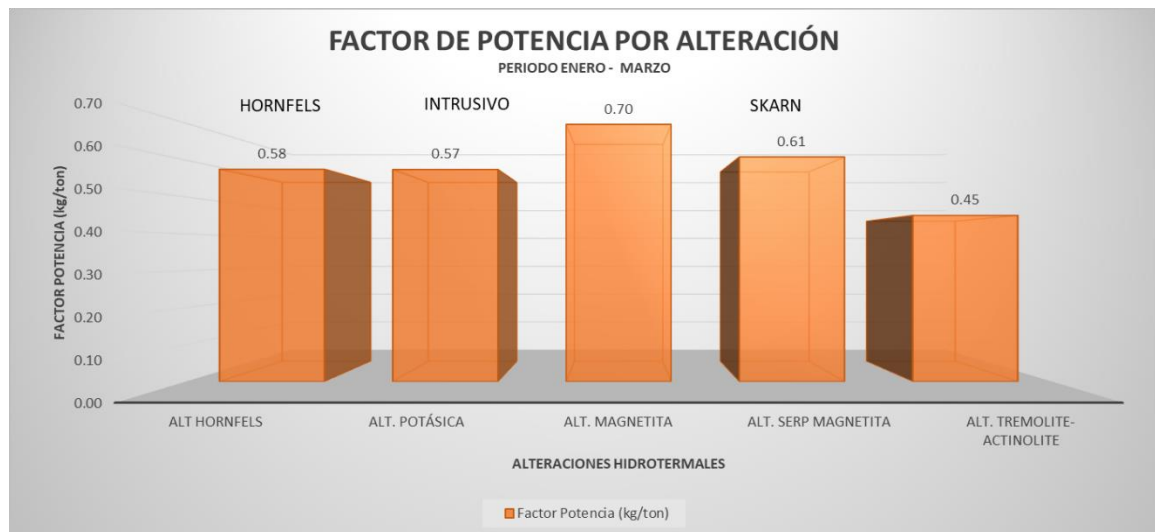


Figura 28. Relación factor de potencia - alteración hidrotermal, enero a marzo

El promedio del factor de potencia asociada a las diferentes zonas, durante el periodo enero a marzo fueron de: zona *hornfels* con 0.58 kg/t, zona de intrusivo con 0.57 kg/t y zona *skarn* con 0.59 kg/t siendo el promedio de factor de potencia promedio durante el periodo enero a marzo fue de 0.59 kg/t.

b) Análisis de factor de potencia periodo abril a junio

Durante el periodo de abril a junio el factor de potencia promedio en la zona *hornfels* fue de 0.60 kg/t, el factor de potencia de la zona de intrusivos fue de 0.57 kg/t y el promedio de la zona *skarn* fue de 0.54 kg/t (alteración magnetita con 0.64

kg/t, alteración serpentina – magnetita con 0.57 kg/ton y alteración tremolita – actinolita con 0.40 kg/t). El factor de potencia considerada para el periodo abril a junio fue de 0.53 kg/t, considerando el mayor consumo de explosivos en la zona de *skarn* (alteración magnetita).

Tabla 10. Relación factor de potencia – alteración hidrotermal, abril a junio

PROMEDIOS DE FACTORES DE POTENCIA (Kg/ton)						
POR TIPOS DE ALTERACIÓN HIDROTERMAL - ABRIL A JUNIO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Fact. Pot. Prom. (Kg/ton)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ABRIL	0.70	0.54		0.60	0.37	0.55
MAYO	0.51	0.60		0.58	0.44	0.53
JUNIO	0.49	0.58	0.55	0.51	0.40	0.50
PROMEDIO	0.60	0.57	0.64	0.57	0.40	0.53
			Promedio zona Skarn		0.54	

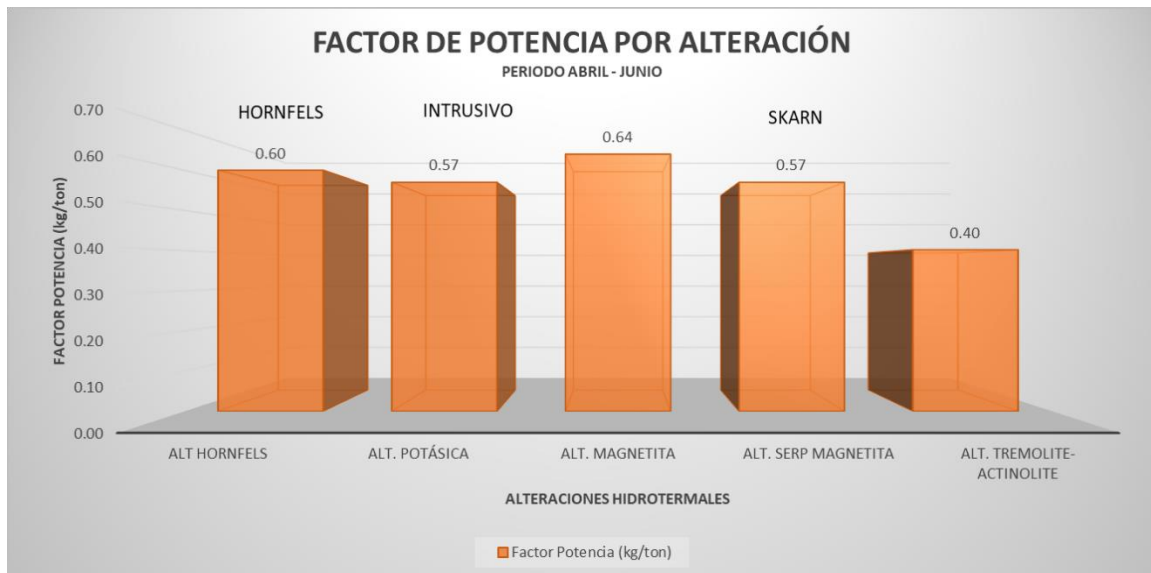


Figura 29. Relación factor de potencia - alteración hidrotermal, abril a junio

El promedio del factor de potencia, durante los meses de abril a junio fueron de: zona *hornfels* con 0.60 kg/t, zona de intrusivo con 0.57 kg/t y zona *skarn* con 0.54 kg/t. El promedio de factor de potencia, durante los meses de abril a junio fueron de 0.59 kg/t.

c) Resumen de factor de potencia periodo enero a junio

Para los meses de enero a junio, el factor de potencia promedio fue de 0.56 kg/t, siendo el de mayor factor de potencia para los meses de enero a marzo con 0.59 kg/t, comparado con el factor de potencia de 0.53 kg/t durante los meses de abril a junio. La disminución del factor de potencia en 0.06 kg/t fue producto del control de la granulometría considerando el P80 y finos generados.

Tabla 11. Resumen factor de potencia – alteración hidrotermal, enero a junio

RESUMEN DE FACTOR DE POTENCIA (Kg/ton)						
PERIODOS ENERO A MARZO - ABRIL A JUNIO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Fact. Pot. Prom. (Kg/ton)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO - MARZO	0.58	0.57	0.70	0.61	0.45	0.59
ABRIL - JUNIO	0.60	0.57	0.64	0.57	0.40	0.53
PROMEDIO	0.59	0.57	0.67	0.59	0.43	0.56
PROMEDIO ZONA SKARN					0.56	

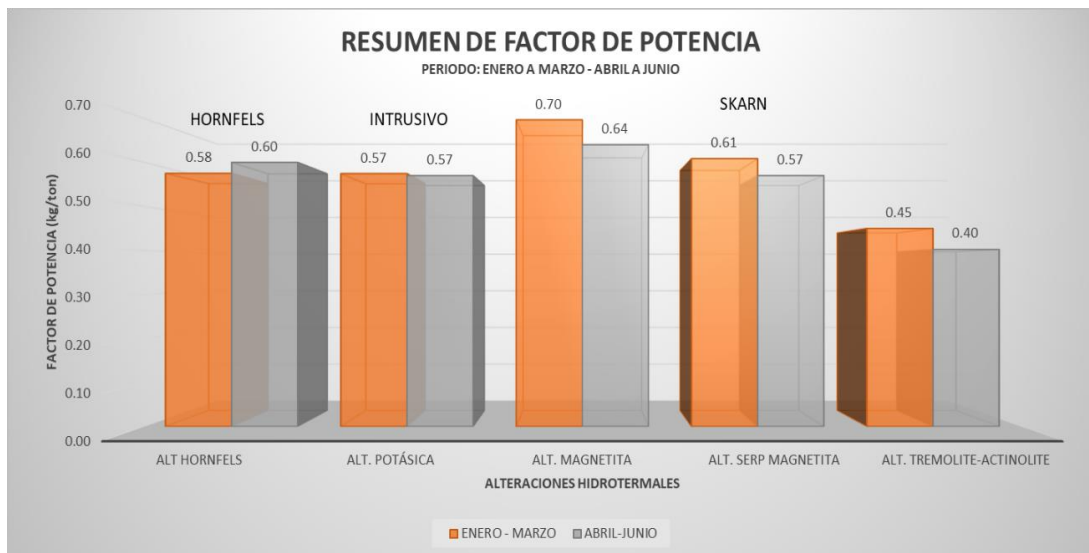


Figura 30. Resumen factor de potencia - alteración hidrotermal, enero a junio

4.1.4 Análisis del grado de fragmentación por alteración hidrotermal

Una vez definido el comportamiento de la dureza y factor de potencia considerando diferentes ambientes hidrotermales, se determina el comportamiento de la granulometría.

El control de la granulometría (P80 y finos) relacionado a equipos de carguío permitirá definir y entender el comportamiento de cada zona a ser analizada en cada periodo.

a) Análisis del grado de fragmentación (P80), periodo enero a marzo

Durante los meses de enero a marzo el grado de fragmentación promedio en la zona *hornfels* fue de 2.30 pulgadas, el grado de fragmentación de la zona de intrusivos fue de 2.39 pulgadas y el promedio de la zona *skarn* fue de 2.69 pulgadas (alteración magnetita con 2.86 pulgadas, alteración serpentina – magnetita con 2.73 pulgadas y alteración tremolita – actinolita con 2.47 pulgadas).

El grado de fragmentación considerada para los meses de enero a marzo fue de 2.48 pulgadas, considerando el mayor grado de fragmentación en la alteración magnetita con 2.86 pulgadas.

Tabla 12. Relación granulometría – alteración hidrotermal, enero a marzo

RELACIÓN GRANULOMETRÍA (P80) - ALTERACIÓN HIDROTERMAL						
PERIODO ENERO A MARZO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. P80 (Pulg)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO	2.22	2.36	2.32	2.31	2.75	2.32
FEBRERO	2.24	2.47	3.40	3.58		2.78
MARZO	2.45	2.33		2.30	2.20	2.35
PROMEDIO (Pulg)	2.30	2.39	2.86	2.73	2.47	2.48
			PROMEDIO ZONA SKARN			2.69

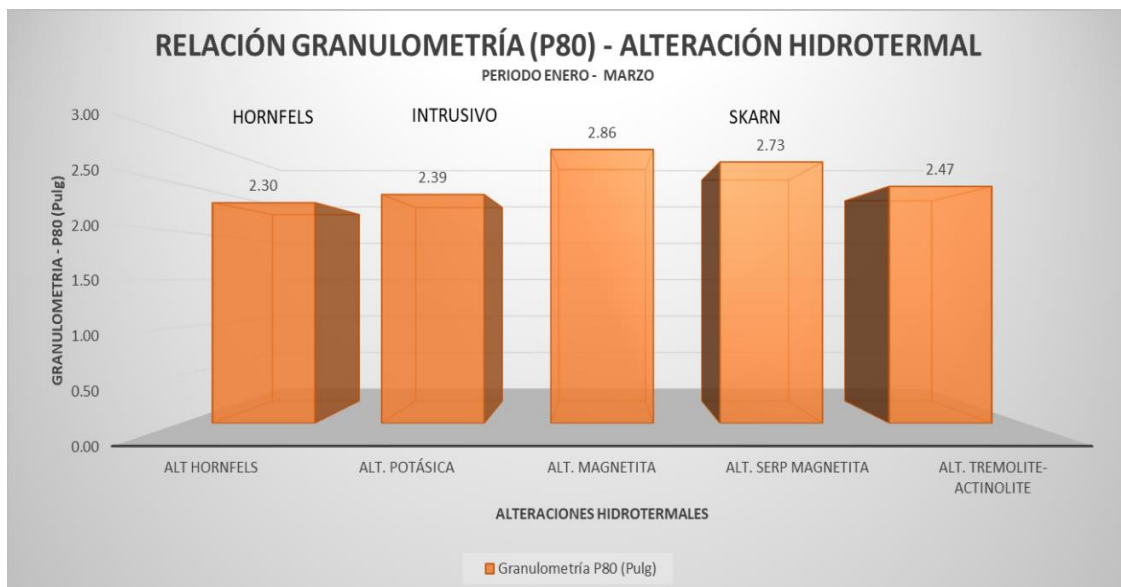


Figura 31. Relación granulometría - alteración hidrotermal, enero a marzo

El promedio del grado de fragmentación asociada a las diferentes zonas para los meses de enero a marzo fue de: zona *hornfels* con 2.30 pulgadas, zona de intrusivo con 2.39 pulgadas, y zona *skarn* con 2.69 pulgadas, siendo el promedio para los meses de enero a marzo fue de 2.48 pulgadas.

b) Análisis del grado de fragmentación (P80), abril a junio

Para los meses de abril a junio el grado de fragmentación promedio en la zona *hornfels* fue de 2.45 pulgadas, el grado de fragmentación de la zona de intrusivos fue de 2.58 pulgadas y el promedio de la zona *skarn* fue de 2.32 pulgadas (alteración magnetita con 2.42 pulgadas, alteración serpentina – magnetita con 2.46 pulgadas y alteración tremolita – actinolita con 2.09 pulgadas).

El grado de fragmentación considerada para los meses de enero a marzo fue de 2.47 pulgadas, considerando el mayor grado de fragmentación en la alteración potásica (intrusivo) con 2.58 pulgadas.

Tabla 13. Relación granulometría – alteración hidrotermal, abril a junio

RELACIÓN GRANULOMETRÍA (P80) - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
PERIODO ABRIL - JUNIO						
	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			
MES	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	PROM. P80 (Pulg)
ABRIL	2.61	2.52		2.32	2.01	2.45
MAYO	2.23	2.43	2.09	2.51	2.00	2.35
JUNIO	2.50	2.80	2.75	2.54	2.27	2.61
PROMEDIO (Pulg)	2.45	2.58	2.42	2.46	2.09	2.47
			PROMEDIO ZONA SKARN		2.32	

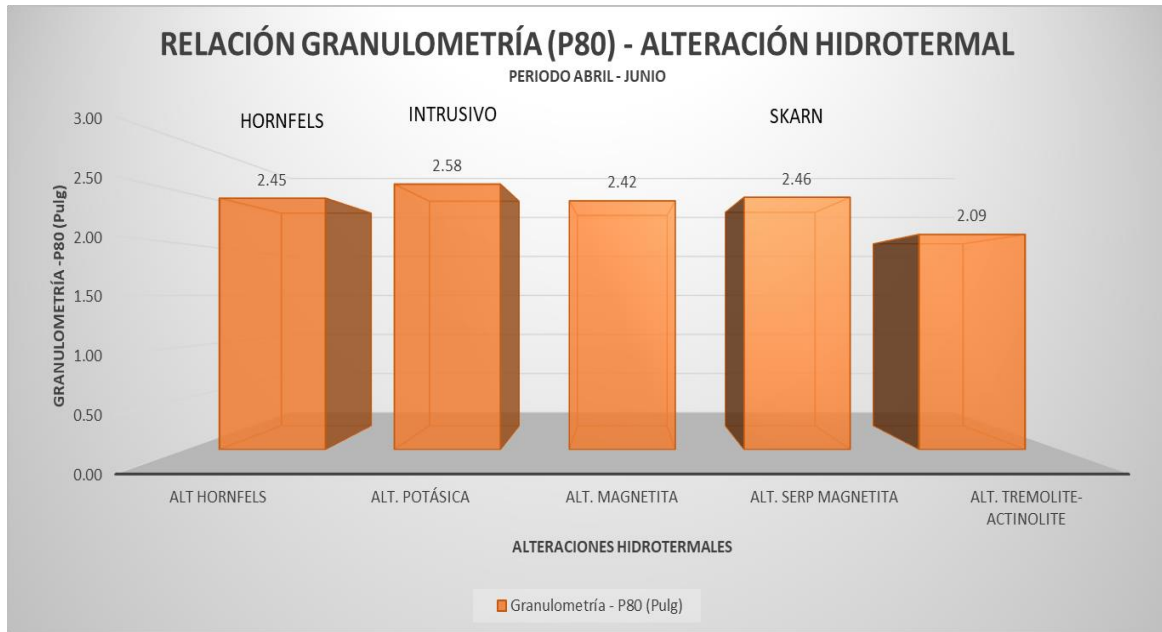


Figura 32. Relación granulometría - alteración hidrotermal, abril a junio

El promedio del grado de fragmentación asociada a las diferentes zonas, durante los meses de abril a junio fueron de: zona *hornfels* con 2.45 pulgadas, zona de intrusivo con 2.58 pulgadas, y zona *skarn* con 2.32 pulgadas, siendo el promedio del grado de fragmentación promedio para los meses de enero a marzo de 2.47 pulgadas.

c) Resumen de granulometría periodo enero a junio

Para los meses de enero a junio, el grado de fragmentación promedio fue de 2.48 pulgadas, siendo el de mayor granulometría durante los meses de enero a marzo con 2.48 pulgadas, comparado con el grado de fragmentación durante los meses de abril a junio en 2.47 pulgadas. La reducción de la granulometría en 0.01 pulgadas, producto de un control de la voladura por tipo de alteración.

Tabla 14. Resumen granulometría – alteración hidrotermal, enero a junio

RESUMEN GRANULOMETRÍA (P80) - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
PERIODOS ENERO A MARZO - ABRIL A JUNIO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. P80 (Pulg)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO - MARZO	2.30	2.39	2.86	2.73	2.47	2.48
ABRIL - JUNIO	2.45	2.58	2.42	2.46	2.09	2.47
PROMEDIO (Pulg)	2.37	2.49	2.64	2.59	2.28	2.48
PROMEDIO ZONA SKARN					2.50	

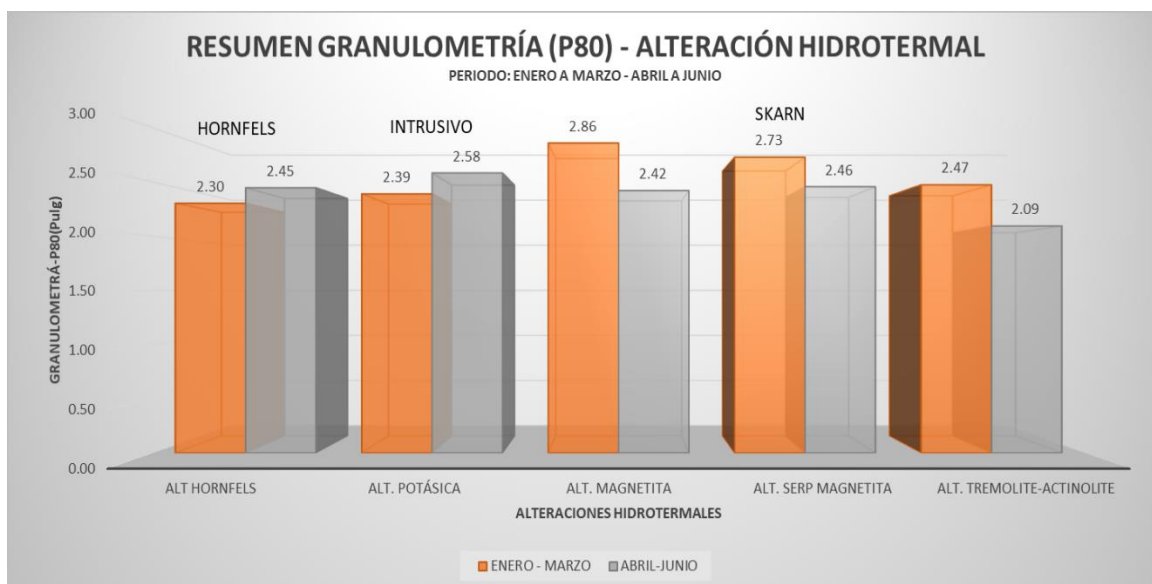


Figura 33. Relación granulometría - alteración hidrotermal, abril a junio

4.1.5 Análisis del grado de fragmentación por equipos de carguío

Durante el presente estudio se realizó el análisis del grado de fragmentación P80 y finos (< 1”), relacionado a las palas PL1, PL2 y PL3, asociado a su alteración hidrotermal.

a) Análisis de granulometría P80 en equipos de carguío

El análisis del P80 en equipos de carguío PL1, PL2 y PL3 se comparó en los periodos enero a marzo y de abril a junio.

✓ Análisis de P80 en palas PL1, PL2, PL3 – enero a marzo

Durante el periodo de análisis de enero a marzo la pala PL01 se asoció un P80 de 2.78 pulgadas, la pala PL02 se asoció un P80 de 2.75 pulgadas y la pala PL03

con un P80 de 2.31 pulgadas, considerando los diferentes tipos de alteración hidrotermal.

Los promedios por zona, en equipos de carguío considera: zona *hornfels* con un P80 de 2.34 pulgadas, zona de intrusivo con un P80 de 2.31 pulgadas y en la zona *skarn* con un P80 de 2.49.

Tabla 15. Resumen granulometría P80 en palas PL01, PL02, PL03 periodo enero a marzo

RESUMEN GRANULOMETRÍA (P80) - PALAS 01, 02, 03						
PERIODOS ENERO A MARZO						
PERIODO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			P80 (Pulg) Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
PERIODO ENERO MARZO						
PALA01	2.53	2.32	2.85	2.79	2.47	2.78
PALA02	2.31	2.18		2.24		2.25
PALA03	2.17	2.41	2.33	2.23		2.31
PROMEDIO (pulg)	2.34	2.31	2.59	2.42	2.47	2.45
			P80 EN ZONA SKARN		2.49	

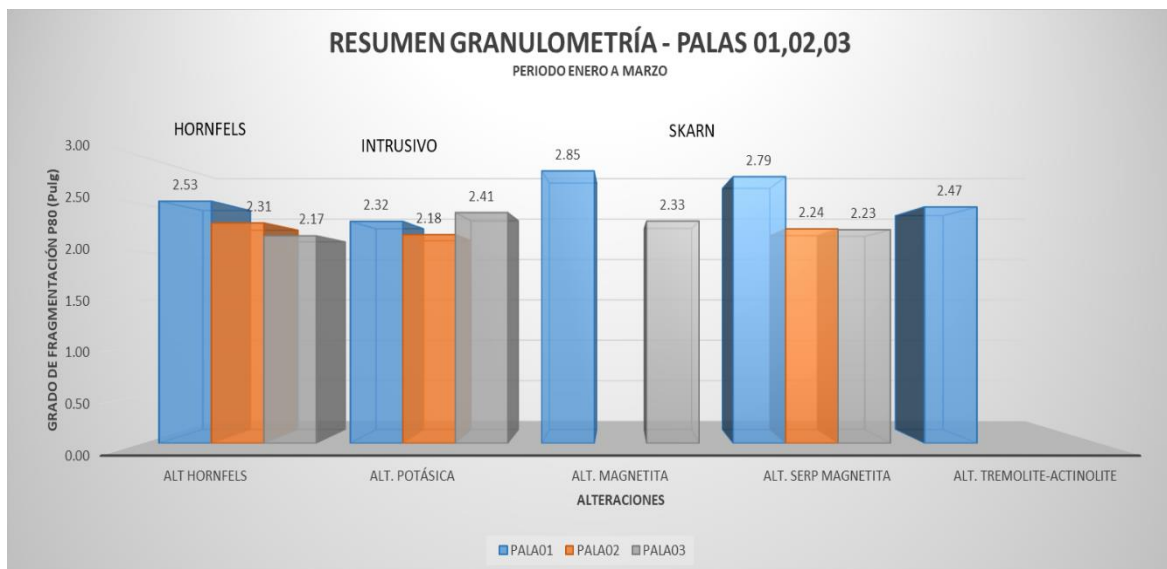


Figura 34. Resumen granulometría P80 – palas 01, 02,03, enero a marzo

✓ Análisis de P80 en palas PL1, PL2, PL3 – abril a junio

Durante el periodo de análisis de abril a junio la pala PL1 se asoció un P80 de 2.54 pulgadas, la pala PL2 se asoció un P80 de 2.28 pulgadas y la pala PL3 con un P80 de 2.44 pulgadas, considerando los diferentes tipos de alteración hidrotermal.

Los promedios por zona, en equipos de carguío considera: zona *hornfels* con un P80 de 2.46 pulgadas, zona de intrusivo con un P80 de 2.60 pulgadas y en la zona *skarn* con un P80 de 2.21.

Tabla 16. Resumen granulometría P80 en palas PL1, PL2, PL3, abril a junio

RESUMEN GRANULOMETRÍA (P80) - PALAS 01, 02, 03						
PERIODO ABRIL A JUNIO						
PERIODO ENERO MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			P80 (Pulg) Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
PALAO1	2.42	2.68		2.57		2.54
PALAO2	2.24	2.41	2.27	2.33	2.15	2.28
PALAO3	2.71	2.71	2.90	2.38	1.10	2.44
PROMEDIO (pulg)	2.46	2.60	2.59	2.43	1.63	2.42
			P80 EN ZONA SKARN			2.21

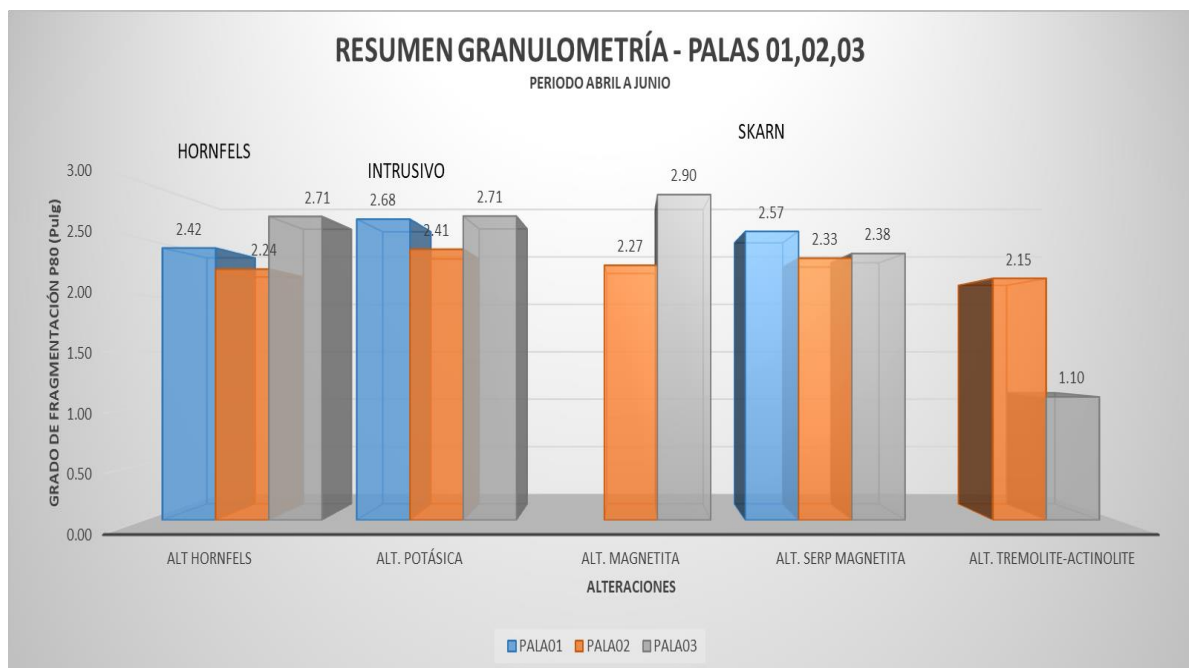


Figura 35. Resumen granulometría P80 – palas 01, 02,03, abril a junio

✓ Resumen de P80 en equipos de carguío

El análisis comparativo en equipos de carguío PL1, PL2 y PL3 consideró un P80 promedio de 2.45 pulgadas, para los meses de enero a marzo y el P80 promedio de 2.42 pulgadas, para los meses de abril a junio.

El promedio del P80 en cada zona durante los meses de enero a junio son: la zona *hornfels* con 2.40 pulgadas, la zona del intrusivo con 2.45 pulgadas y la zona *skarn* con 2.35 pulgadas.

El incremento de la granulometría se generó en el segundo periodo comparado con el primer periodo donde el incremento de fragmentación fue: zona *hornfels* de 2.34 a 2.46 pulgadas, en la zona de intrusivo de 2.31 a 2.60 pulgadas y en la zona *skarn* hay una reducción de la granulometría de 2.49 a 2.21 pulgadas, producto de no controlar la voladura en la alteración tremolita – actinolita.

Tabla 17. Comparativo P80 en palas PL01, PL02, PL03, enero a junio

COMPARATIVO DE GRANULOMETRÍA (P80) - PALAS 01, 02, 03						
PERIODO COMPARATIVO - ENERO A MARZO Y ABRIL A JUNIO						
PERIODO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			P80 (Pulg) Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO A MARZO	2.34	2.31	2.59	2.42	2.47	2.45
ABRIL A JUNIO	2.46	2.60	2.59	2.43	1.63	2.42
PROMEDIO (pulg)	2.40	2.45	2.59	2.42	2.05	2.43
PROMEDIO ZONA SKARN					2.35	

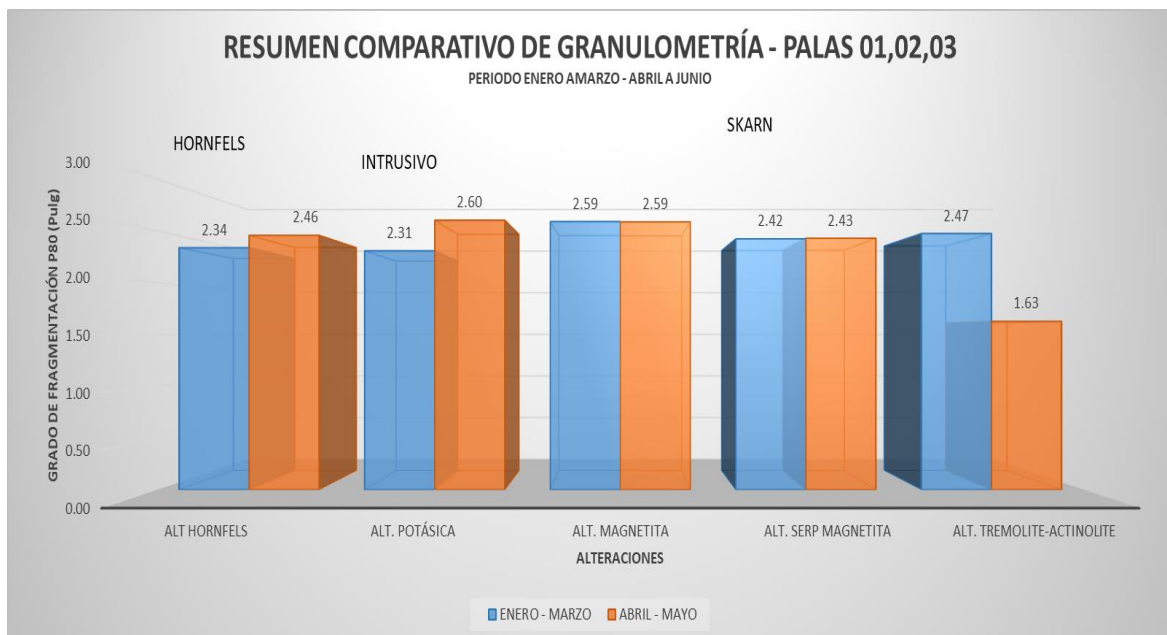


Figura 36. Resumen comparativo P80 – palas 01, 02,03, enero a junio

b) Análisis de granulometría finos (< 1")

El análisis de finos presente en equipos de carguío PL1, PL2 y PL3 se comparó en los meses de enero a marzo y de abril a junio, para luego realizar un comparativo entre ambos escenarios, los resultados se presentan en las siguientes tablas y figuras:

✓ Análisis de finos (< 1") en palas PL1, PL2, PL3 – enero a marzo

Para los meses de enero a marzo la pala PL1 se asoció con un promedio de finos (< 1") de 50.74 %, la pala PL2 se asoció con promedio de finos (< 1") de 52.23 % y la pala PL3 con un con promedio de finos (< 1") de 50.42 %, considerando los diferentes tipos de alteración hidrotermal.

Los promedios por zona, en equipos de carguío considera: zona *hornfels* con un promedio de finos (< 1") de 51.94 %, en la zona de intrusivo con un promedio de finos (< 1") de 51.36 %, y en la zona *skarn* con un promedio de finos (< 1") de 50.87 %.

Tabla 18. Resumen de finos (< 1") en palas PL01, PL02, PL03, enero a marzo

RESUMEN FINOS (< 1") - PALAS 01, 02, 03						
PERIODOS ENERO A MARZO						
PERIODO ENERO MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. FINOS (< 1") %
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolita	
PALA01	53.43	51.53	51.06	51.70	50.33	50.74
PALA02	51.80	52.55		52.27		52.23
PALA03	50.60	50.01	50.59	50.43		50.42
PROMEDIO (%)	51.94	51.36	50.82	51.47	50.33	51.13
			PROMEDIO ZONA SKARN		50.87	

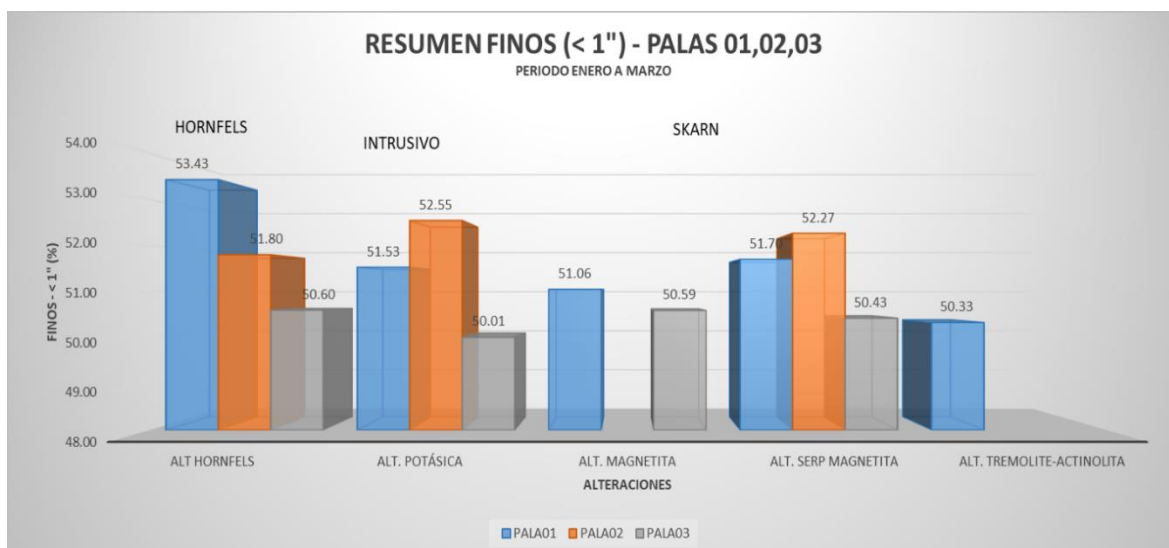


Figura 37. Resumen de finos (< 1") en palas 01, 02,03, enero a marzo

✓ Análisis de finos (< 1") en palas PL01, PL02, PL03 – abril a junio

Para los meses de abril a junio la pala PL1 se asoció con promedio de finos (< 1") de 46.84 %, la pala PL2 se asoció con promedio de finos (< 1") de 53.25 % y la pala PL3 con un promedio de finos (< 1") de 50.96 %, considerando los diferentes tipos de alteración hidrotermal.

Los promedios por zona, en equipos de carguío considera: zona *hornfels* con un promedio de finos (< 1") de 49.34 %, en la zona de intrusivo con un promedio de finos (< 1") de 50.70 %, y en la zona *skarn* con un promedio de finos (< 1") de 51.59 %.

Tabla 19. Resumen de finos (< 1") en palas PL01, PL02, PL03, abril a junio

RESUMEN FINOS (< 1") - PALAS 01, 02, 03						
PERIODO ABRIL A JUNIO						
	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. FINOS (< 1") %
PERIODO ENERO MARZO	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolita	
PALA01	39.87	50.78		50.61		46.84
PALA02	55.50	51.59	51.95	53.25	53.73	53.25
PALA03	52.65	49.74	47.72	50.97	52.95	50.96
PROMEDIO (%)	49.34	50.70	49.83	51.61	53.34	50.35
			PROMEDIO ZONA SKARN		51.59	

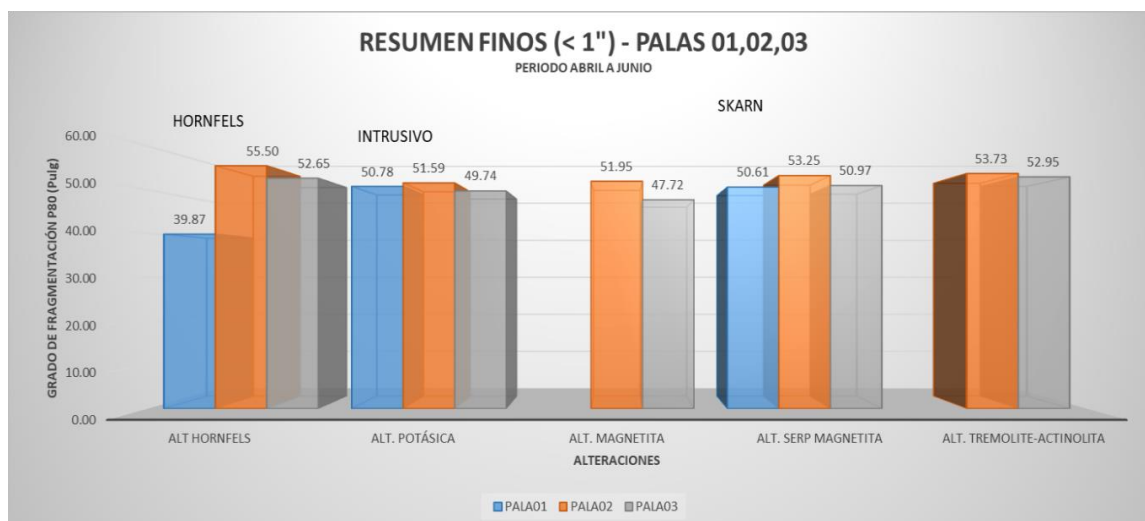


Figura 38. Resumen de finos (< 1") en palas 01, 02,03, abril a junio

✓ Resumen de finos en equipos de carguío

El análisis comparativo en equipos de carguío PL1, PL2 y PL3 consideró un promedio de finos (< 1") de 51.13 % para los meses de enero a marzo y con un promedio de finos (< 1") de 50.35 % para los meses de abril a junio.

El promedio de los finos (< 1") en cada zona para los meses de enero a junio son: la zona *hornfels* con 50.64 %, la zona del intrusivo con 51.03 % y la zona *skarn* con 51.23 %.

La mejora en la disminución de los finos (< 1") fue durante el segundo periodo, siendo la disminución por alteración en: zona *hornfels* de 51.94 a 49.34 %, en la zona de intrusivo de 51.36 % a 50.70 % y en la zona *skarn* hubo un incremento de los finos de 50.87 % a 51.59 %, producto de no controlar la voladura en las alteraciones serpentina – magnetita y tremolita – actinolita.

Tabla 20. Comparativo de finos (< 1") en palas PL01, PL02, PL03, enero a junio

COMPARATIVO FINOS (< 1") - PALAS 01, 02, 03						
PERIODO ENERO A JUNIO						
PERIODO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. FINOS (< 1") %
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO A MARZO	51.94	51.36	50.82	51.47	50.33	51.13
ABRIL A JUNIO	49.34	50.70	49.83	51.61	53.34	50.35
PROMEDIO (%)	50.64	51.03	50.33	51.54	51.84	50.74
			PROMEDIO ZONA SKARN		51.23	

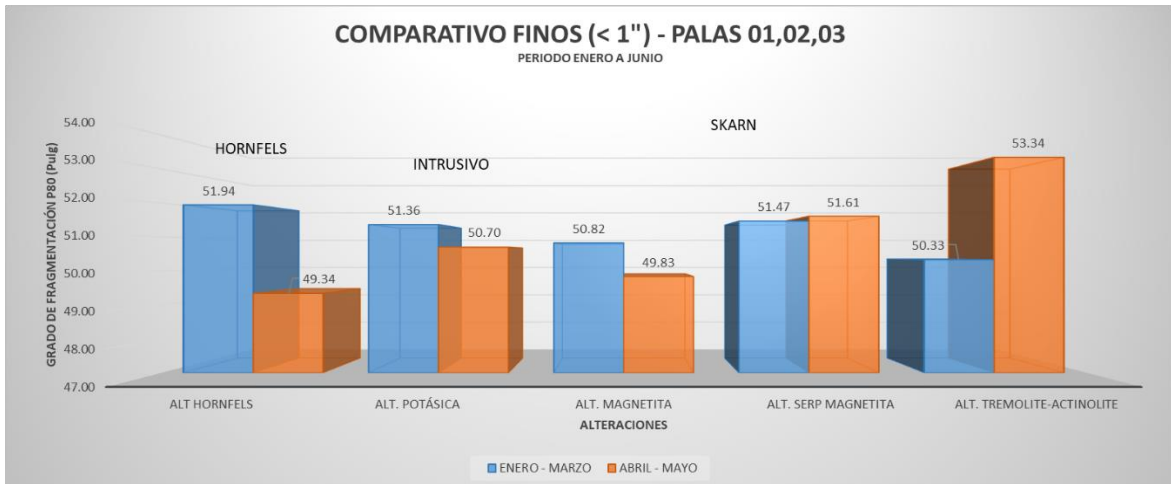


Figura 39. Comparativo de finos (< 1") en palas 01, 02,03, enero a junio

4.1.6 Análisis del *dig rate* por alteración hidrotermal

Una vez definido el comportamiento de la granulometría P80 y finos (< 1") de diferentes ambientes hidrotermales, se determina el comportamiento del *dig rate* en equipos de carguío.

El control del *dig rate* será analizado para los meses de enero a marzo y de abril a junio, relacionado a las diferentes alteraciones hidrotermales.

a) Análisis del *dig rate*, enero a marzo

Para los meses de enero a marzo el *dig rate* promedio en la zona *hornfels* fue de 12,087 t/h, el *dig rate* promedio de la zona de intrusivos fue de 10,573.89 t/h y el promedio del *dig rate* en la zona *skarn* fue de 11,007.97 t/h (alteración magnetita con 10,121.67 t/h, alteración serpentina – magnetita con 11,060.50 t/h y la alteración tremolita – actinolita con 11,841.75 t/h).

El *dig rate* promedio considerada para los meses de enero a marzo fue de 10,951.00 t/h, considerando el mayor *dig rate* en la alteración *hornfels* con 12,087.00.

Tabla 21. Resumen dig rate – alteración hidrotermal, enero a marzo

RELACIÓN DIG RATE - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
PERIODO ENERO A MARZO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. DIG RATE (Ton/hr)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO	11,870.00	10,542.53	10,367.33	11,307.90	11,685.50	11,268.41
FEBRERO		9,822.00	9,876.00	10,237.00		9,978.33
MARZO	12,304.00	11,357.15		11,636.58	11,998.00	11,606.25
PROMEDIO (Ton/hr)	12,087.00	10,573.89	10,121.67	11,060.50	11,841.75	10,951.00
			PROMEDIO SKARN		11,007.97	

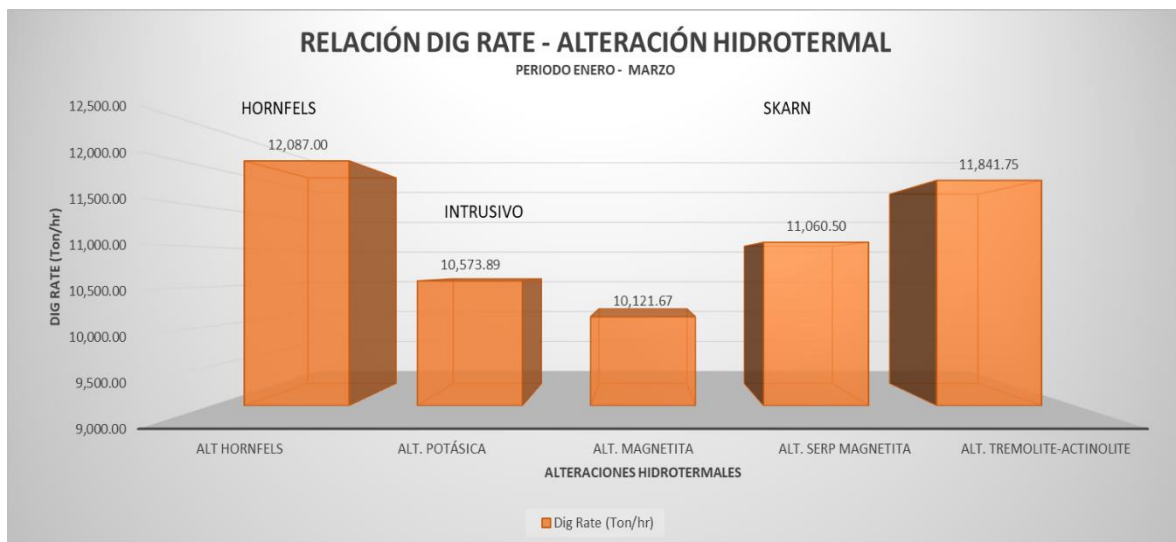


Figura 40. Relación dig rate – alteración hidrotermal, enero a marzo

b) Análisis del *dig rate* (tasa de excavación) periodo abril a junio

Para los meses de abril a junio el *dig rate* promedio en la zona *hornfels* fue de 12,628.50 t/h, el *dig rate* promedio de la zona de intrusivos fue de 11,890.67 t/h y el promedio del *dig rate* en la zona *skarn* fue de 11,320.86 ton/hr (alteración magnetita con 10,057.03 t/h, alteración serpentina – magnetita con 11,861.65 t/h y la alteración tremolita – actinolita con 12,043.90 t/h).

El *dig rate* promedio considerada para los meses de abril a junio fue de 11,845.87 t/h, considerando el mayor *dig rate* en la alteración *hornfels* con 12,628.50.

Tabla 22. Resumen dig rate – alteración hidrotermal, abril a junio

RELACIÓN DIG RATE - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
PERIODO ABRIL - JUNIO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. DIG RATE (Ton/hr)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ABRIL	12,628.50	11,684.75	10,110.52	11,590.70	12,188.00	11,804.78
MAYO		11,543.06	9,950.35	12,260.82	11,899.80	11,732.84
JUNIO		12,444.20	10,110.22	11,733.44		11,999.98
PROMEDIO (Ton/hr)	12,628.50	11,890.67	10,057.03	11,861.65	12,043.90	11,845.87
			PROMEDIO SKARN		11,320.86	

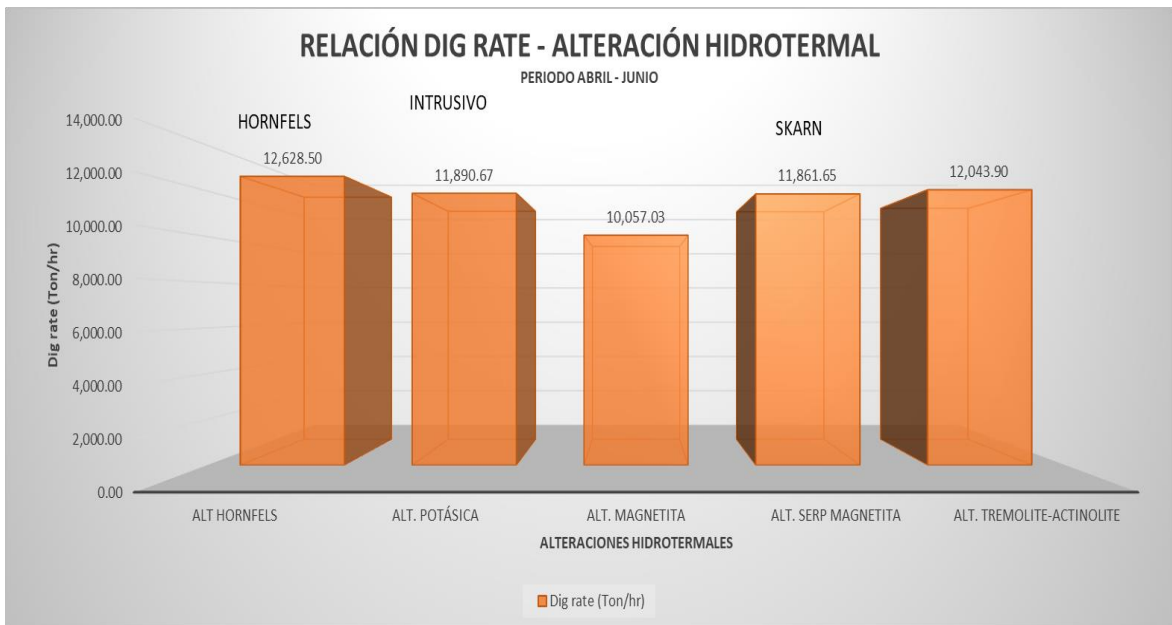


Figura 41. Relación dig rate – alteración hidrotermal, abril a junio

c) Resumen *dig rate* periodo enero a junio

Para los meses de enero a junio, el *dig rate* promedio fue de 11,398.43 t/h, siendo el de mayor *dig rate* para los meses de abril a junio con 11,845.87 t/h, comparado con el *dig rate* para los meses de abril a junio con 10,951.00 t/h.

La mejora del *dig rate* tuvo un incremento del *dig rate* en 894.87 t/h, producto de un mejor control del grado de fragmentación.

Tabla 23. Comparativo del dig rate, enero a junio

COMPARATIVO DIG RATE - ALTERACIÓN HIDROTHERMAL						
PERIODOS ENERO A MARZO - ABRIL A JUNIO						
MES	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. DIG RATE (Ton/hr)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO - MARZO	12,087.00	10,573.89	10,121.67	11,060.50	11,841.75	10,951.00
ABRIL - JUNIO	12,628.50	11,890.67	10,057.03	11,861.65	12,043.90	11,845.87
PROMEDIO (Ton/hr)	12,357.75	11,232.28	10,089.35	11,461.07	11,942.83	11,398.43
PROMEDIO SKARN					11,164.42	

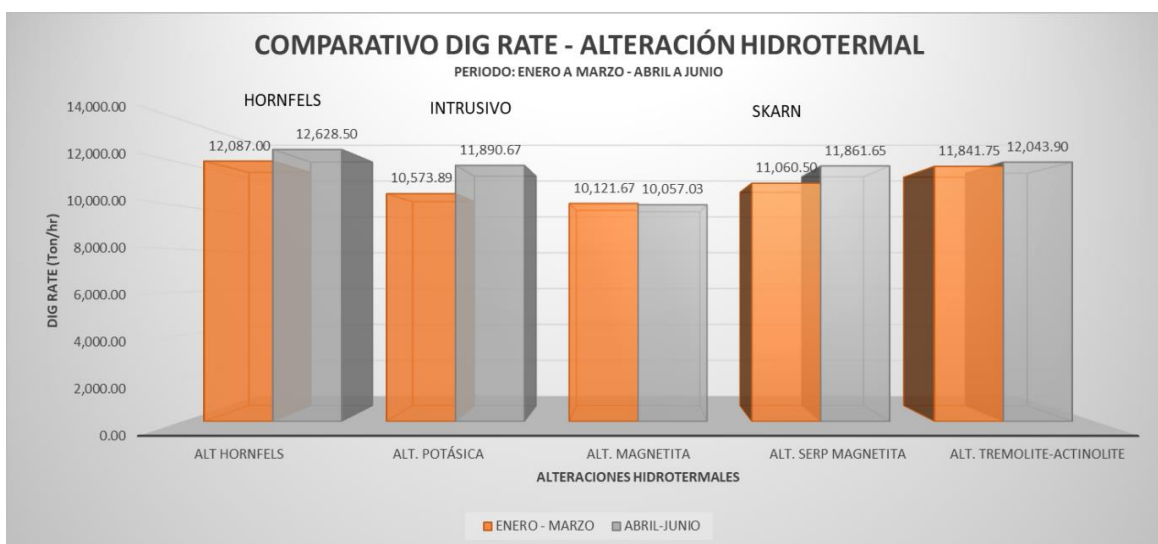


Figura 42. Comparativo dig rate, enero a junio

4.1.7 Análisis del dig rate por equipos de carguío

Durante el presente estudio se realizó el análisis del *dig rate* relacionado a las palas PL1, PL2 y PL3, asociado a su alteración hidrotermal.

a) Análisis del *dig rate* en palas PL1, PL2, PL3 – enero a marzo

Durante el periodo de análisis de enero a marzo la pala PL1 se asoció a un *dig rate* de 11,107.55 t/h, la pala PL2 se asoció a un *dig rate* de 11,656.73 t/h y la pala PL3 con un *dig rate* 11,391.30 t/h.

Los promedios del *dig rate* por zona, en equipos de carguío considera: zona *hornfels* con un *dig rate* 12,200.52 t/h, zona de intrusivo con un *dig rate* 10,798.93 t/h y en la zona *skarn* con un *dig rate* 11,185.00 t/h.

Tabla 24. Resumen del dig rate en palas 01, 02 y 03, enero a marzo

RESUMEN DIG RATE (Ton/hr) - PALAS 01, 02, 03						
PERIODOS ENERO A MARZO						
PERIODO ENERO MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. DIG RATE (Ton/hr)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolita	
PALA01	12,446.80	11,149.21	10,503.00	10,890.48	11,841.75	11,107.55
PALA02	11,998.77	10,477.00		11,686.92		11,656.73
PALA03	12,156.00	10,770.57	9,986.00	11,828.83		11,391.30
PROMEDIO (Ton/hr)	12,200.52	10,798.93	10,244.50	11,468.74	11,841.75	11,385.19
			PROMEDIO ZONA SKARN		11,185.00	

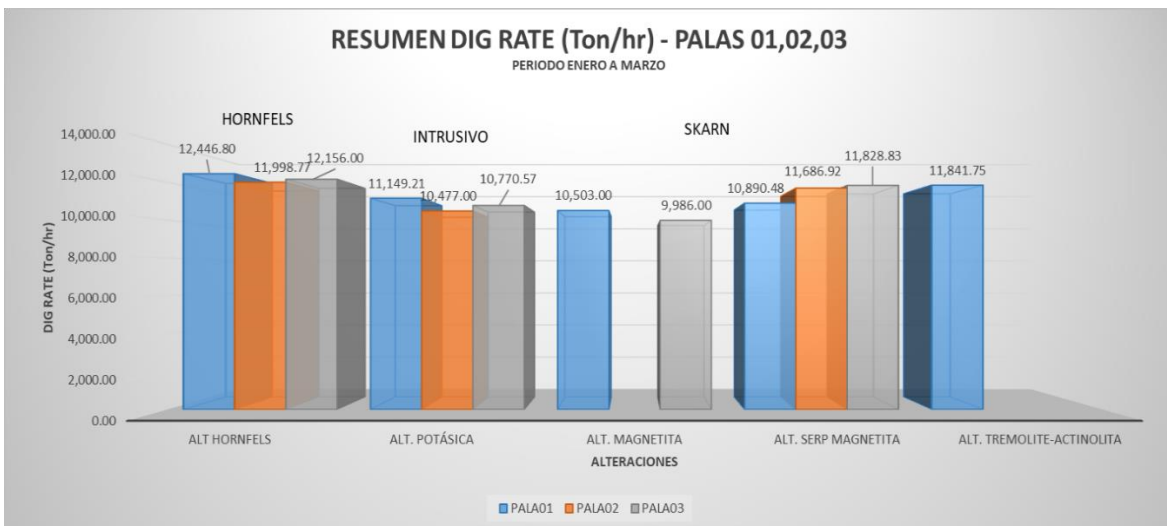


Figura 43. Resumen dig rate, enero a marzo

b) Análisis del *dig rate* en palas PL1, PL2, PL3 – abril a junio

Durante el periodo de análisis de abril a junio la pala PL1 se asoció a un *dig rate* de 11,921.28 t/h, la pala PL2 se asoció a un *dig rate* de 11,784.37 t/h y la pala PL3 con un *dig rate* 11,779.71 t/h.

Los promedios del *dig rate* por zona, en equipos de carguío considera: zona *hornfels* con un *dig rate* 12,319.00 t/h, zona de intrusivo con un *dig rate* 11,672.59 t/h y en la zona *skarn* con un *dig rate* 11,779.71 t/h.

Tabla 25. Resumen del dig rate en palas 01, 02 y 03, abril a junio

RESUMEN DIG RATE (Ton/hr) - PALAS 01, 02, 03						
PERIODO ABRIL A JUNIO						
PERIODO ENERO MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. DIG RATE (Ton/hr)
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolita	
PALAO1		11,842.50		11,896.64		11,921.28
PALAO2	12,036.00	11,174.28		12,000.77	12,170.00	11,784.37
PALAO3	12,602.00	12,000.99		12,189.33	10,891.00	12,027.23
PROMEDIO (Ton/hr)	12,319.00	11,672.59		12,028.91	11,530.50	11,910.96
PROMEDIO ZONA SKARN					11,779.71	

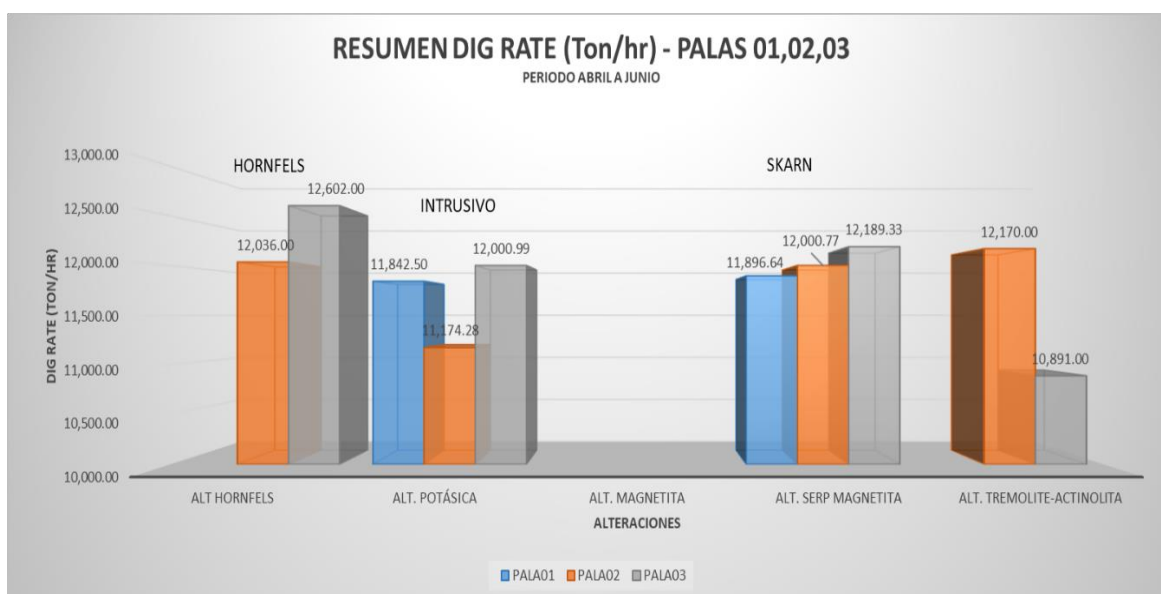


Figura 44. Resumen dig rate, abril a junio

c) Resumen de *dig rate* en equipos de carguío

El análisis comparativo en equipos de carguío PL1, PL2 y PL3 consideró un promedio del *dig rate* en 11,385.19 t/h durante los meses de enero a marzo y con un promedio del *dig rate* en 11,910.96 ton/hr para los meses de abril a junio.

El *dig rate* promedio en cada zona de estudio de enero a junio son: zona *hornfels* con un *dig rate* de 12,259.76 t/h, zona del intrusivo con un *dig rate* de 11,235.76 t/h y la zona *skarn* con un *dig rate* de 11,226.48 t/h.

La mejora en el incremento del *dig rate* fue durante el segundo periodo considerado en: zona *hornfels* de 12,200.52 t/h a 12,319.00 t/h, en la zona de intrusivo de 10,798.93 t/h a 11,672.59 y en la zona *skarn* de 11,185.00 t/h a

11,779.71, donde el mayor *dig rate* está asociado a la alteración serpentina – magnetita (zona *skarn*).

Tabla 26. Comparativo del *dig rate* en palas 01, 02 y 03, enero a junio

COMPARATIVO DIG RATE (Ton/hr) - PALAS 01, 02, 03						
PERIODO ENERO A JUNIO						
PERIODO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			PROM. FINOS (<1") %
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
ENERO A MARZO	12,200.52	10,798.93	10,244.50	11,468.74	11,841.75	11,385.19
ABRIL A JUNIO	12,319.00	11,672.59		12,028.91	11,530.50	11,910.96
PROMEDIO (%)	12,259.76	11,235.76	10,244.50	11,748.83	11,686.13	11,648.08
			PROMEDIO ZONA SKARN		11,226.48	

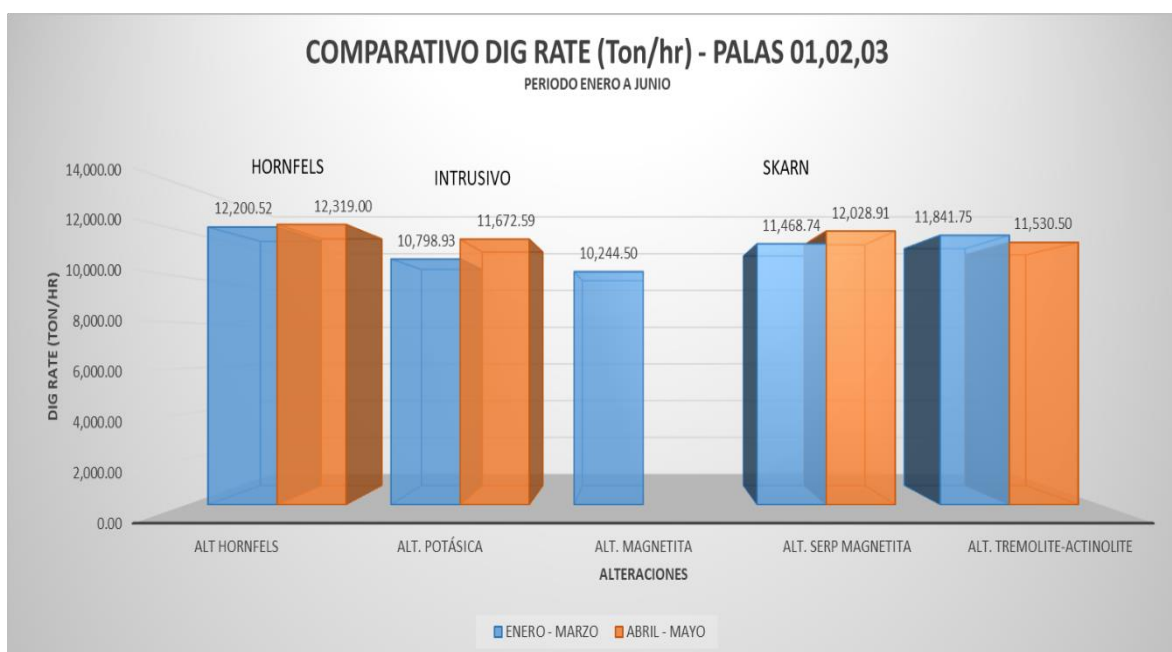


Figura 45. Comparativo *dig rate*, enero a junio

4.2 Validación de la hipótesis planteada

La validación de la hipótesis planteada en la tesis desarrollada es controlar el *dig rate* y granulometría en equipos de carguío mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación y voladura asociado a su alteración hidrotermal correspondiente, mediante el análisis en tres zonas: zona de *hornfels* (alteración *hornfels*, metamórfico), la zona intrusivos (alteración potásica) y zona *skarn*

(alteración magnetita, alteración serpentina - magnetita y alteración tremolita – actinolita) en la unidad minera.

4.2.1 Análisis de la relación dureza – granulometría – *dig rate*

a) Periodo enero a marzo

La relación dureza – granulometría con el *dig rate* durante la primera etapa de análisis, periodo de enero a marzo considera los valores medios de: zona de *hornfels* con 2.41 de dureza, con 2.30 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 12,087.00 t/h, zona de intrusivos con 3.28 de dureza, con 2.39 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 10,573.89 t/h y en la zona de *skarn* con 2.70 de dureza, con 2.69 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 11,007.97 t/h.

El promedio de dureza para los meses de enero a marzo fue de 2.78, promedio de granulometría P80 de 2.48 pulgadas y el promedio de *dig rate* de 10,951.00 t/h.

Tabla 27. Relación dureza – granulometría – *dig rate*, enero a marzo

RELACIÓN DUREZA - GRANULOMETRÍA - DIG RATE						
PERIODOS ENERO A MARZO						
PERIODO ENERO - MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
DUREZA	2.41	3.28	2.50	3.09	2.50	2.78
GRANULOM.(P80-Pulg)	2.30	2.39	2.86	2.73	2.47	2.48
DIG RATE (Ton/hr)	12,087.00	10,573.89	10,121.67	11,060.50	11,841.75	10,951.00
			RESUMEN DE SKARN		11,007.97	

Fuente: propia

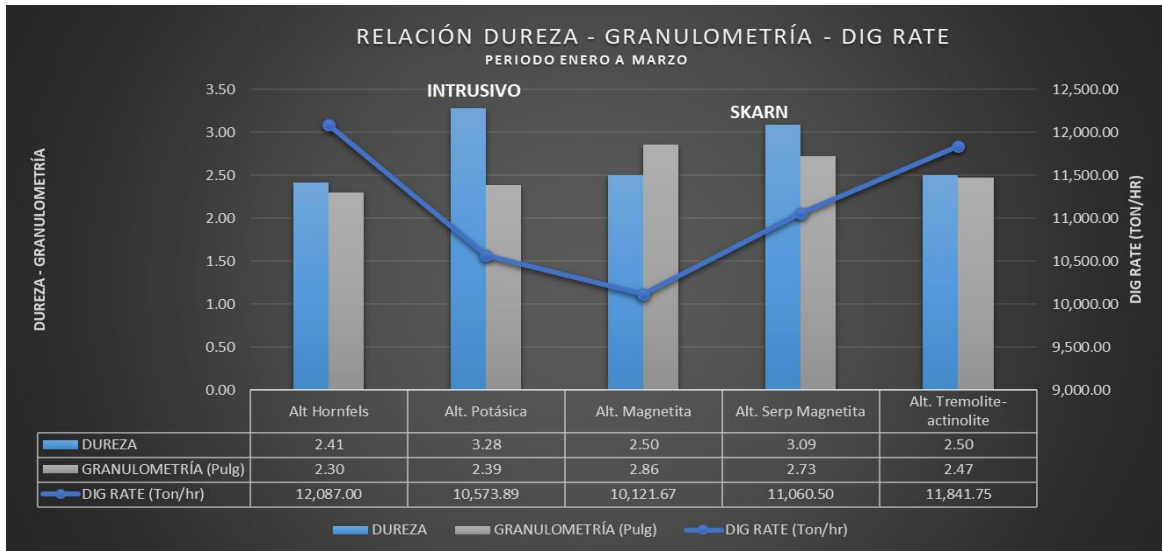


Figura 46. Relación dureza – P80 – dig rate, enero a marzo

b) Periodo abril a junio

La relación dureza – granulometría con el *dig rate* durante la segunda etapa de análisis, periodo de abril a junio considera los valores medios de: zona de *hornfels* con 2.39 de dureza, con 2.45 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 12,628.50 t/h, zona de intrusivos con 3.41 de dureza, con 2.58 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 11,890.67 t/h y en la zona de *skarn* con 2.35 de dureza, con 2.32 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 11,320.86 t/h. El promedio de dureza para los meses de abril a junio fue de 2.85, promedio de granulometría P80 de 2.47 pulgadas y el promedio de *dig rate* de 11,845.87 t/h.

Tabla 28. Relación dureza – granulometría – dig rate, abril a junio

RELACIÓN DUREZA - GRANULOMETRÍA - DIG RATE						
PERIODOS ABRIL - JUNIO						
PERIODO ENERO - MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
DUREZA	2.39	3.41	2.33	2.32	2.39	2.85
GRANULOM.(P80-Pulg)	2.45	2.58	2.42	2.46	2.09	2.47
DIG RATE (Ton/hr)	12,628.50	11,890.67	10,057.03	11,861.65	12,043.90	11,845.87
			RESUMEN DE SKARN			11,320.86

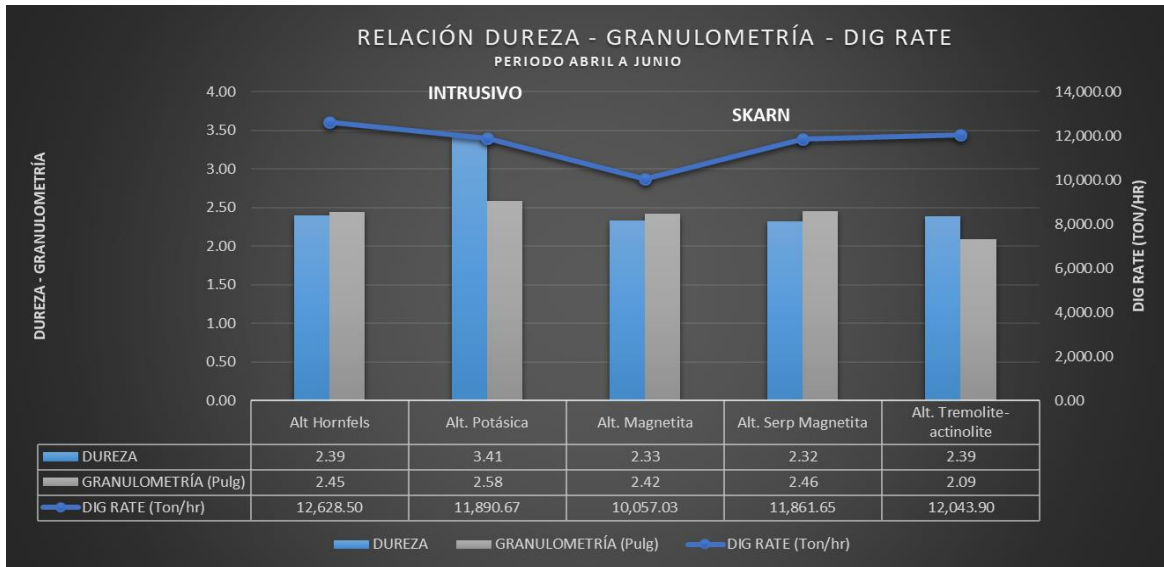


Figura 47. Relación dureza – P80 – dig rate, abril a junio

c) Resumen de validación relación dureza – granulometría – dig rate

El análisis comparativo durante los periodos evaluados, permite una mejora en las diferentes variables operacionales analizadas, donde hubo una mejora en el segundo periodo donde: la dureza se incrementó de 2.78 a 2.85, la granulometría se controló y varió de 2.48 a 2.47 pulgadas, finalmente el controlar las diferentes mallas de perforación y voladura, permitió la mejora del dig rate de 10,951.00 a 11,845.87 t/h, con un incremento de 894.87 t/h en el rendimiento de los equipos de carguío.

Tabla 29. Validación en la relación dureza – granulometría – dig rate, enero a junio

RELACIÓN DUREZA - GRANULOMETRÍA - DIG RATE			
PERIODOS ENERO A MARZO - ABRIL A JUNIO			
PERIODOS	ENERO - MARZO	ABRIL - JUNIO	MEJORA
DUREZA	2.78	2.85	0.07
GRANULOM.(P80-Pulg)	2.48	2.47	-0.01
DIG RATE (Ton/hr)	10,951.00	11,845.87	894.87

4.2.2 Análisis de la relación factor de potencia – granulometría – dig rate

El planteamiento del segundo objetivo en el desarrollo de la tesis es relacionar el factor de potencia con el grado de fragmentación y el dig rate, para optimizar los

costos de perforación y voladura, analizado en los 2 periodos de enero a marzo y de abril a junio.

a) Periodo enero a marzo

La relación factor de potencia – granulometría con el *dig rate* durante la primera etapa de análisis, periodo de enero a marzo considera los valores medios de: zona de *hornfels* con 0.58 kg/t de factor de potencia, con 2.30 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 12,087.00 t/h, zona de intrusivos con 0.57 kg/t de factor de potencia, con 2.39 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 10,573.89 t/h y en la zona de *skarn* con 0.59 kg/ton de factor de potencia, con 2.69 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 11,007.97 t/h.

El promedio del factor de potencia para los meses de enero a marzo fue de 0.59 kg/ton, promedio de granulometría P80 de 2.48 pulgadas y el promedio de *dig rate* de 10,951.00 t/h.

Tabla 30. Relación factor de potencia – granulometría – dig rate, enero a marzo

RELACIÓN FACTOR POTENCIA - GRANULOMETRÍA - DIG RATE						
PERIODOS ENERO A MARZO						
PERIODO ENERO - MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	0.58	0.57	0.70	0.61	0.45	0.59
GRANULOM.(P80-Pulg)	2.30	2.39	2.86	2.73	2.47	2.48
DIG RATE (Ton/hr)	12,087.00	10,573.89	10,121.67	11,060.50	11,841.75	10,951.00
			RESUMENDIG RATE SKARN		11,007.97	

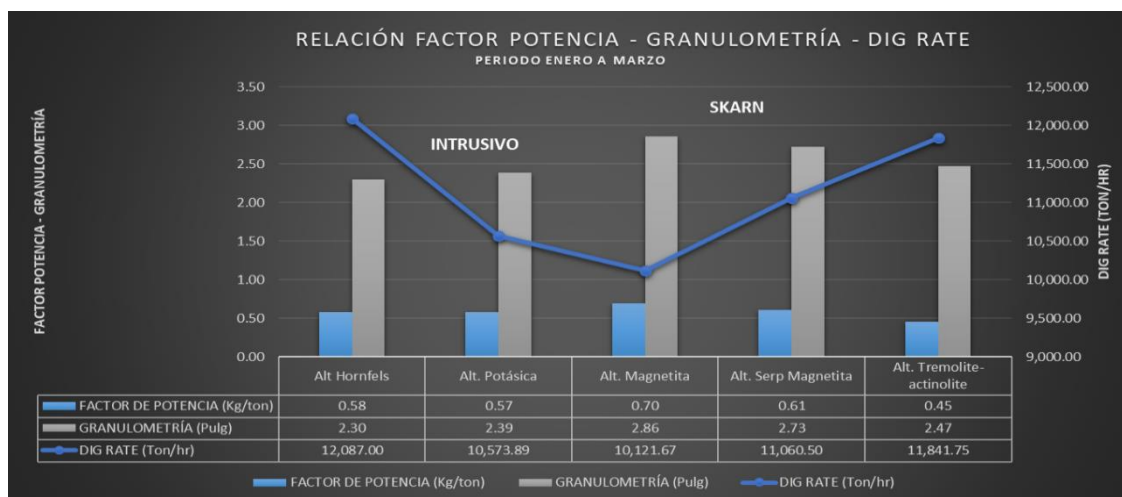


Figura 48. Relación factor de potencia – P80 – dig rate, enero a marzo

b) Periodo abril a junio

La relación factor de potencia – granulometría con el *dig rate* durante la primera etapa de análisis, periodo de abril a junio considera los valores medios de: zona de *hornfels* con 0.60 kg/t de factor de potencia, con 2.45 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 12,628.50 t/h, zona de intrusivos con 0.57 kg/t de factor de potencia, con 2.58 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 11,890.67 t/h y en la zona de *skarn* con 0.54 kg/t de factor de potencia, con 2.32 pulgadas de granulometría de P80 y con un *dig rate* 11,320.86 t/h.

El promedio del factor de potencia para los meses de abril a junio fue de 0.53 kg/t, promedio de granulometría P80 de 2.47 pulgadas y el promedio de *dig rate* en 11,845.87 t/h.

Tabla 31. Relación factor de potencia – granulometría – dig rate, abril a junio

RELACIÓN FACTOR POTENCIA - GRANULOMETRÍA - DIG RATE						
PERIODOS ABRIL - JUNIO						
PERIODO ENERO - MARZO	HORNFELS	INTRUSIVO	SKARN			Promedio
	Alt Hornfels	Alt. Potásica	Alt. Magnetita	Alt. Serp Magnetita	Alt. Tremolite-actinolite	
FACTOR POTENCIA (Kg/ton)	0.60	0.57	0.64	0.57	0.40	0.53
GRANULOM.(P80-Pulg)	2.45	2.58	2.42	2.46	2.09	2.47
DIG RATE (Ton/hr)	12,628.50	11,890.67	10,057.03	11,861.65	12,043.90	11,845.87
RESUMEN DIG RATE SKARN					11,320.86	

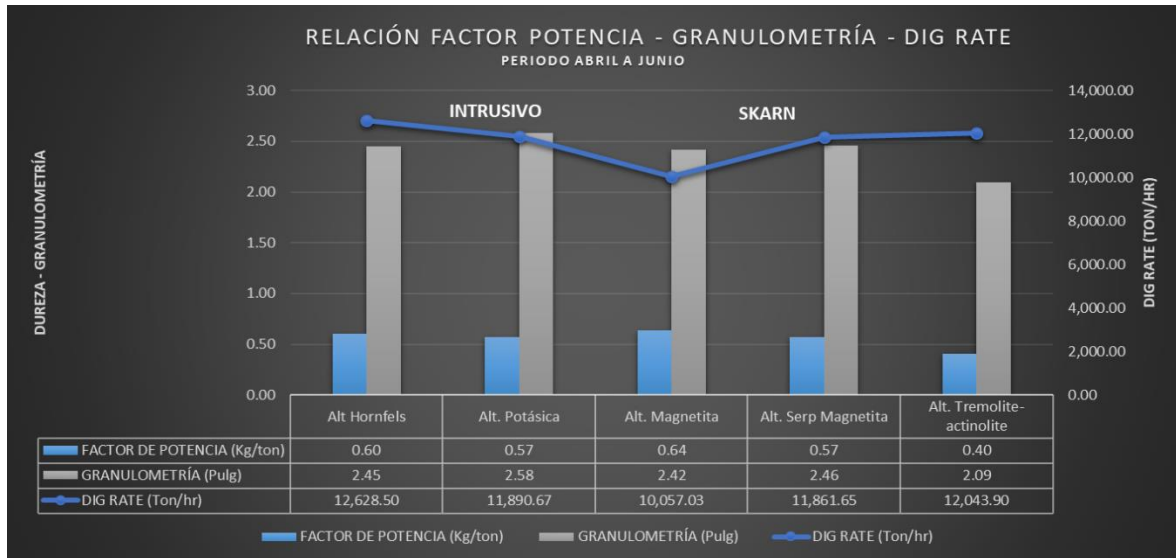


Figura 49. Relación factor de potencia – P80 – dig rate, abril a junio

c) Resumen de validación relación factor de potencia – granulometría – dig rate

El análisis comparativo durante los periodos evaluados permite una mejora en las diferentes variables operacionales analizadas, se evidencia que hubo una mejora en el segundo periodo: el factor de potencia disminuyó de 0.59 a 0.53 kg/t, la granulometría se controló y varió de 2.48 a 2.47 pulgadas, finalmente el controlar las diferentes mallas de perforación y voladura permitió la mejora del dig rate de 10,951.00 a 11,845.87 t/h, con un incremento de 894.87 t/h en el rendimiento de los equipos de carguío y disminución de costos de perforación y voladura.

Tabla 32. Validación en la relación factor potencia –granulometría–dig rate, enero a junio

RELACIÓN FACTOR POTENCIA - GRANULOMETRÍA - DIG RATE
PERIODOS ENERO A MARZO - ABRIL A JUNIO

PERIODOS	ENERO - MARZO	ABRIL - JUNIO	MEJORA
FACTOR DE POTENCIA (Kg/ton)	0.59	0.53	-0.06
GRANULOM.(P80-Pulg)	2.48	2.47	-0.01
DIG RATE (Ton/hr)	10,951.00	11,845.87	894.87

4.2.3 Análisis de costos de perforación y voladura

Durante el estudio se realizó el análisis de costos de perforación y voladura, considerando diferentes mallas de perforación de acuerdo con su alteración hidrotermal o zona asociada.

Una de las zonas de mayor incidencia en los parámetros operacionales es el intrusivo con alteración potásica, por considerar su mayor dureza a medida que se va profundizando.

Se realizó un análisis considerando el uso de diferentes accesorios de voladura, como el retenedor de energía (bolsas de aire tipo taponex) que incidieron directamente en la altura de carga, la cantidad de explosivos, el factor de potencia y los costos unitarios de perforación y voladura. El análisis desarrollado durante el periodo de enero a marzo, sin considerar la bolsa de aire tipo taponex y en la segunda etapa de abril a junio considerando el uso de bolsas de aire tipo taponex.

Los parámetros de diseño de perforación y voladura en intrusivos consideran: malla de 5.7 x 4.9 m (espaciamiento x burden), altura de banco 15 m, sub drilling de 1 m, diámetro de broca de 12 ¼ " y malla triangular.

a) Costos de perforación y voladura periodo enero a marzo (sin cámara de aire)

Durante el periodo de enero a marzo en la zona de intrusivo, considera una altura de carga de 9.0 m, sin considerar un retenedor de energía (bolsa de aire tipo taponex), altura de taco de 7.0 m, el tipo de explosivo a utilizar fue la emulsión gasificable MEQ 73 (70 % de emulsión gasificable, slurrex Q y 30 % de nitrato de amonio Quantex), con un total de explosivo de 828 kg y un tonelaje teórico por taladro de 1,048 toneladas, considera un factor de potencia de 0.79 kg/t.

El costo por metro es de 44.7 \$/m, el costo por taladro es de 357.4 \$/tal y el costo unitario se considera en 0.24 \$/t.

Tabla 33. Diseño de carga sin cámara de aire, en intrusivo, enero a marzo
CARGA SIN CÁMARA DE AIRE (CORRIDA)

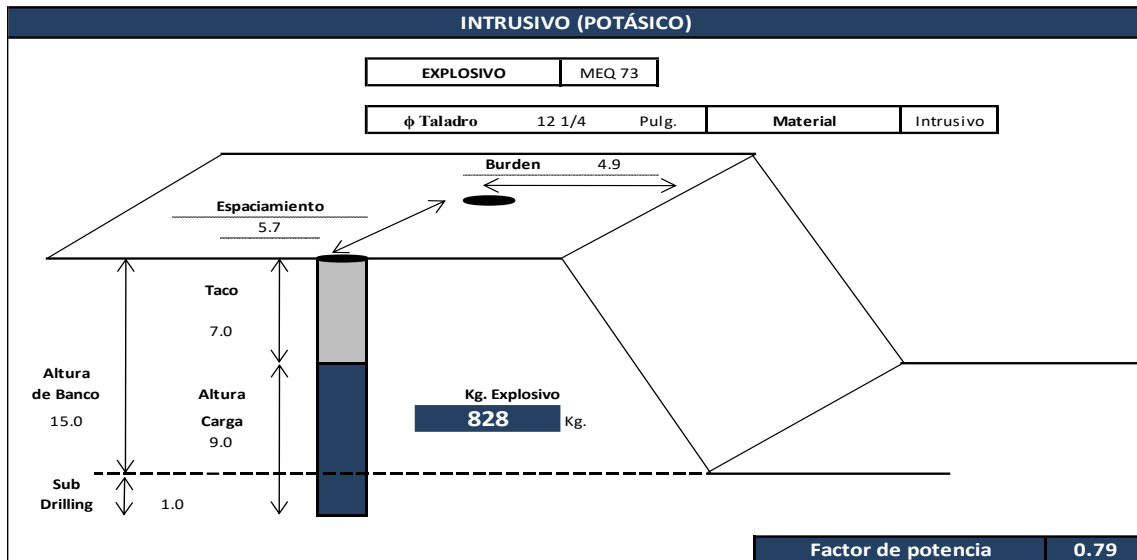


Tabla 34. Costo unitario de perforación y voladura, sin cámara de aire, enero a marzo

COSTO UNITARIO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - ZONA INTRUSIVO				
PERIODO ENERO A MARZO				
Cantidad de Taladros	#	83.0	43.0	95.0
Nitrato de Amonio	Kg	19,787	10,251	22,648
Emulsion	Kg	48,093	24,916	55,047
Diesel D2	Kg	618	320	708
Nitrito de Sodio	Kg	206	107	236
Cantidad de Explosivos	Kg	68,705	35,594	78,638
Costo Parcial	\$	29,125	15,089	33,336
Cantidad de N.A.	Kg	52,686		
Cantidad de Emulsion	Kg	128,056		
Diesel D2	Kg	1,646		
Nitrito de Sodio	Kg	549		
Cantidad de Explosivo	Kg	182,937		
Cantidad Total de Taladros	#	221		
Costo Explosivos	\$	78,993		
Costo de Accesorios	\$	7,362		
Costo Total	\$	86,355		
Costo Total (5% Imprevistos)	\$	90,673		
Area de Disparo	m ²	10,220		
Volumen de Disparo	m ³	153,300		
Tonelaje Total	ton	383,250		
Costo Unitario	\$/ton	0.24		
Factor de potencia	Kg/ton	0.48		

Electrónico	Si
Costo	3,958

Taponex	No
Taladros	110
Costo	-

b) Costos de perforación y voladura periodo abril a junio (con cámara de aire)

Durante el periodo de enero a marzo en la zona de intrusivo, considera una altura de carga de 8.0 m, considerando un retenedor de energía (bolsa de aire tipo taponex) de 1.0 m, altura de taco de 7.0 m, el tipo de explosivo a utilizar fue la emulsión gasificable MEQ 73 (70 % de emulsión gasificable, slurrex Q y 30 % de nitrato de amonio Quantex), con un total de explosivo de 724 kg y un tonelaje teórico por taladro de 1,048 toneladas, considera un factor de potencia teórico de 0.69 kg/t.

El costo por metro es de 44.7 \$/m, el costo por taladro es de 312.8 \$/tal y el costo unitario se considera en 0.21 \$/t.

Tabla 35. Diseño de carga con cámara de aire en intrusivo, enero a marzo
CARGA CON CAMARA DE AIRE

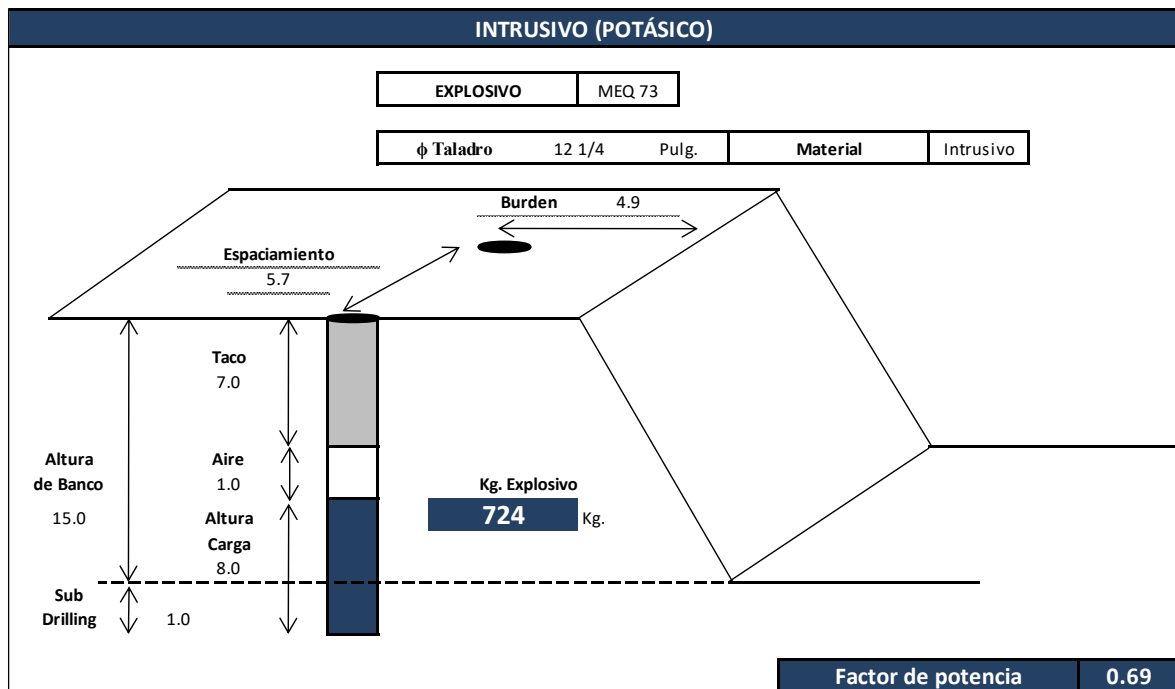


Tabla 36. Costo unitario de perforación y voladura, con cámara de aire, abril a junio

COSTO UNITARIO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA - ZONA INTRUSIVO				
PERIODO ABRIL A JUNIO				
Cantidad de Taladros	#	33.0	25.0	156.0
Nitrato de Amonio	Kg	6,884	5,215	32,541
Emulsion	Kg	16,731	12,675	79,093
Diesel D2	Kg	215	163	1,017
Nitrito de Sodio	Kg	72	54	339
Cantidad de Explosivos	Kg	23,902	18,107	112,990
Costo Parcial	\$	10,321	7,819	48,790
Cantidad de N.A.	Kg	44,640		
Cantidad de Emulsion	Kg	108,500		
Diesel D2	Kg	1,395		
Nitrito de Sodio	Kg	465		
Cantidad de Explosivo	Kg	155,000		
Cantidad Total de Taladros	#	214		
Costo Explosivos	\$	66,930		
Costo de Accesorios	\$	8,841		
Costo Total	\$	75,771		
Costo Total (5% Imprevistos)	\$	79,559		
Area de Disparo	m2	10,220		
Volumen de Disparo	m3	153,300		
Tonelaje Total	ton	383,250		
Costo Unitario	\$/ton	0.21		

Electrónico	Si
Costo	3,833

Taponex	Si
Taladros	214
Costo	1,712

c) Resumen de costos de perforación y voladura

El análisis comparativo de costos unitarios de perforación y voladura durante los periodos evaluados permite una mejora en las diferentes variables operacionales como una disminución del factor de potencia de 0.48 a 0.40 kg/t, así como una disminución del costo unitario por taladro de 350.90 a 312.76 \$/tal con un ahorro de 38.15 \$/tal y una disminución de costo por tonelada de 0.24 a 0.21 \$/t con una disminución de 0.03 \$/t.

Tabla 37. Validación de costo unitario de perforación y voladura con y sin cámara de aire, enero a marzo – abril a junio

VALIDACIÓN DE COSTO UNITARIO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA (CON Y SIN CÁMARA DE AIRE)					
PERIODO ENERO A MARZO - ABRIL A JUNIO EN INTRUSIVOS					
PERIODO	Ton Teór (Ton)	Costo por Taladro (\$/tal)	Tonelaje Total (Ton)	Costo Unit (\$/ton)	Potenc. (Kg/
ENERO A MARZO	1,047.80	350.90	383,250.00	0.24	0.48
ABRIL A JUNIO	1,047.80	312.76	383,250.00	0.21	0.40
PROM - DIF	1,047.80	38.15	383,250.00	0.03	0.07

Finalmente, el presente trabajo de investigación permitió controlar el grado de fragmentación y el *dig rate* en equipos de carguío mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación y voladura en las zonas de *hornfels*, intrusivo y *skarn*, durante el periodo de análisis de enero a junio, mejorando las t/h cargadas, incrementando el *dig rate* en 894.87 t/h y la reducción de costos de perforación y voladura en 0.03 \$/t.

CONCLUSIONES

1. El presente trabajo de investigación analizó e interpretó el control del *dig rate* (tasa de excavación) y el grado de fragmentación en equipos de carguío de acuerdo a la aplicación de diferentes mallas de perforación y voladura en los sectores asociados a la zona de *hornfels* (alteración *hornfels*, metamórfico), la zona intrusivos (alteración potásica) y zona *skarn* (alteración magnetita, alteración serpentina - magnetita y alteración tremolita – actinolita) de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.
2. El análisis comparativo de la relación dureza - granulometría y su influencia en el *dig rate* durante los periodos evaluados permite una mejora en las diferentes variables operacionales analizadas durante el segundo periodo, al controlar las diferentes mallas de perforación y voladura por cada sector. La dureza se incrementó de 2.78 a 2.85, la granulometría se controló y varió de 2.48 a 2.47 pulgadas y de acuerdo con estos resultados se mejoró el *dig rate* de 10,951.00 a 11,845.87 t/h, con un incremento de 894.87 t/h, con una mejora sustancial en el rendimiento de los equipos de carguío.
3. El análisis comparativo de la relación factor de potencia – granulometría y su incidencia en la mejora del *dig rate* durante los periodos evaluados permite una mejora durante el segundo periodo considerando que el factor de potencia disminuyó de 0.59 a 0.53 kg/t, este menor consumo de explosivos, influye directamente en los costos de perforación y voladura para los meses de abril a junio, así mismo el control de la granulometría de 2.48 a 2.47 pulgadas y una mejora en el *dig rate* de 10,951.00 a 11,845.87 t/h, con un incremento de 894.87 t/h.
4. El control de las variables de granulometría – factor de potencia en las diferentes zonas evaluadas (zona *hornfels*, zona de intrusivo y zona de *skarn*), influye directamente en la mejora del *dig rate* en 894.87 t/h durante los periodos evaluados. Esta mejora del *dig rate* influye directamente en la disminución de los

costos de perforación y voladura en los diferentes frentes operacionales producto de la disminución del factor de potencia de 0.48 a 0.40 kg/t, así como una disminución del costo unitario por taladro de 350.90 a 312.76 \$/tal con un ahorro de 38.15 \$/tal y una disminución de costo por tonelada de 0.24 a 0.21 \$/t con una disminución de 0.03 \$/t.

5. El presente trabajo de investigación permitió controlar el grado de fragmentación y el *dig rate* en equipos de carguío, mediante la aplicación de diferentes mallas de perforación y voladura en las zonas de *hornfels*, intrusivo y *skarn*, durante el periodo de análisis de enero a junio, mejorando las t/h cargadas, incrementando el *dig rate* en 894.87 t/h y la reducción de costos de perforación y voladura en 0.03 \$/ton.
6. Finalmente, el incremento del *dig rate* para los meses de abril a junio permitió una reducción de costos de perforación y voladura, considerando 90 días operacionales, 20 horas efectivas, mejora el *dig rate* en 894.87 t/h y una optimización en los costos de perforación y voladura en 0.03 \$/ton, generó una reducción de \$ 48,322.98.

RECOMENDACIONES

1. Continuar realizando estudios similares del control de *dig rate* relacionado a variables de alteraciones hidrotermales mixtas (zonas de contacto entre alteraciones pórvido y *skarn*).
2. Se recomienda relacionar los resultados obtenidos post voladura con los procesos de acarreo y de conminución.
3. Se recomienda analizar el tonelaje producido y el tonelaje procesado, considerando las diferentes variables operacionales que influyen directamente en las toneladas procesadas por hora (TPH).
4. Se recomienda relacionar estudios de *machine learning* en los procesos mina y planta para generar programas de optimización y reducción de costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABARCA, Alfonso. Estudio y aplicación de un modelo de fragmentación secundaria para el proyecto mina Chuquicamata subterráneo. Tesis (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2016, 100 pp.
2. GÓMEZ, René. Modelo de fragmentación secundaria y colgaduras en minería de caving. Tesis (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2014, 81 pp.
3. CÓRDOVA, Gustavo. Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción Gerencia Mina, División Ministro Hales Codelco Chile. Tesis (Título de Ingeniero Civil en Minas). Santiago - Chile: Universidad de Chile, 2015, 51 pp.
4. HUAMANÍ, Paúl. Análisis de las variables operacionales para el mejoramiento de la producción en equipos de carguío en Minera Chinalco Perú S.A. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Continental, 2021, 105 pp.
5. MERCADO, Jorge y MARÍN, Jorge. Análisis de los indicadores de productividad en equipos de carguío y acarreo para la mejora del rendimiento operacional y reducción de costos en Compañía Minera Kolpa S. A. – 2021. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Continental, 2021, 124 pp.
6. CUCHULA, José y HUARI, Dilmer. Análisis del uso de cámaras de aire para la reducción de costos en voladura en una mina a tajo abierto - Nazca 2021. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Huancayo – Perú: Universidad Continental, 2021, 107 pp.

ANEXOS

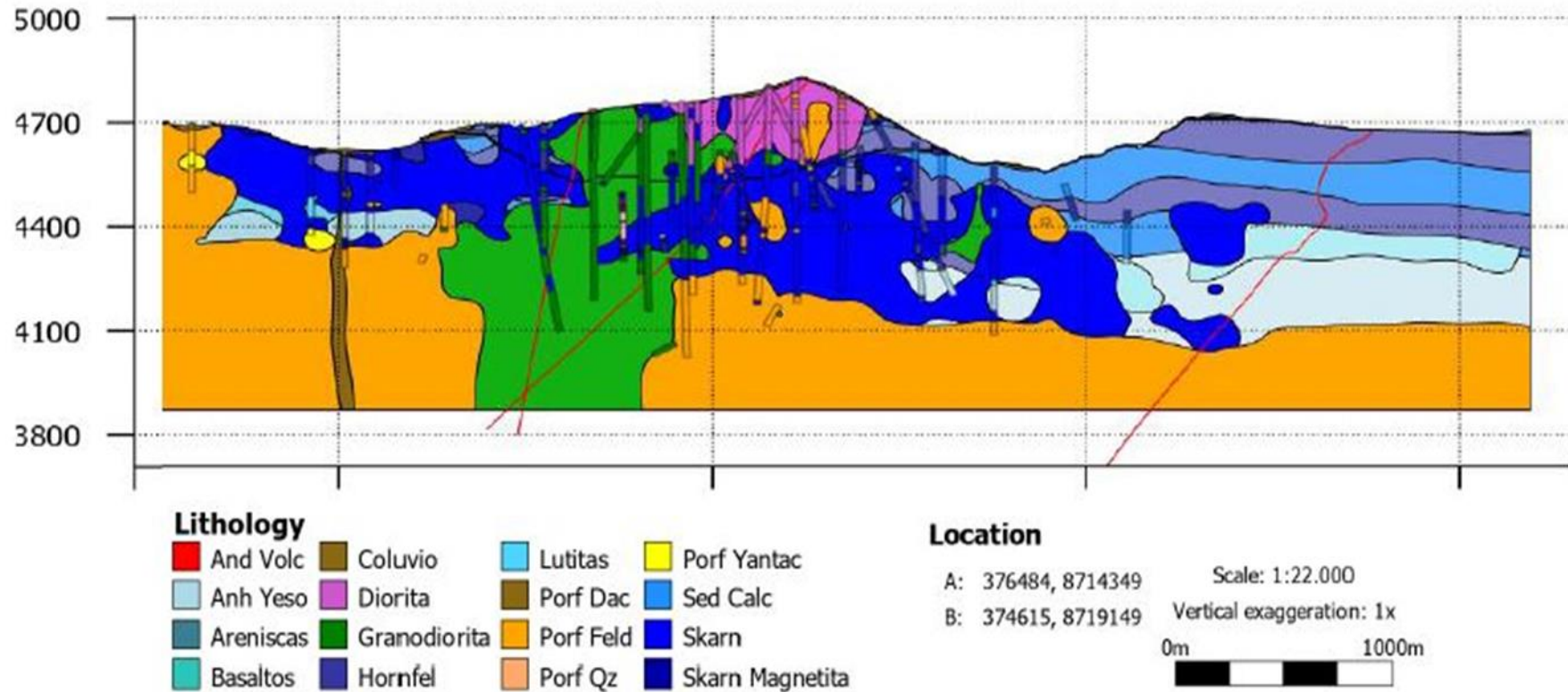
Anexo 1

Matriz de operacionalización de variables

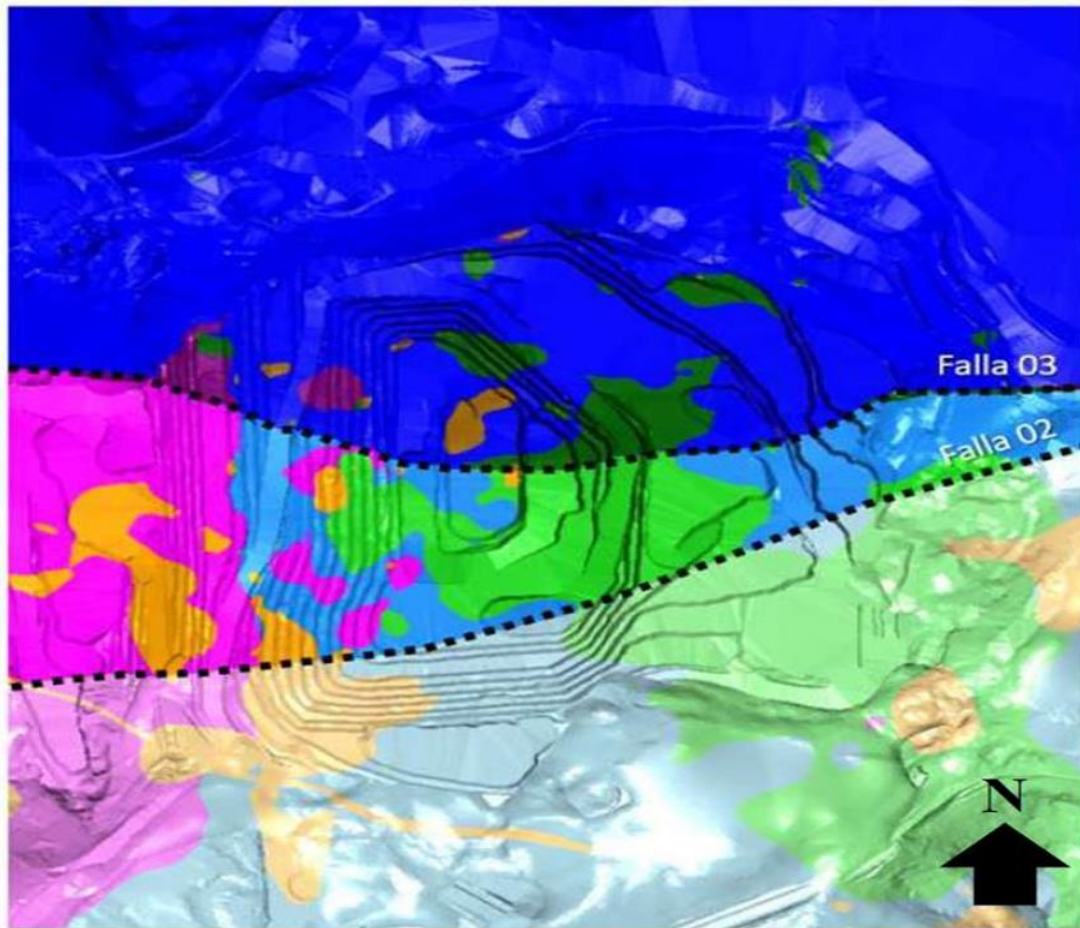
Tabla 38. *Tabla de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:				
Aplicación de diferentes Mallas de perforación y voladura	Los diferentes diseños de malla de perforación y voladura, permitirán controlar los resultados de los siguientes procesos unitarios de carguío, acarreo y los procesos de conminución (chancado y molienda).	<ul style="list-style-type: none"> • Variables geológicas. • Variables geomecánicas. • Variables Operacionales. 	Dominios geológicos. Dominios geomecánicos Diseño de malla de perforación y voladura.	Tipos de roca, alteración hidrotermal asociada, etc. Dureza, densidad, etc. Espaciamiento, burden, altura de carga, accesorios de voladura, etc.
VD:	Definir variables operacionales para la mejora del rendimiento de equipos de carguío, están asociadas al grado de fragmentación y dig rate (ton/hr).	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de carguío Palas Eléctricas • Costos de perforación y voladura. 	Mallas de perforación y voladura, por alteración hidrotermal.	<u>Categoría:</u> Producción Grado de fragmentación Dig rate Costos de perforación y voladura.

Anexo 2
Planos en planta



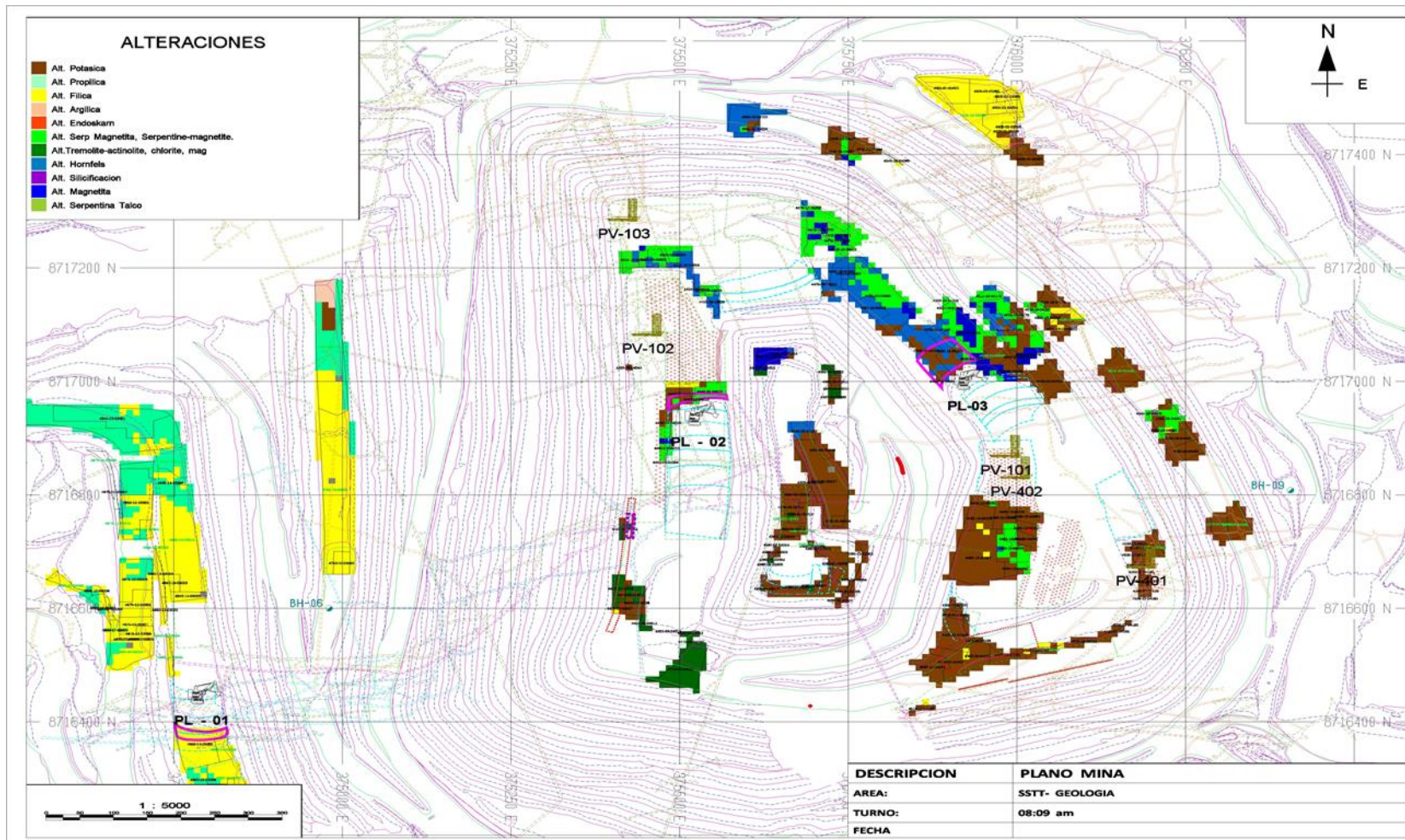
*Figura 50. Perfil geológico, área de proyecto
Tomada del Departamento de Geología*



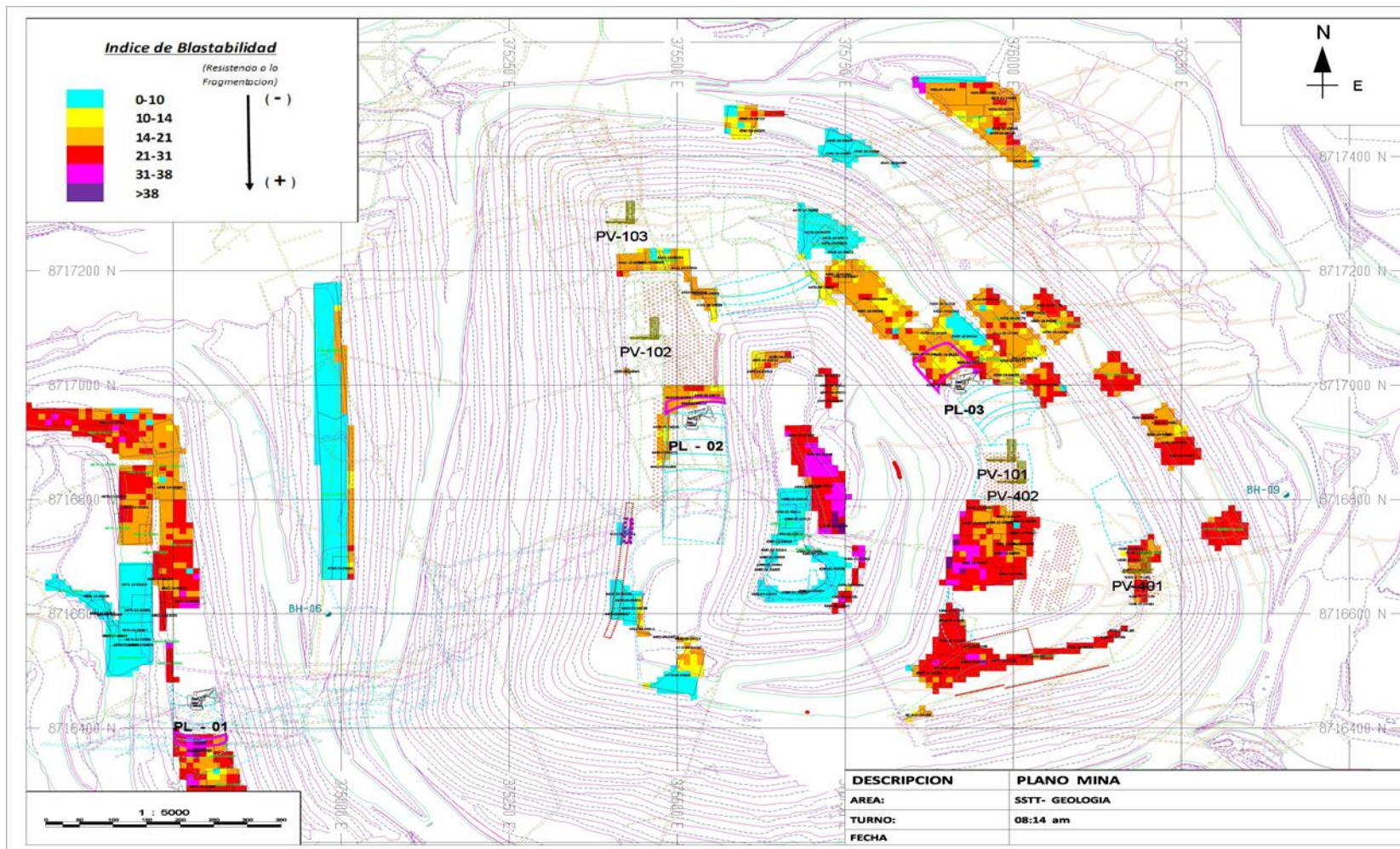
DOMINIOS ESTRUCTURALES

- 1_JURASICO
- 1_GRANODIORITA
- 1_PORFIDOS TERCARIOS
- 1_DIORITA
- 2_JURASICO
- 2_GRANODIORITA
- 2_PORFIDOS TERCARIOS
- 2_DIORITA
- 3_JURASICO
- 3_GRANODIORITA
- 3_PORFIDOS TERCARIOS
- 3_DIORITA
- Fallas Principales

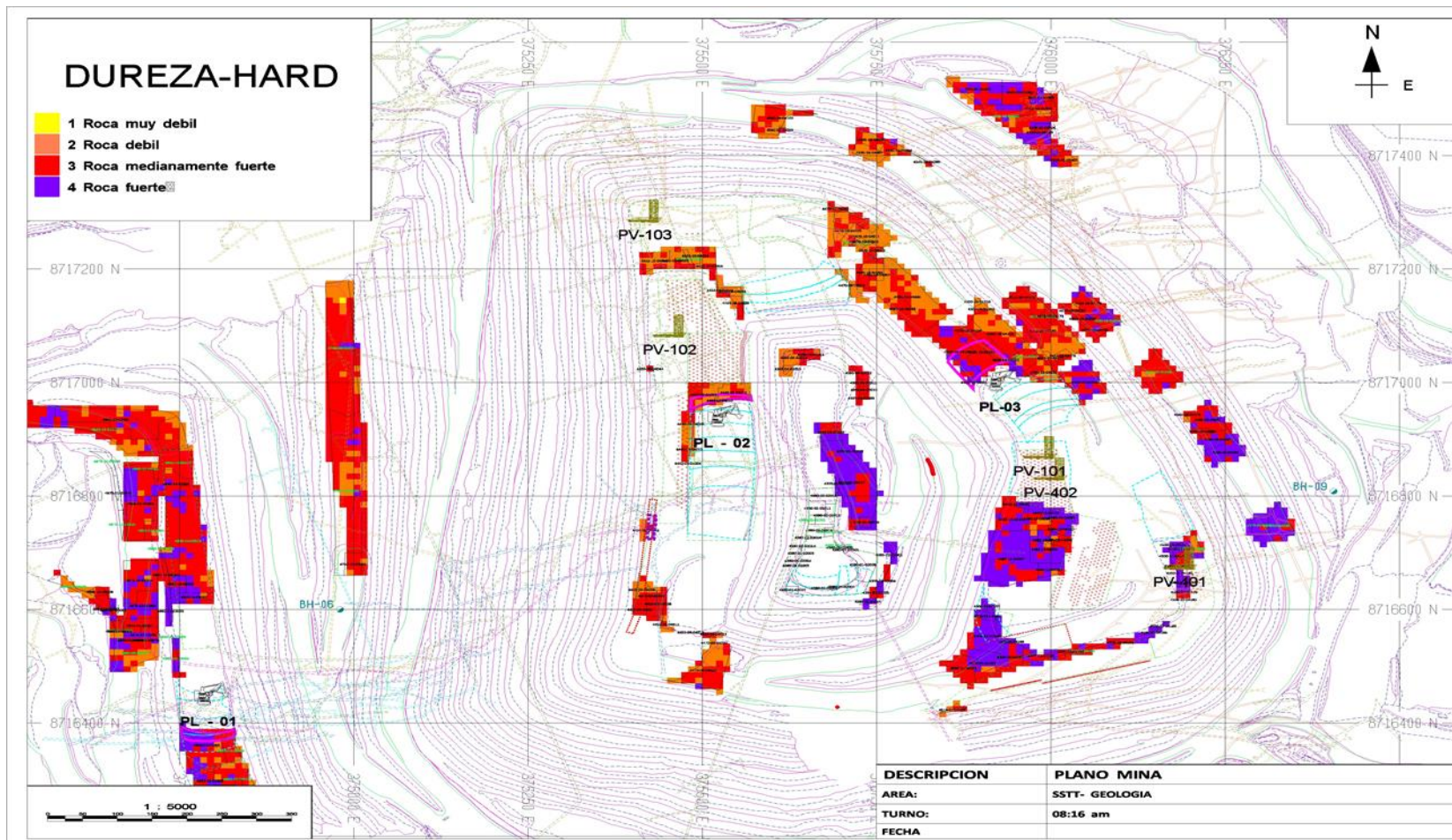
Figura 51. Dominios estructurales, área de proyecto Tomada del Departamento de Geomecánica



**Figura 52. Plano de alteraciones hidrotermales, turno Am zona pórfido y skarn
Tomada del Departamento de Planeamiento**



**Figura 53. Plano de índice de blastabilidad, zona pórfido y skarn
Tomada del Departamento de Planeamiento**



**Figura 54. Plano de dureza, zona pórfido y skarn
Tomada del Departamento de Planeamiento**

Anexo 3

Fotos área de proyecto



**Figura 55. Pala eléctrica 02, polígono 4440, CAT - modelo 7495 HF
Tomada del Departamento de Planeamiento**



**Figura 56. Cargador frontal en stock 01, P&H – modelo LT2350
Tomada del Departamento de Planeamiento**



**Figura 57. Proceso carguío, pala eléctrica PL02
Tomada del Departamento de Planeamiento**



**Figura 58. Proceso de carguío, pala eléctrica PL03 y equipos de acarreo.
Tomada del Departamento de Planeamiento**