

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de variables operacionales bajo el  
concepto mine to mill para el cumplimiento de los  
planes de producción - Mina Cobriza**

Felix Osorio Mancco  
Jesus Eduardo Reinoso Lara

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: "ANÁLISIS DE VARIABLES OPERACIONALES BAJO EL CONCEPTO MINE TO MILL PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE PRODUCCIÓN – MINA COBRIZA", perteneciente a los estudiantes FELIX OSORIO MANCCO y JESUS EDUARDO REINOSO LARA, 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 18 % 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, Felix OSORIO MANCCO, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 40119784, 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: "ANÁLISIS DE VARIABLES OPERACIONALES BAJO EL CONCEPTO MINE TO MILL PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE PRODUCCIÓN – MINA COBRIZA", 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.

10 de 09 de 2023.



---

Felix OSORIO MANCCO

DNI. No. 40119784

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jesus Eduardo REINOSO LARA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 46767440, 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: "ANÁLISIS DE VARIABLES OPERACIONALES BAJO EL CONCEPTO MINE TO MILL PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE PRODUCCIÓN – MINA COBRIZA", 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.

07 de 09 de 2023.



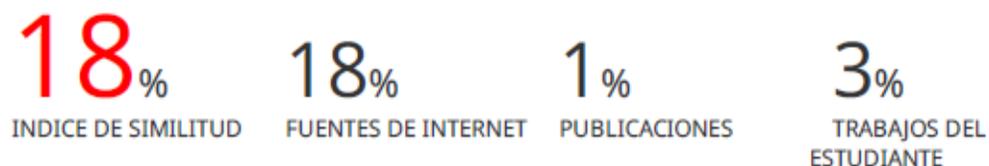
---

Jesus Eduardo REINOSO LARA

DNI. No. 46767440

# "ANÁLISIS DE VARIABLES OPERACIONALES BAJO EL CONCEPTO MINE TO MILL PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE PRODUCCIÓN - MINA COBRIZA"

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	12%
2	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="https://repositorio.gerens.edu.pe">repositorio.gerens.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://www.ilo.org">www.ilo.org</a> Fuente de Internet	<1%

9	<a href="http://repositorio.unan.edu.ni">repositorio.unan.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="http://www.esan.edu.pe">www.esan.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
12	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
13	<a href="http://repositorio.unjbg.edu.pe">repositorio.unjbg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
14	"Proceedings of the 4th Brazilian Technology Symposium (BTSym'18)", Springer Science and Business Media LLC, 2019 Publicación	<1%
15	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
16	<a href="http://it.scribd.com">it.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
17	<a href="http://repository.unilibre.edu.co">repository.unilibre.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
18	<a href="http://aegirasol.org">aegirasol.org</a> Fuente de Internet	<1%
19	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

20	<a href="http://trailforthjournal.com">trailforthjournal.com</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositorio.unica.edu.pe">repositorio.unica.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	"Operación regular de trenes mediante múltiples estrategias minimizando tiempos de pasajeros y consumo de energía", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018 Publicación	<1 %
26	<a href="http://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://docslide.us">docslide.us</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.grafiati.com">www.grafiati.com</a> Fuente de Internet	<1 %

---

31

www.minem.gob.pe  
Fuente de Internet

<1%

---

---

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias      < 10 words

Excluir bibliografía      Activo

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

Agrademos a Dios, ante todo, por haber hecho posible esta investigación a pesar de la pandemia que cobro la vida de muchas personas en el mundo.

Agradecemos al Ing. Javier Carlos Córdova Blancas por asesorarnos, orientarnos y corregirnos en el desarrollo de la presente tesis.

Asimismo, a los docentes de la carrera de Ing. de Minas de la Universidad Continental, por compartir sus conocimientos durante nuestra formación.

A la unidad minera Cobriza por el apoyo brindado en la realización de la presente tesis.

## **DEDICATORIA**

Tesis dedicada a todos los profesionales de minería y a los interesados en la ciencia de la tierra para que puedan avanzar aún más con investigaciones para el desarrollo de la minería actual.

A nuestras familias, por brindarnos su apoyo incondicional en los momentos difíciles para seguir adelante y perseverar hasta lograr nuestras metas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR-----	III
AGRADECIMIENTO-----	IV
DEDICATORIA-----	V
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	VI
ÍNDICE DE TABLAS-----	IX
ÍNDICE DE FIGURAS-----	X
RESUMEN-----	XII
ABSTRACT-----	XIV
INTRODUCCIÓN-----	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO-----	17
1.1. Planteamiento y formulación del problema-----	17
1.1.1. Planteamiento del problema-----	17
1.1.2. Formulación del problema-----	18
1.2. Objetivos-----	18
1.2.1. Objetivo general-----	18
1.2.2. Objetivos específicos-----	18
1.3. Justificación e importancia-----	19
1.3.1. Justificación social - práctica-----	19
1.3.2. Justificación académica-----	19
1.4. Hipótesis de la investigación-----	19
1.4.1. Hipótesis general-----	19
1.4.2. Hipótesis específicas-----	19
1.5. Identificación de las variables-----	20
1.5.1. Variable independiente-----	20
1.5.2. Variables dependientes-----	20
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables-----	20
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-----	22
2.1. Antecedentes del problema-----	22
2.1.1. Antecedentes internacionales y nacionales-----	22
2.2. Generalidades de la minera-----	24

2.2.1. Historia	24
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades	24
2.3. Geología general	25
2.4. Tipo de depósito	27
2.5. Recursos y reservas minerales	30
2.5.1. Recursos minerales	30
2.5.2. Reservas probadas y probables al 2018	30
2.6. Consideraciones operacionales	30
2.6.1. Método de minado	30
2.6.2. Labores de desarrollo	31
2.6.3. Labores de preparación	31
2.6.4. Nuevos accesos (Cámaras para Raise bore)	34
2.6.5. Labores de explotación mecanizada	34
2.7. Labores de explotación	37
2.8. Bases teóricas	44
2.8.1. Grado de fragmentación	45
2.8.2. Consideración de perforación y voladura	46
2.8.3. Consideraciones de limpieza	47
2.8.4. Consideraciones de los equipos de carguío y acarreo	48
2.8.5. Consideraciones de producción	49
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.1. Método y alcances de la investigación	50
3.1.1. Método de la investigación	50
3.1.2. Alcances de la investigación	51
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
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	52
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos	52
3.4.2. 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 las variables operacionales .....	53
4.1.2 Análisis de la granulometría .....	69
4.1.3 Análisis del rendimiento de los equipos asociado a la granulometría .....	74
4.1.4 Validación de la hipótesis planteada .....	79
CONCLUSIONES .....	85
RECOMENDACIONES .....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
ANEXOS .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables .....	20
Tabla 2. Accesibilidad .....	24
Tabla 3. Recursos medidos + indicados.....	30
Tabla 4. Reservas probadas y probables .....	30
Tabla 5. Características técnicas de carguío.....	48
Tabla 6. Características técnicas de carguío y acarreo .....	49
Tabla 7. Parámetros operacionales de equipos de carguío, mes de enero .....	54
Tabla 8. Parámetros operacionales de equipos de acarreo, mes de enero .....	56
Tabla 9. Parámetros operacionales de equipos de carguío, mes de febrero .....	58
Tabla 10. Parámetros operacionales de equipos de acarreo, mes de febrero .....	60
Tabla 11. Parámetros operacionales de equipos de carguío, mes de marzo .....	62
Tabla 12. Parámetros operacionales de equipos de acarreo, mes de marzo .....	64
Tabla 13. Parámetros operacionales de equipos de carguío, periodo actual.....	66
Tabla 14. Parámetros operacionales de equipos de acarreo, periodo actual .....	68
Tabla 15. Resumen de grado de fragmentación, XC 3630 escenario anterior.....	71
Tabla 16. Resumen de grado de fragmentación, TJ 1760 escenario actual .....	73
Tabla 17. Rendimiento equipos de carguío scoop ST14, periodo enero a marzo .....	75
Tabla 18. Rendimiento equipos de carguío scoop ST14, periodo actual .....	76
Tabla 19. Rendimiento equipos de acarreo dumper DUX, periodo enero a marzo .....	78
Tabla 20. Rendimiento equipos de acarreo dumper DUX, periodo actual .....	79
Tabla 21. Resumen de parámetros operacionales, equipos de carguío, scoops ST14 .....	80
Tabla 22. Resumen de parámetros operacionales, equipos de acarreo, dumper DUX .....	81
Tabla 23. Resumen de rendimiento, equipos de carguío, Scoop ST14 .....	82
Tabla 24. Resumen de rendimiento, equipos de acarreo, Dumper DUX .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Cobriza.....	25
Figura 2. Plano geológico regional de la mina Cobriza.....	26
Figura 3. Perfil estratigráfico de la mina Cobriza .....	27
Figura 4. Sección transversal de la mina Cobriza, manto Cobriza y Capricornio, mirando al NW.....	29
Figura 5. Vista longitudinal, sector Coris de la mina Cobriza .....	32
Figura 6. Vista longitudinal, sector Pumagayoc de la mina Cobriza .....	33
Figura 7. Preparación de tajeos, sector Coris de la mina Cobriza .....	35
Figura 8. Preparación de tajeos, sector Pumagayoc de la mina Cobriza .....	36
Figura 9. Paso 1: construcción de crucero, sector Coris de la mina Cobriza .....	38
Figura 10. Paso 2: desatado de rocas con scaler, sector Coris de la mina Cobriza .....	39
Figura 11. Paso 3: perforación con Jumbo, sector Coris de la mina Cobriza.....	40
Figura 12. Paso 4: voladura de mineral, sector Coris de la mina Cobriza .....	41
Figura 13. Paso 5: limpieza de mineral, sector Coris de la mina Cobriza .....	42
Figura 14. Paso 6: relleno, sector Coris de la mina Cobriza .....	43
Figura 15. Operaciones unitarias mina.....	44
Figura 16. Operaciones unitarias planta.....	45
Figura 17. Proceso mine to mill .....	45
Figura 18. Diseño de malla de roca Tipo I / II .....	46
Figura 19. Diseño de malla de roca Tipo III.....	47
Figura 20. Relación producción y horas de carguío, periodo enero.....	55
Figura 21. Relación producción y horas de acarreo, periodo enero.....	56
Figura 22. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo enero .....	57
Figura 23. Relación producción y horas de carguío, periodo febrero.....	59
Figura 24. Relación producción y horas de acarreo, periodo febrero .....	60
Figura 25. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo febrero .....	61
Figura 26. Relación producción y horas de carguío, periodo marzo .....	63

Figura 27. Relación producción y horas de acarreo, periodo marzo .....	64
Figura 28. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo marzo .....	65
Figura 29. Relación producción y horas de carguío, periodo actual .....	67
Figura 30. Relación producción y horas de acarreo, periodo actual .....	68
Figura 31. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo actual.....	69
Figura 32. Material post voladura, escenario anterior.....	70
Figura 33. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, escenario anterior .....	70
Figura 34. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, escenario anterior .....	71
Figura 35. Material post voladura, Nv 10 – Tj 1760, escenario actual .....	72
Figura 36. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, TJ 1760, escenario actual .....	72
Figura 37. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, TJ 1760, escenario actual .....	73
Figura 38. Análisis de número de pases, periodo enero a marzo .....	75
Figura 39. Análisis de número de pases, periodo actual .....	77
Figura 40. Resumen producción – horas carguío, periodo estudio.....	80
Figura 41. Resumen producción – horas acarreo, periodo estudio.....	81

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación permite analizar las variables operacionales asociadas a la granulometría y su influencia en los equipos de carguío y acarreo en la mina Cobriza.

Durante el desarrollo de la tesis se aplica el método analítico, en base al análisis descriptivo y explicativo. El trabajo es preexperimental, en el que se analizará la granulometría y su implicancia en el tonelaje, tiempo operacional, número de viajes y el rendimiento asociado a los equipos de carguío y acarreo durante los periodos de enero a marzo del 2018 y un escenario actual con la finalidad del cumplimiento de los planes de producción mediante la aplicación del concepto mina planta.

El análisis de los indicadores en equipos de carguío durante el primer periodo de análisis (enero a marzo) señalan un total de 10,471 toneladas y durante el segundo periodo de análisis (actual), 17,460 toneladas. Así, se observa un incremento de 6,989 toneladas. Si bien es cierto que existe un mayor tonelaje cargado con scoops ST14 de 11 yd<sup>3</sup>, esto está directamente relacionado a la granulometría que se incrementó de 6.56 a 26.78 pulgadas durante el periodo actual.

Asimismo, el análisis de los indicadores en equipos de acarreo considera un tonelaje acarreado para enero a marzo en 28,012 toneladas, con un total de 1040 viajes y para el periodo actual de 22,820 toneladas y un total de 837 viajes, con una diferencia de 5,192 toneladas. Este menor tonelaje acarreado durante el periodo actual está directamente relacionado con el incremento de la granulometría. Esta diferencia de la granulometría afectará directamente a la densidad del mineral con lo que disminuirá el número de viajes acarreados y un menor tonelaje.

El rendimiento de los equipos de carguío para el periodo enero a marzo genera una productividad horaria de 108.99 t/h y una productividad mensual de 78,476 t/mes y para el periodo actual se genera una productividad horaria de 98.42 t/h con una productividad mensual de 67,265 t/mes. Asimismo, la menor productividad en el periodo actual es debido al incremento de la granulometría.

El rendimiento de los equipos de acarreo para el periodo enero a marzo considera una productividad horaria de 54.50 t/h y una productividad mensual de 39,238 t/mes y para el periodo actual se genera una productividad horaria de 46.71 t/h con una productividad mensual de 33,633 t/mes. La menor productividad en el periodo actual es debido al incremento de la granulometría post voladura, incrementándose de 6.56 a 26.78 pulgadas, con un incremento de 20.22 pulgadas para los equipos de acarreo.

Finalmente, el control de la granulometría, considerando un P80 de planta en 5 pulgadas, ayuda a la mejora en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, por lo tanto, el cumplimiento de los planes de producción.

**Palabras clave:** mine to mill, rendimiento, carguío, acarreo, densidad, capacidad nominal, capacidad efectiva, granulometría, etc.

## ABSTRACT

The research work allows us to analyze the operational variables associated with granulometry and its influence on loading and hauling equipment at the Cobriza mine.

During the development of the thesis, the analytical method is applied, based on descriptive and explanatory analysis. The work is pre-experimental, in which the granulometry and its implication in the tonnage, operational time, number of trips and the performance associated with the loading and hauling equipment will be analyzed during the periods from January to March 2018 and a current scenario. , with the purpose of complying with the production plans, through the application of the mine aplanata concept.

The analysis of the indicators in loading equipment during the first analysis period (January to March), being 10,471 tons and during the second analysis period (current) at 17,460 tons, improving with an increase of 6,989 tons. Although it is true that there is a greater tonnage loaded with ST14 11 yd<sup>3</sup> scoops, this is directly related to the granulometry, which increased from 6.56 to 26.78 inches during the current period.

Likewise, the analysis of the indicators in haulage equipment considers a hauled tonnage for January to March of 28,012 tons, with a total of 1,040 trips and for the current period of 22,820 tons and a total of 837 trips, with a difference of 5,192 tons. This lower tonnage hauled during the current period is directly related to the increase in granulometry. This difference in granulometry will directly affect the density of the mineral, which will reduce the number of trips carried and a lower tonnage.

The performance of the loading equipment for the period January to March generates an hourly productivity of 108.99 ton/hr and a monthly productivity of 78,476 t/month and for the current period an hourly productivity of 98.42 t/h is

generated with a monthly productivity of 67,265 t/month. Likewise, the lower productivity in the current period is due to the increase in granulometry.

The performance of the hauling equipment for the period from January to March considers an hourly productivity of 54.50 t/h and a monthly productivity of 39,238 ton/month and for the current period an hourly productivity of 46.71 t/h is generated with a monthly productivity of 33,633 t/month. The lower productivity in the current period is due to the increase in the post blast granulometry, increasing from 6.56 to 26.78 inches, with an increase of 20.22 inches for the haulage equipment.

Finally, the control of the granulometry, considering a P80 plant in 5 inches, helps to improve the performance of the loading and hauling equipment, therefore, the fulfillment of the production plans.

**Keywords:** mine to mill, performance, loading, hauling, density, nominal capacity, effective capacity, granulometry, etc.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una operación minera implica cumplir el plan de minado programado y definir su incidencia en el programa de producción. El concepto *mine to mill*, se utiliza desde fines del 1990 en la universidad de Queensland, el cual se orienta en englobar los procesos de mina y planta.

El desarrollo de la tesis involucra el análisis del proceso de gestión *mine to mill* en carguío y acarreo, con el objetivo de medir su rendimiento asociado.

Uno de los parámetros que involucra el rendimiento de los equipos de carguío (scoop ST14) de 11 yd<sup>3</sup> con los equipos de acarreo (dumpers DUX) de 35 toneladas de capacidad es la granulometría, la que incidirá en el tiempo de acarreo, número de viajes y tonelaje asociado.

El trabajo de investigación ayudará a medir el rendimiento asociado a los *scops* y *dumpers* para determinar el cumplimiento de los planes de producción en la mina Cobriza, analizando los periodos enero a marzo 2018 y el periodo actual.

Para desarrollar la presente tesis, se dividió en cuatro capítulos. En el Capítulo I se plantea el problema general y los problemas específicos, el objetivo general y los objetivos específicos y la hipótesis general y la hipótesis específica, así como la matriz de operacionalización de variables. En el Capítulo II se desarrolla los antecedentes del trabajo de investigación, las generalidades de la unidad minera, y las bases teóricas del estudio. En el Capítulo III se describe la metodología de investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de información y los instrumentos utilizados en la recolección de información. En el Capítulo IV se describe, analiza e interpreta los resultados de la investigación, considerando el análisis de las variables operacionales en los procesos unitarios de carguío y acarreo, para cumplir el plan de producción.

Los autores

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

En los últimos años, se vienen utilizando diferentes modelos numéricos y herramientas de gestión para optimizar y reducir costos, con el objetivo de cumplir los planes de minado.

La tesis aplica el concepto mina a planta como herramienta de gestión en los procesos unitarios de carguío y acarreo en la mina Cobriza para el cumplimiento de los planes de producción.

Se analizó las variables relacionadas a los procesos de carguío y acarreo comparando el escenario anterior (enero a marzo 2018) y un periodo actual, considerando el análisis de la granulometría y su implicancia en el rendimiento de los equipos para el cumplimiento de los planes de producción.

Se analizó las variables operacionales en estos procesos unitarios, siendo la variable principal la granulometría como resultado de la voladura y su influencia en el tiempo de acarreo, número de viajes y tonelaje asociado al proceso unitario de carguío y acarreo.

Cumplir el plan de minado, se relaciona directamente al tonelaje producido con el tonelaje procesado, siendo las características del material enviado a planta de vital importancia como granulometría, dureza, densidad, alteración hidrotermal, etc.

### **1.1.2. Formulación del problema**

- **Problema general**

¿Cómo realizar el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo relacionar la granulometría con el tiempo de acarreo para el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza?

b) ¿Cómo relacionar la granulometría con el tonelaje producido para el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza?

c) ¿Cómo relacionar la granulometría con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo para el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Realizar el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

a) Relacionar la granulometría con el tiempo de acarreo para el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza.

- b) Relacionar la granulometría con el tonelaje producido para el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza.
  
- c) Relacionar la granulometría con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo para el cumplimiento del plan de producción mediante el análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza.

### **1.3. Justificación e importancia**

#### **1.3.1. Justificación social - práctica**

La aplicación del concepto *mine to mill*, desde un punto de vista operacional, permitirá la mejora en el rendimiento operacional, generando mayor rentabilidad. Esta mejora en los diferentes procesos unitarios como la etapa de carguío y acarreo mediante la aplicación del concepto *mine to mill* ayudará a tener una mejor gestión social, originando proyectos productivos sostenibles con el tiempo.

#### **1.3.2. Justificación académica**

El presente trabajo aplicará conceptos modernos en la industria minera y su influencia en la mejora del rendimiento operacional. Los resultados obtenidos permitirán ser comparado en estudios similares y ayudará a tener una mejor base de datos y ser una herramienta comparativa, bajo el concepto *mine to mill*.

### **1.4. Hipótesis de la investigación**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

El análisis de las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* influirá en el cumplimiento del plan de producción en la mina Cobriza.

#### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al relacionar la granulometría con el tiempo de acarreo influirá en el cumplimiento del plan de producción bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza.

b) Al relacionar la granulometría con el tonelaje producido influirá en el cumplimiento del plan de producción bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza.

c) Al relacionar la granulometría con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo influirá en el cumplimiento del plan de producción bajo el concepto *mine to mill* en la mina Cobriza.

## 1.5. Identificación de las variables

### 1.5.1. Variable independiente

- Cumplimiento de plan de producción bajo el concepto mina a planta

### 1.5.2. Variables dependientes

- Análisis de las variables operacionales como granulometría, tiempo de acarreo, tonelaje producido y número de viajes

### 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición	Definición operacional		
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Cumplimiento del plan de producción.	El cumplimiento de los planes de producción en operaciones mineras, involucra la gestión adecuada de las áreas de mina y planta..	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones geológicas</li> <li>• Condiciones geomecánicas</li> <li>• Condiciones operacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Factores geológicos</li> <li>Factores geomecánicos</li> <li>Producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Litología, alteración hidrotermal, leyes, etc.</li> <li>Propiedades físicas de la litología y estructura mineralizada</li> <li>Toneladas cargadas y acarreadas, etc.</li> </ul>

VD:					
Análisis de variables operacionales.	Analizar las variables operacionales post voladura, asociado a su granulometría, determinando el rendimiento de los equipos, definirá el cumplimiento del plan de producción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores Técnicos</li> <li>• Factores de rendimiento</li> </ul>	Análisis de variables operacionales	Análisis de rendimiento	<p>Tonelaje, tiempo de carguío y acarreo, número de viajes, etc.</p> <p>Capacidad efectiva, productividad horaria y mensual de equipos.</p>

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales y nacionales**

- ✓ Tesis titulada: «*La aplicación del concepto de mina a planta en minería subterránea de gran escala*». El objetivo de la investigación fue generar un buen diseño de malla de perforación, para optimizar la fragmentación mediante el software JKsimBlast. El estudio permitió analizar el diámetro de perforación para optimizar el grado de fragmentación. De acuerdo a los resultados obtenidos se asocia al incremento del diámetro de perforación y número de taladros para el incremento de la granulometría, los cuales fueron simulados por el software 2Dring de JKsimBlast. Así mismo, se pudo relacionar los resultados de fragmentación en la etapa de conminución (chancado y molienda) considerando el consumo de energía y asociando a la estructura de costos (1).
  
- ✓ Tesis titulada: «*Impacto del proceso de tronadura en una mina subterránea sobre el desempeño de una planta de Chancado - molienda unitaria*». El objetivo fue aplicar una metodología bajo el concepto mine to mill en una mina subterránea que aplica el método de minado *sublevel stoping*. Se analizó una base de datos con información histórica (voladura, caracterización del macizo rocoso y modelos de granulometría), analizando siete sectores de producción generando modelos de predictibilidad de la granulometría P80 y P100. Se

obtuvieron resultados de consumo de energía para minerales duros y blandos en 18 % y – 21 % respectivamente. Al relacionar el concepto *mine to mill* se obtuvieron mayor beneficio en materiales de mayor granulometría en 12 %, con respecto a materiales finos (2).

- ✓ Tesis titulada: «*Análisis de la perforación y tronadura en El Soldado*». El objetivo de la investigación fue analizar las variables de perforación y voladura y su implicancia en los procesos unitarios de carguío, acarreo, chancado y molienda bajo el concepto *mine to mill*. Se realizó el análisis de la granulometría mediante el *software Split desktop* y su incidencia en la tasa de excavación de los equipos de carguío y el tonelaje procesado en el molino SAG. Los resultados obtenidos entre el escenario anterior y el optimizado, generaron un análisis económico del uso de explosivos más densos y nuevas mallas de perforación y voladura, dependiente de las características del macizo rocoso (3).
  
- ✓ Trabajo de investigación titulado: «*Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400K A 1000K BCM - U.E.A. El Brocal - Consorcio Pasco Stracon GyM*». El objetivo de la investigación fue el análisis de los equipos de carguío y acarreo en el incremento de producción de 400 ktp a 1000 ktp. Por tal motivo, el resultado obtenido, permitió realizar el análisis técnico y económico del nuevo dimensionamiento de flota de acuerdo con el nuevo plan de minado propuesto (4).
  
- ✓ Tesis titulada: «*Beneficios y desafíos de la gestión integrada mina – planta*». El objetivo de la investigación fue analizar la experiencia realizada de diferentes empresas aplicando el concepto *mine to mill*, determinando sus ventajas y desventajas de su aplicación. El desarrollo del trabajo tuvo un eje de 3 premisas: revisión y análisis de experiencias de empresas que implementaron el concepto *mine to mill*, el análisis de los beneficios aplicados a 2 empresas mediante el *mine to mill* y el análisis de las encuestas realizadas a especialistas y plana gerencial que estuvieron inmersos en la implementación del concepto *mine to mill* aplicando la metodología de investigación definida como meta síntesis (5).

## 2.2. Generalidades de la minera

### 2.2.1. Historia

Fue descubierto en el año 1926, descubriendo el yacimiento de Cu y Ag, iniciando sus operaciones en el año de 1966 con una capacidad de procesamiento de 1000 t/d. Centromin Perú operó la unidad minera a partir de 1976 con una capacidad de 2100 t/d y con un incremento en el año 1978 en 2600 t/d. Para el año de 1982 se incrementó la planta en 9100 t/d, luego del incremento de los recursos, siendo transferido posteriormente a Doe Run Perú. Actualmente, el proyecto minero pertenece a operadores Concentrados Peruanos del grupo Dyer, quien adquirió la propiedad mediante subasta pública extrajudicial. La producción proyectada será de 55000 toneladas finas de cobre con contenido de Ag e ingresos hasta de 90 M US\$.

### 2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades

La mina Cobriza se ubica en el distrito San Pedro de Coris, provincia Churcampa y departamento Huancavelica en la cordillera oriental de los Andes, a una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar.

**Tabla 2. Accesibilidad**

Vía	Tramo	Tiempo
Aéreo	Lima – Ayacucho – Mina Cobriza	6 h
Aéreo	Lima – Jauja – Mina Cobriza	8 h
Carretera	Lima – Oroya – Huancayo	290 km
Carretera	Huancayo – Mina Cobriza	210 km

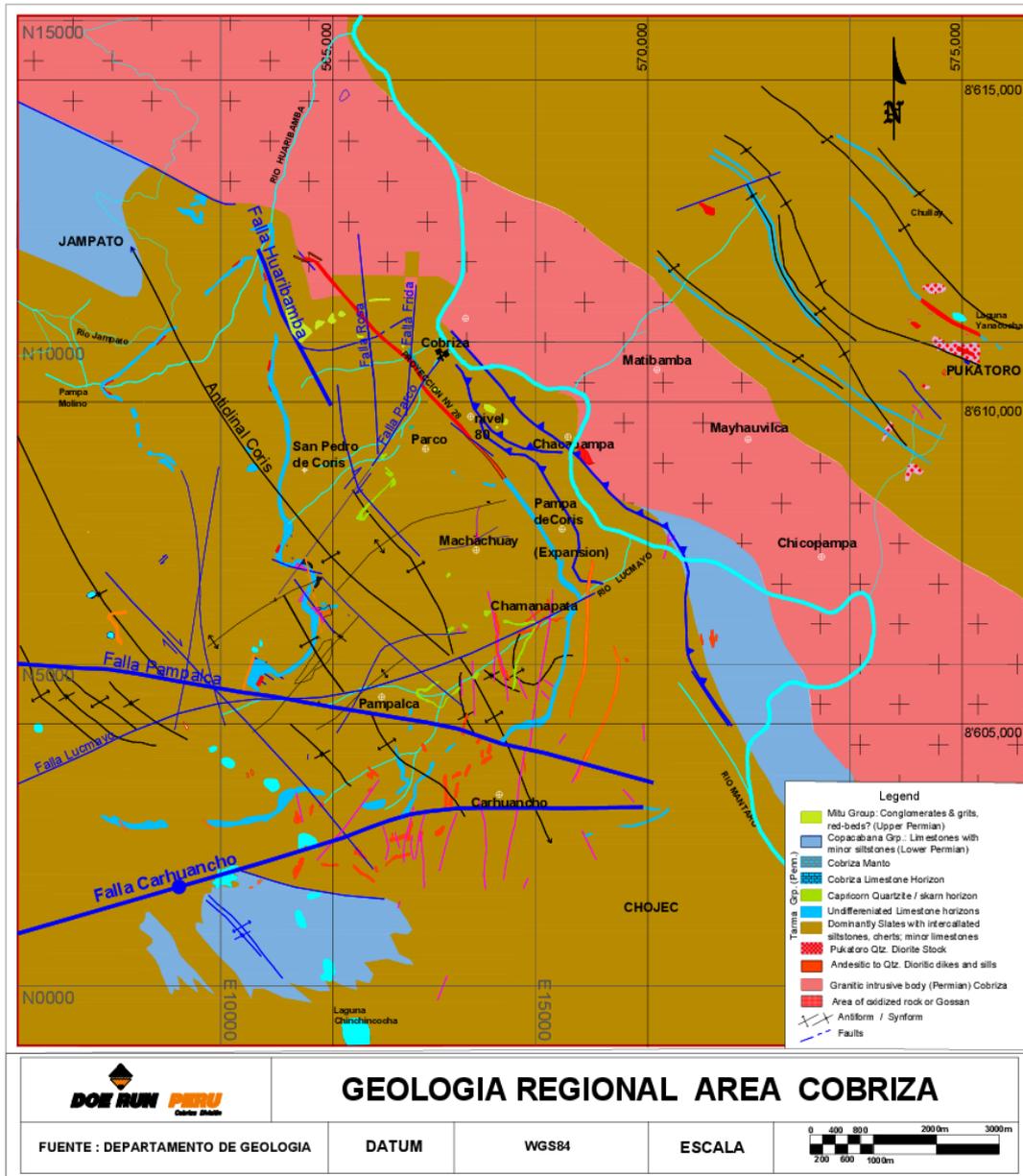
*Tomada del departamento de Geología*



**Figura 1. Ubicación de la mina Cobriza  
Tomada del área de Geología**

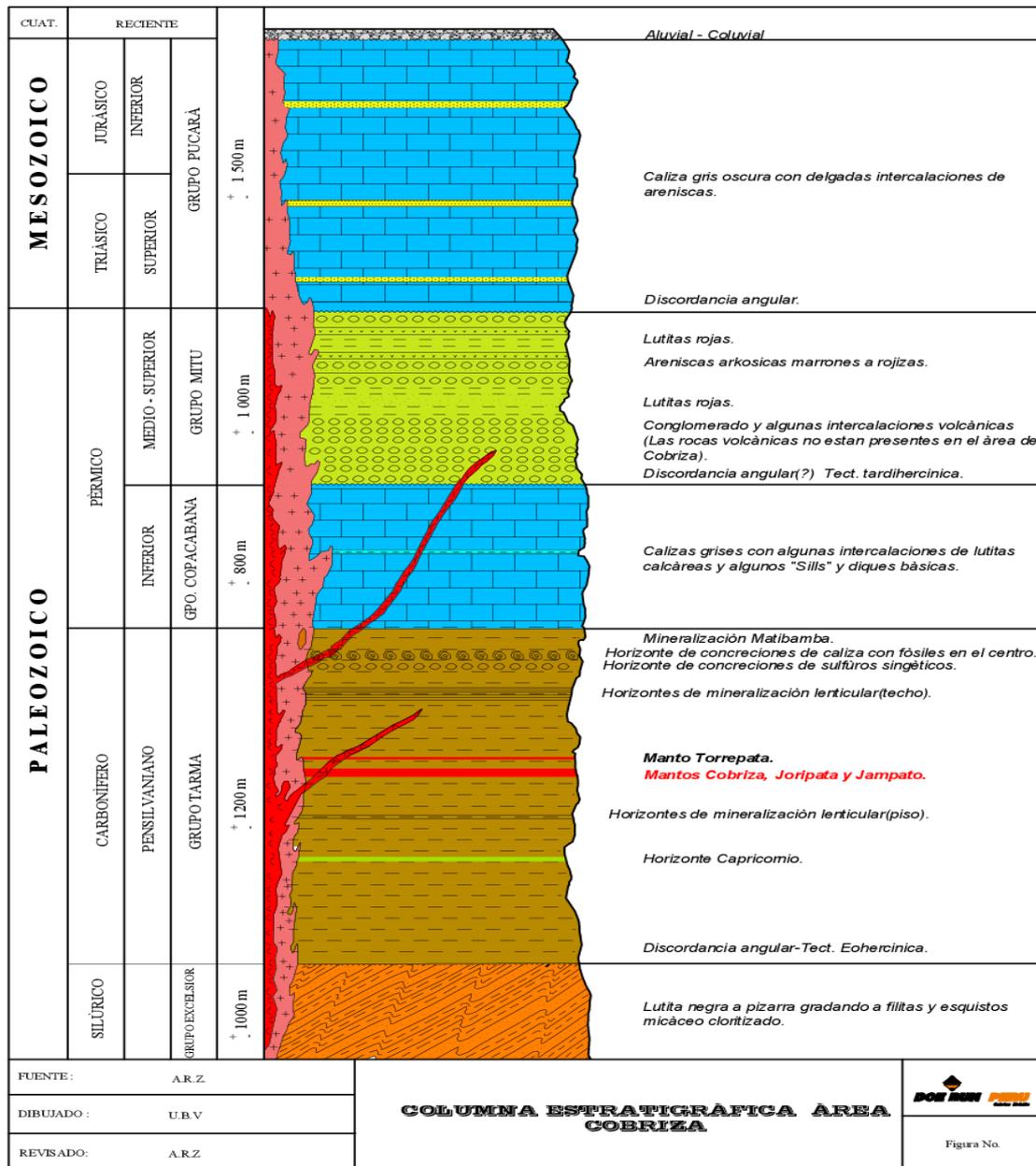
### 2.3. Geología general

Está asociado a rocas metamórficas y sedimentarias de edad Paleozoica, compuesta por lutitas (distintas composiciones), calizas y conglomerados, los cuales fueron plegados por movimientos tectónicos como el anticlinal Coris, donde se emplazó el manto Cobriza. Intrusivos graníticos como stocks y diques intruyeron las diferentes litologías presentes. El manto Cobriza, asociado a un skarn de Cu está emplazado en las calizas del grupo tarma, con potencias entre 15 a 30 metros, con una longitud de 4.8 km y encampane de 1.5 km.



**Figura 2. Plano geológico regional de la mina Cobriza  
Tomada del área de Geología**

La estratigrafía está compuesta por el grupo Tarma, asociado a la edad del carbonífero, compuesta principalmente por calizas, areniscas y lutitas calcáreas. El grupo Copacabana de edad del Pérmico Inferior compuesta por calizas con intercalación de lutitas calcáreas. El grupo Mitu de edad del Pérmico Medio a superior compuesta por areniscas rojas y conglomerados. El grupo Pucará del Triásico Inferior, compuesta por calizas principalmente. El Cuaternario compuesto por rocas coluviales y los intrusivos compuesto por un cuerpo de granito, así como diques, sills y stocks de dacita, monzonita y diorita cuarcífera.



**Figura 3. Perfil estratigráfico de la mina Cobriza  
Tomada del área de Geología**

## 2.4. Tipo de depósito

Asociado principalmente a un yacimiento tipo skarn de Cu y Ag, con un metamorfismo de alta temperatura, la mineralización se emplaza en el manto Cobriza, compuesta por alteraciones progrado como granates y alteraciones retrogradadas como epidota y cloritas.

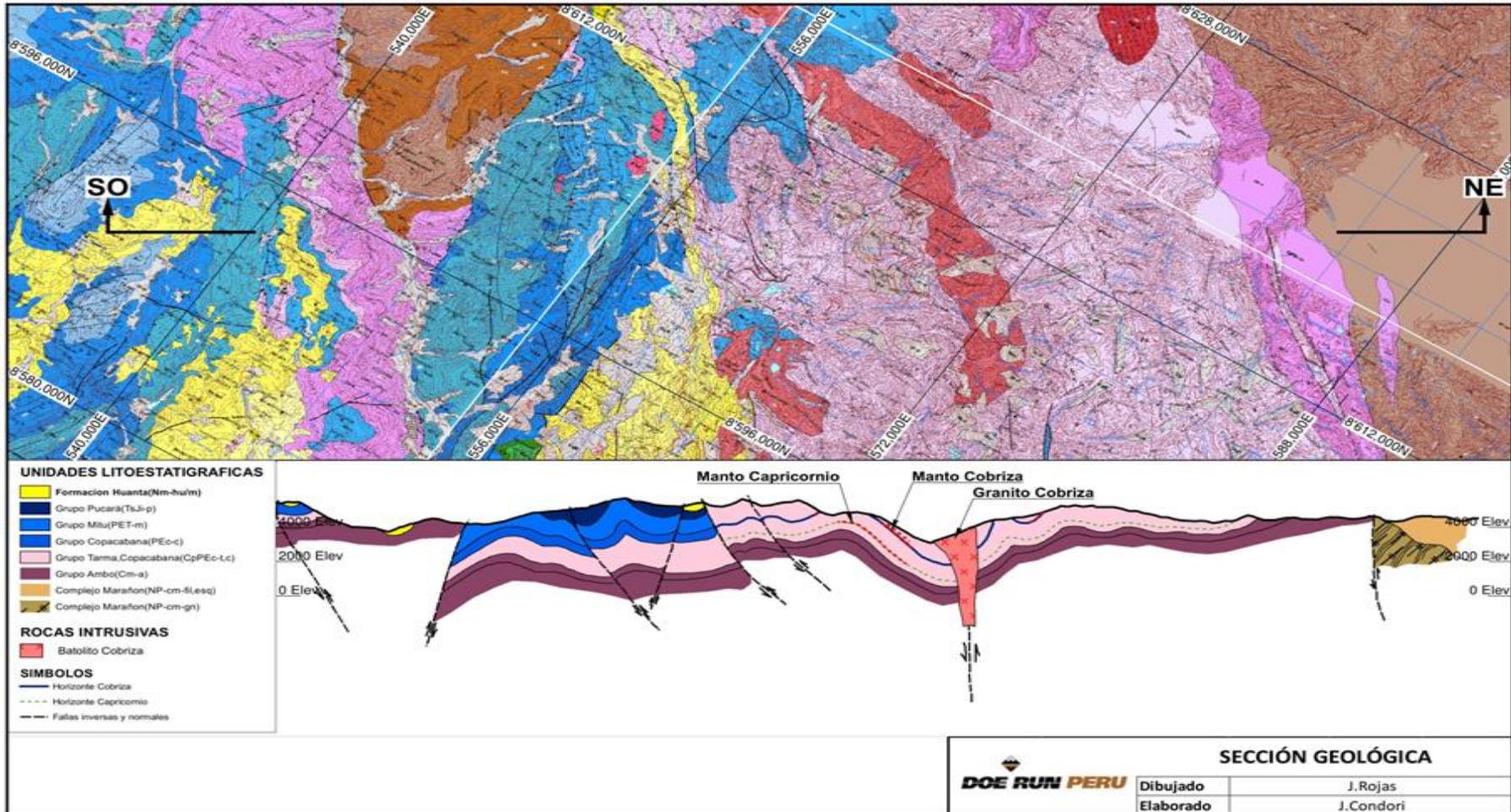


Figura 4. Sección transversal de la mina Cobriza, manto Cobriza y Capricornio, mirando al NW  
Tomada del área de Geología

El manto Cobriza tiene potencias entre 15 a 50 m, con rumbo de N40°-70°W y buzamiento entre 30°a 65° NE, la mineralogía principal es de calcopirita, magnetita y pirrotita, en menor concentración la galena y marmatita.

## 2.5. Recursos y reservas minerales

### 2.5.1. Recursos minerales

De acuerdo con el código JORC, considerando recursos medidos e indicados 12' 212,090 TMS, con leyes media de Cu@0.96 % y Ag@16.43 ppm.

**Tabla 3. Recursos medidos + indicados**

Recursos medidos + indicados					
	TMS	Ancho	%Cu	gr. Ag	Eq. US\$
<b>TOTAL</b>	12,212,090	9.52	0.96	16.43	54.85

*Tomada del área de Geología*

### 2.5.2. Reservas probadas y probables al 2018

Las reservas probadas y probables, considera un total de 9,778,190 TMS, con leyes media de Cu@ 0.97 % y Ag@ 15.65 ppm y una ley de corte de Cu@ 0.73 %.

**Tabla 4. Reservas probadas y probables**

Reservas probadas y probables					
	TMS	Ancho	%Cu	gr. Ag	Eq. US\$
<b>TOTAL</b>	9,778,190	9.33	0.97	15.65	55.14

*Tomada del área de Geología*

## 2.6. Consideraciones operacionales

### 2.6.1. Método de minado

En la mina Cobriza se utiliza el método de explotación corte y relleno ascendente mecanizado con el uso de relleno hidráulico y detrítico.

El ciclo de minado consiste de desatado y perforación, relleno, voladura y limpieza.

## **2.6.2. Labores de desarrollo**

### **a) Zig zag**

Son de forma espiral, con secciones de 6 x 4 m y 12 % de gradiente, que generan acceso a los diferentes tajos de producción, desarrollado en forma longitudinal al manto (mineral marginal).

## **2.6.3. Labores de preparación**

Una vez realizado los zigzags con longitudes de 500 metros, considera una diferencia de cota de 100 metros, construyendo subniveles, dejando puentes de 10 metros en el nivel inferior.

### **a) Subniveles**

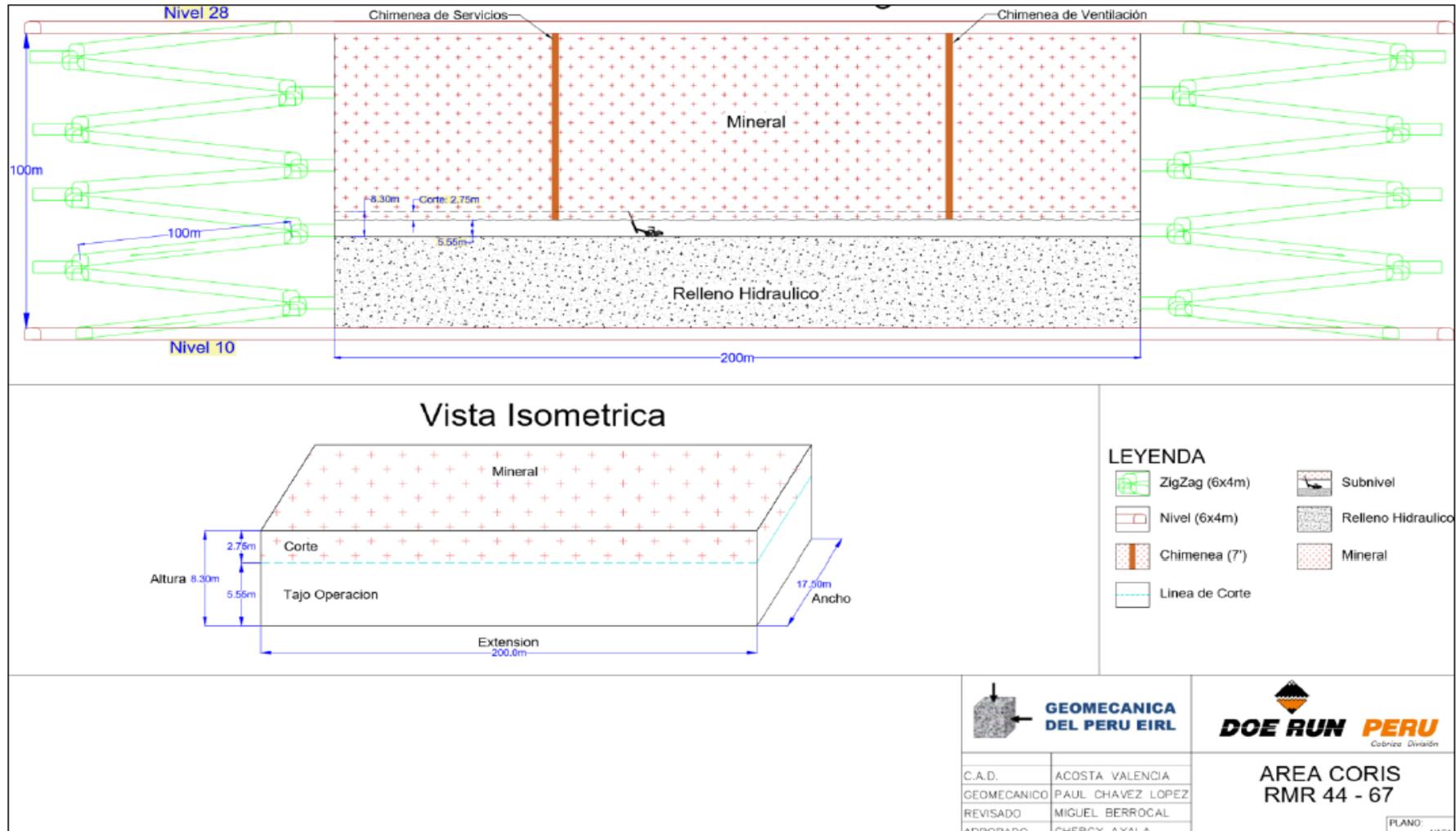
Con secciones de 6 x 4 m y con una gradiente horizontal.

### **b) Cámaras para raise bore**

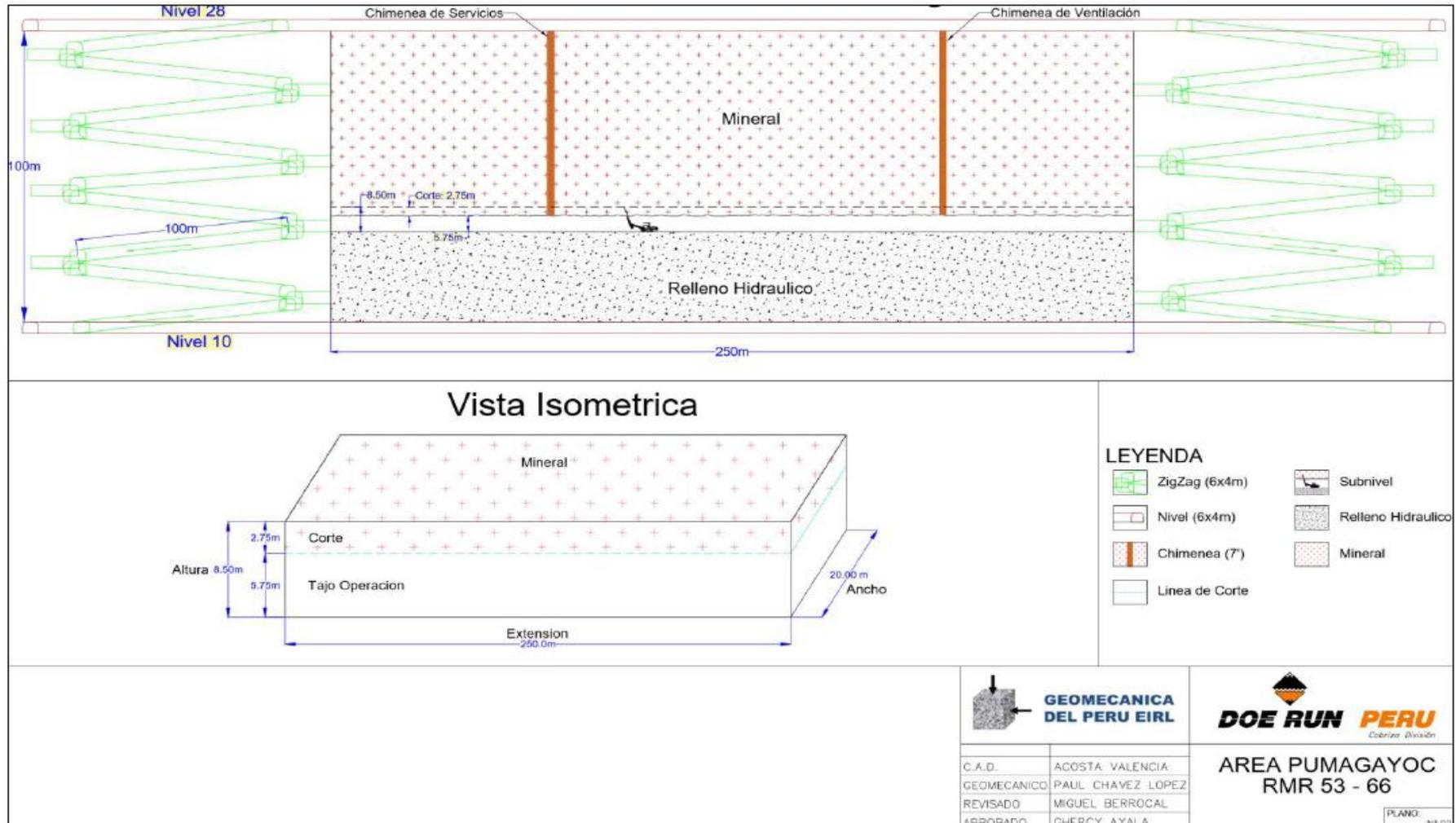
Cruceros de sección de 8 x 7 metros, con una gradiente del 12 %. Se considera para: chimeneas de mineral, chimeneas de servicio y ventilación y chimeneas de relleno, con diámetros de 7' e inclinaciones de 45 a 60°, preparándose cada 120 metros de distancia.

### **c) Huecos Dth**

Para el uso del relleno hidráulico, desde los niveles superiores, se desarrollan 3 – 4 huecos DTH, 6.5" de diámetro. Utilizadas en los sectores de producción de Coris y Pumagayoc.



**Figura 5. Vista longitudinal, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada del área de Geología**



**Figura 6. Vista longitudinal, sector Pumagayoc de la mina Cobriza Tomada del área de Geología**

#### **2.6.4. Nuevos accesos (Cámaras para Raise bore)**

Son desarrollados desde los tajos hacia los echaderos de mineral, con secciones de 5 x 4 m, con separación vertical de 12 m y gradiente horizontal.

##### **a) Echaderos**

Son labores desarrolladas cerca a los tajos de producción, ampliando los accesos a secciones de 7.5 x 6 m, para un mejor manipuleo de los diferentes equipos.

#### **2.6.5. Labores de explotación mecanizada**

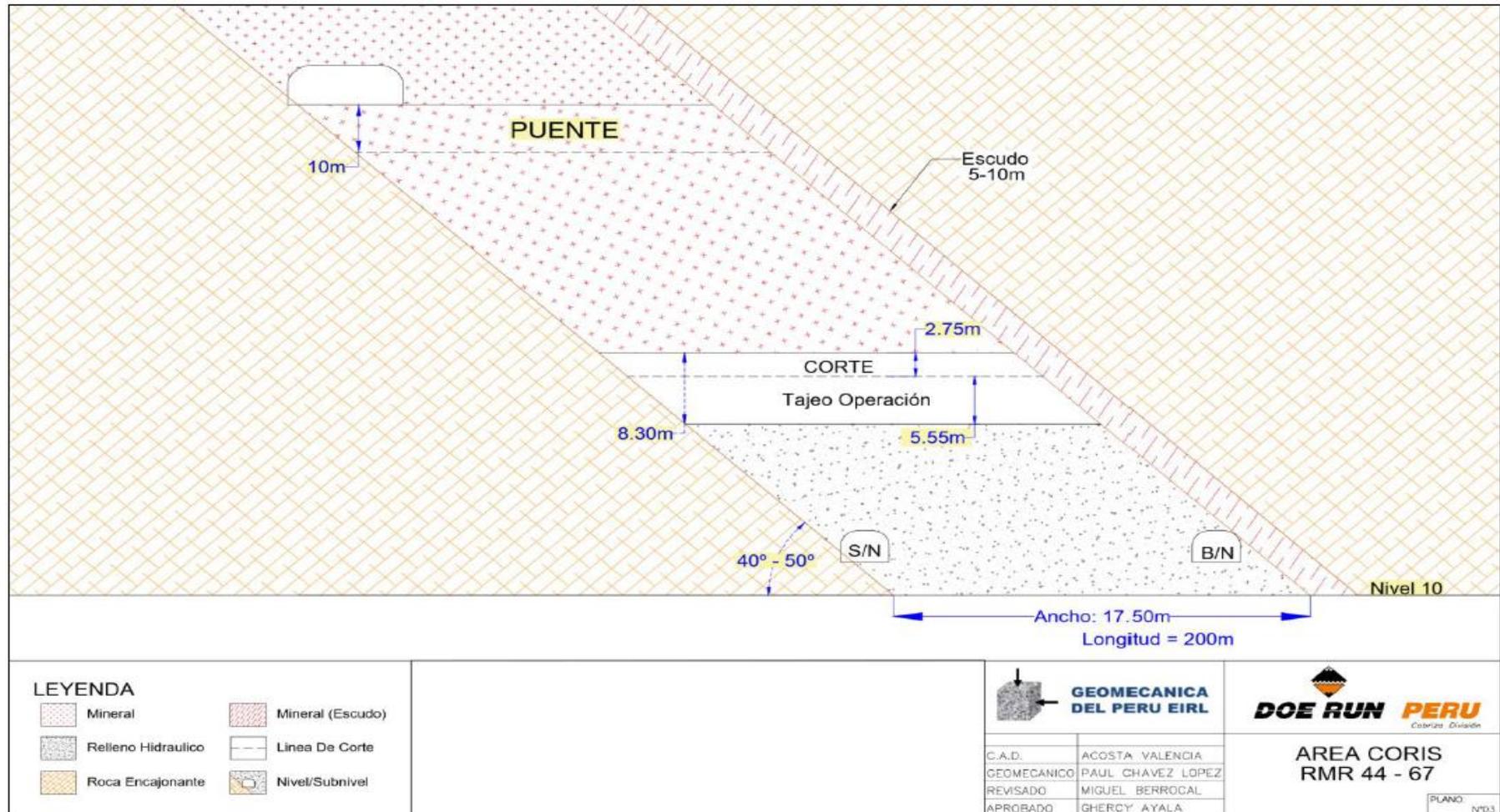
##### **a) Preparación de tajos**

Luego de haber sido delimitado el block de minado, se consideran las siguientes actividades:

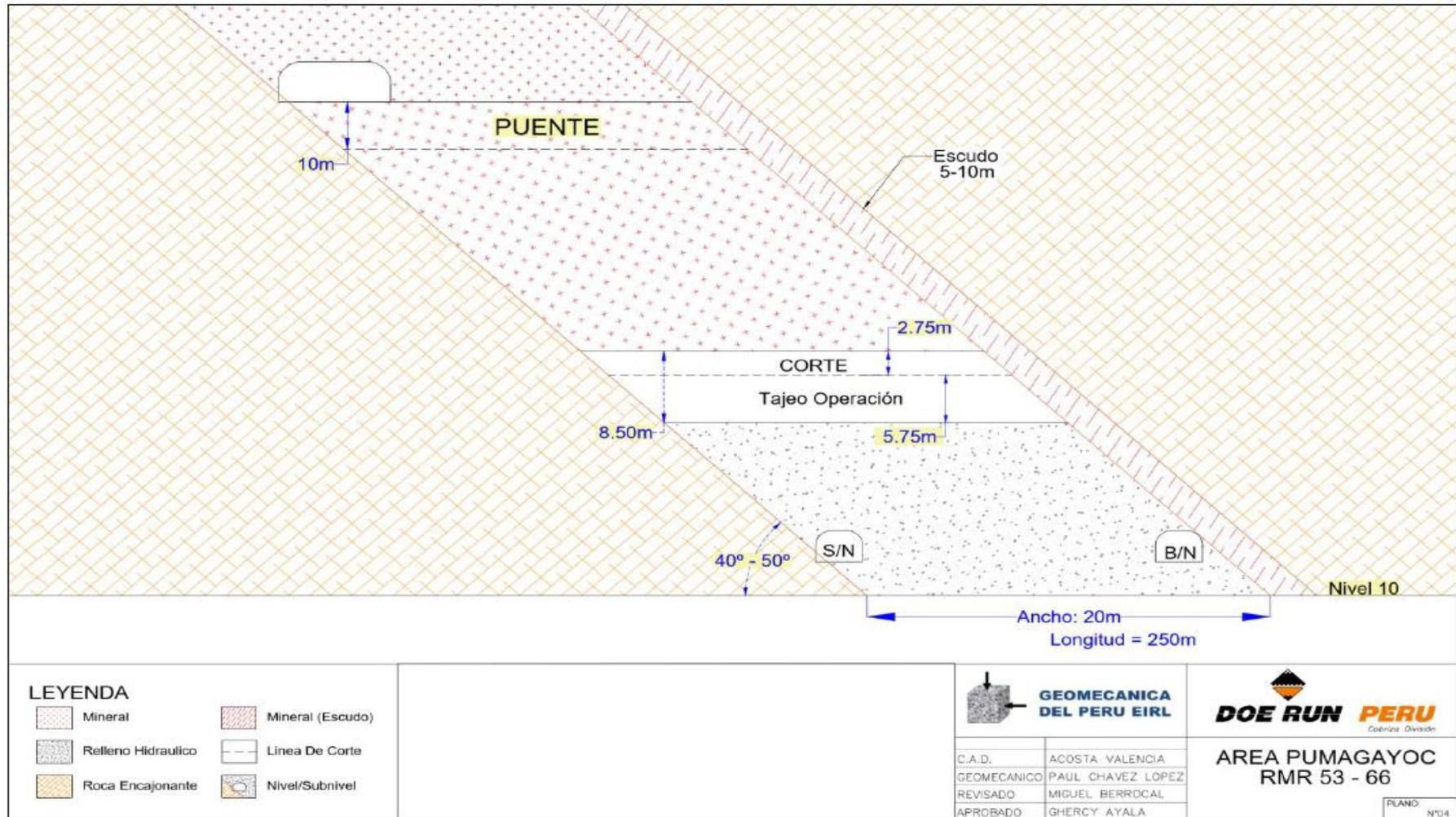
- ✓ Proceso de desquinche: a lo largo del subnivel, con cortes al techo (2) hasta definir el ancho de minado.
- ✓ Proceso de relleno: se rellena una primera capa con desmonte a lo largo del subnivel desquinchado y luego disponer el relleno hidráulico con un adecuado drenaje.

##### **b) Tajos**

Las dimensiones consideradas son en áreas de 200 a 250 metros por alturas de 80 a 100 metros y anchos de minado de acuerdo a la potencia de la estructura de 17 a 20 metros, considerando escudos (pilares) para generar la estabilidad del área minada con anchos de 5 a 10 metros.



**Figura 7. Preparación de tajeos, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada de Geomecánica del Perú EIRL**



**Figura 8. Preparación de tajeos, sector Pumagayoc de la mina Cobrizo  
Tomada de Geomecánica del Perú EIRL**

## **2.7. Labores de explotación**

De acuerdo con las características geomecánicas en los sectores de Coris y Pumagayoc, con longitudes entre los 2 zigzag de 200 a 250 m de subnivel con secciones de 6 x 4 m.

Asimismo, de acuerdo con el ancho de labor y el ancho de escudo, se construyen cruceros de 5 x 4 m en la caja techo del manto mineralizado.

En tramos donde quede expuesta la caja techo (pizarra), el sostenimiento inmediato, para evitar el colapso.

Los cortes en el techo se desarrollan por tramos a lo largo del subnivel ejecutado con una altura aproximada de 7.5 m.

Se desata la labor con equipos scaler y luego se procede la limpieza con scops de 14 yd<sup>3</sup> y equipos de acarreo mínimo de 20 t.

Para luego proceder con la preparación para el relleno detrítico e hidráulico correspondiente.

Los procesos del ciclo de minado, considera las siguientes etapas:

- ✓ Construcción del crucero
- ✓ Desatado de rocas con scaler
- ✓ Perforación con jumbo
- ✓ Voladura de mineral
- ✓ Limpieza de mineral
- ✓ Relleno

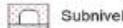
# PASO 1: Construcción de Crucero

Vista Longitudinal

Vista Transversal



**LEYENDA**

-  Mineral
-  Mineral (Escudo)
-  Roca Encajonante
-  Subnivel
-  Relleno Hidraulico



C.A.D.	ACOSTA VALENCIA
GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ
REVISADO	GHERCY AYALA
APROBADO	MIGUEL BERROCAL

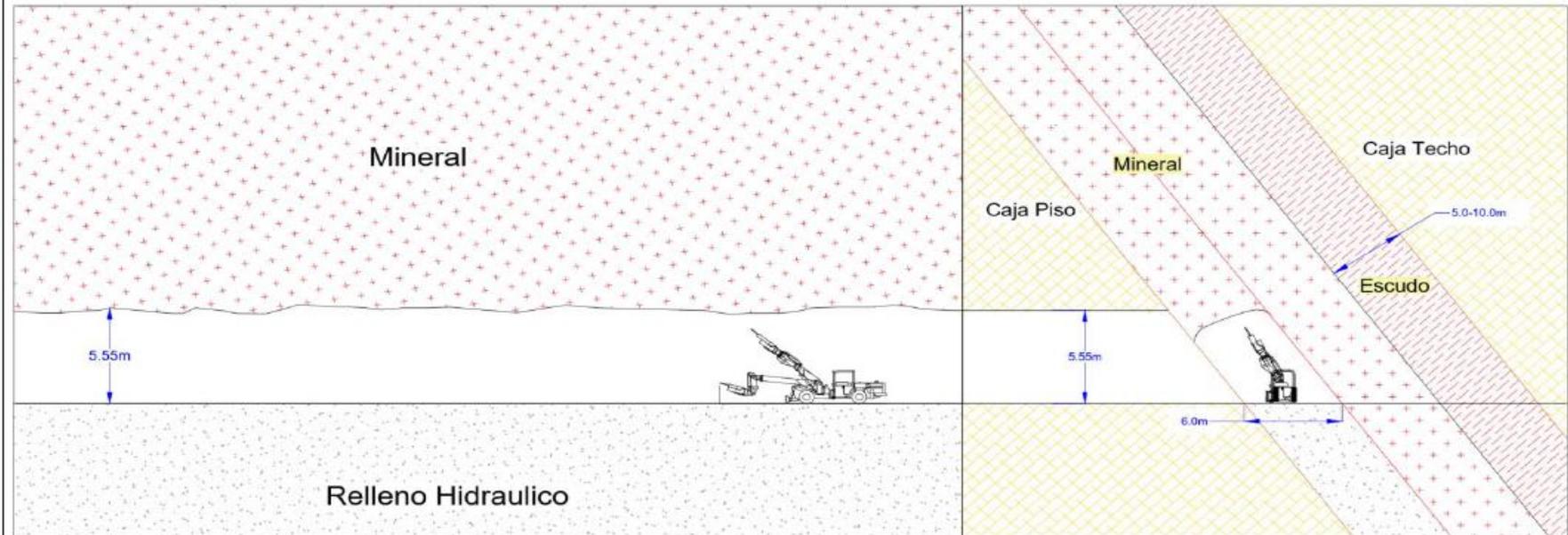
**AREA CORIS**  
RMR 44 - 67

PLANO: N°05

**Figura 9. Paso 1: construcción de crucero, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada de Geomecánica del Perú EIRL**

## PASO 2: Desatado de Rocas Con Scaler

Vista Longitudinal Vista Transversal



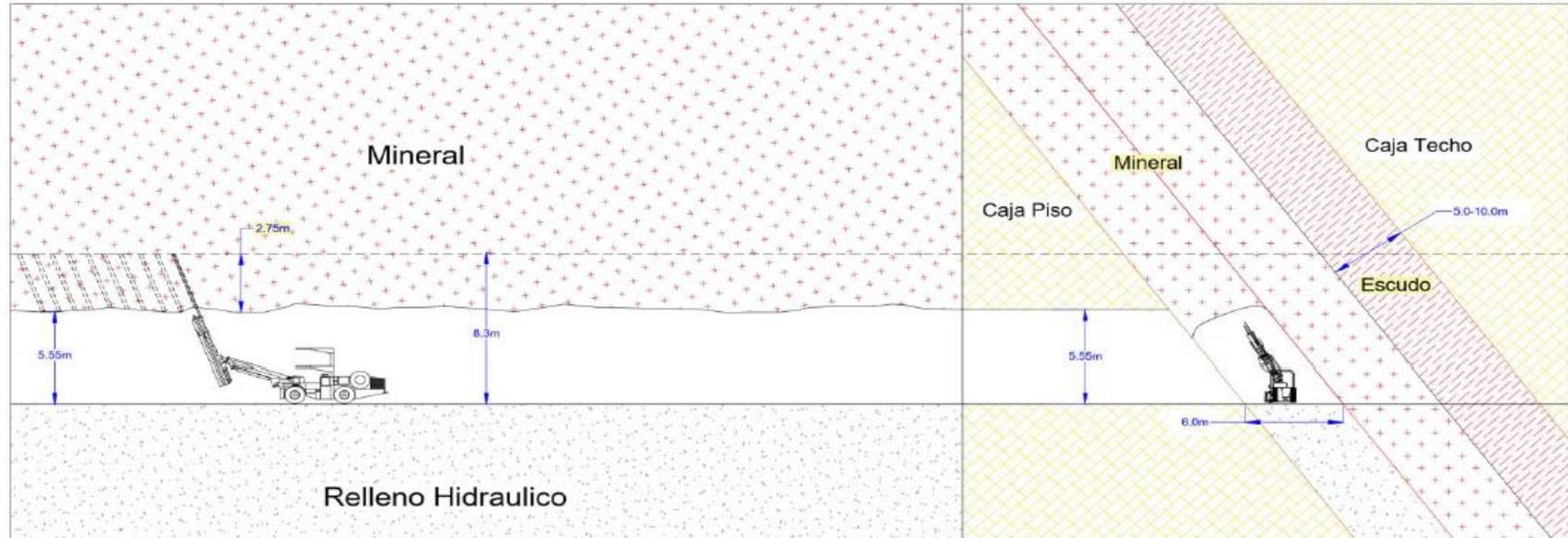
<p><b>LEYENDA</b></p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td> Mineral</td> <td> Roca Encajonante</td> </tr> <tr> <td> Mineral (Escudo)</td> <td> Relleno Hidraulico</td> </tr> <tr> <td> Scaler</td> <td></td> </tr> </table>	Mineral	Roca Encajonante	Mineral (Escudo)	Relleno Hidraulico	Scaler						
Mineral	Roca Encajonante										
Mineral (Escudo)	Relleno Hidraulico										
Scaler											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">C.A.D.</td> <td>ACOSTA VALENCIA</td> </tr> <tr> <td>GEOMECANICO</td> <td>PAUL CHAVEZ LOPEZ</td> </tr> <tr> <td>REVISADO</td> <td>GHERCY AYALA</td> </tr> <tr> <td>APROBADO</td> <td>MIGUEL BERROGAL</td> </tr> </table>	C.A.D.	ACOSTA VALENCIA	GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ	REVISADO	GHERCY AYALA	APROBADO	MIGUEL BERROGAL	<p><b>AREA CORIS</b> RMR 44 - 67</p>
C.A.D.	ACOSTA VALENCIA										
GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ										
REVISADO	GHERCY AYALA										
APROBADO	MIGUEL BERROGAL										
			PLANO N°07								

**Figura 10. Paso 2: desatado de rocas con scaler, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada de Geomecánica del Perú EIRL**

# PASO 3: Perforacion Con Jumbo

Vista Longitudinal

Vista Transversal



## LEYENDA

	Mineral		Roca Encajonante
	Mineral (Escudo)		Relleno Hidraulico
	Taladros		Linea de Corte
	Jumbo		



C.A.D.	ACOSTA VALENCIA
GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ
REVISADO	CHERCY AYALA
APPROBADO	MIGUEL BERROCAL

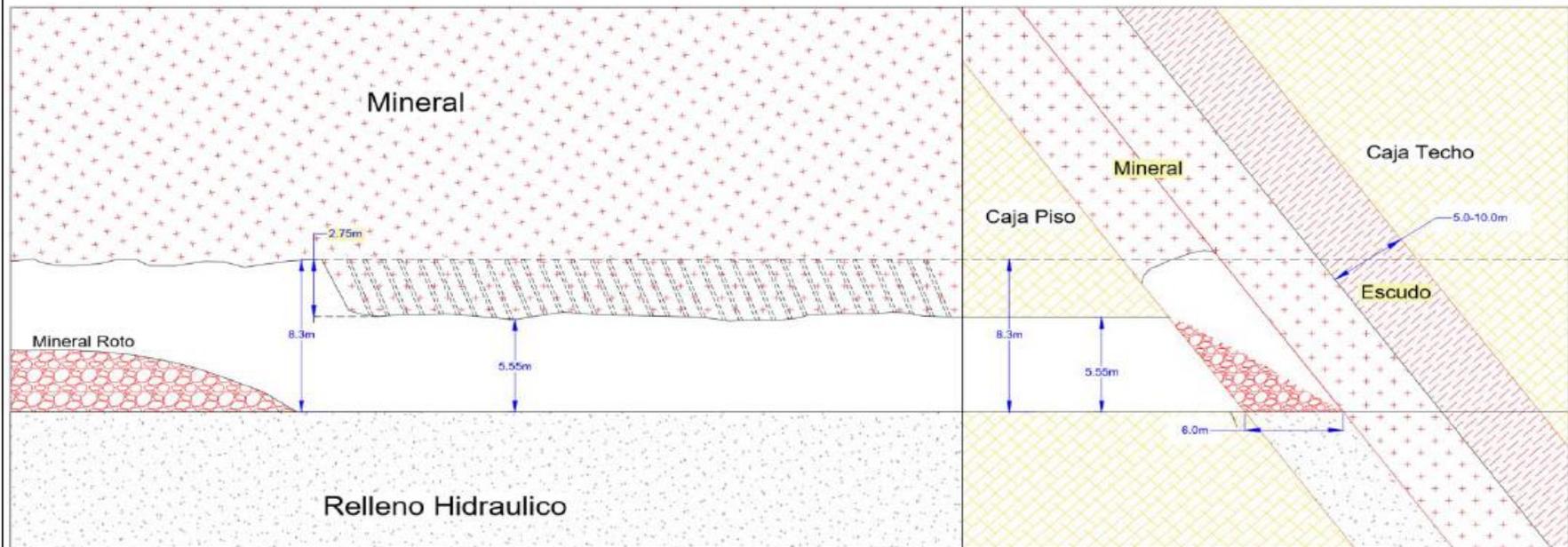
AREA CORIS  
RMR 44 - 67

PLANO: N°09

Figura 11. Paso 3: perforación con Jumbo, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada de Geomecánica del Perú EIRL

# PASO 4: Voladura de Mineral

## Vista Longitudinal Vista Transversal



**LEYENDA**

Mineral	Desmonte
Mineral (Escudo)	Relleno Hidraulico
Roca Encajonante	Linea de Corte
Taladros	

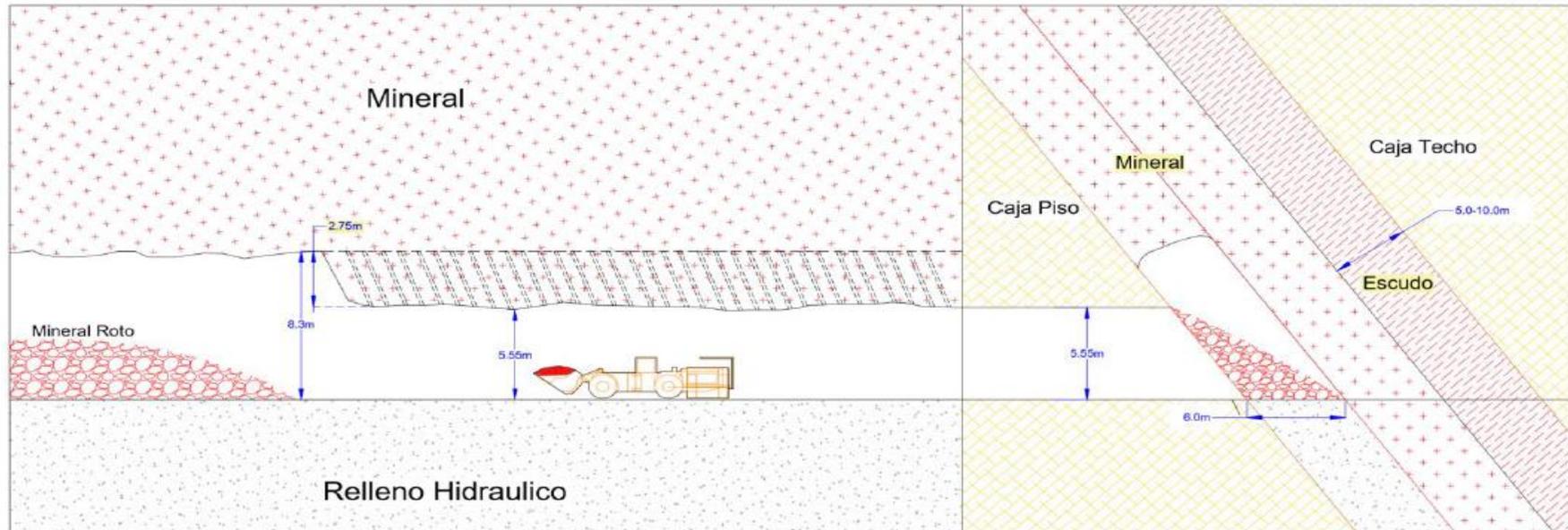
	<b>GEOMECANICA DEL PERU EIRL</b>
C.A.D.	ACOSTA VALENCIA
GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ
REVISADO	CHERY AYALA
APROBADO	MIGUEL BERROCAL

	<b>DOE RUN PERU</b> Cobriza División
<b>AREA CORIS</b> <b>RMR 44 - 67</b>	
PLANO: Nº11	

**Figura 12. Paso 4: voladura de mineral, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada de Geomecánica del Perú EIRL**

# PASO 5: Limpieza de Mineral

Vista Longitudinal
Vista Transversal



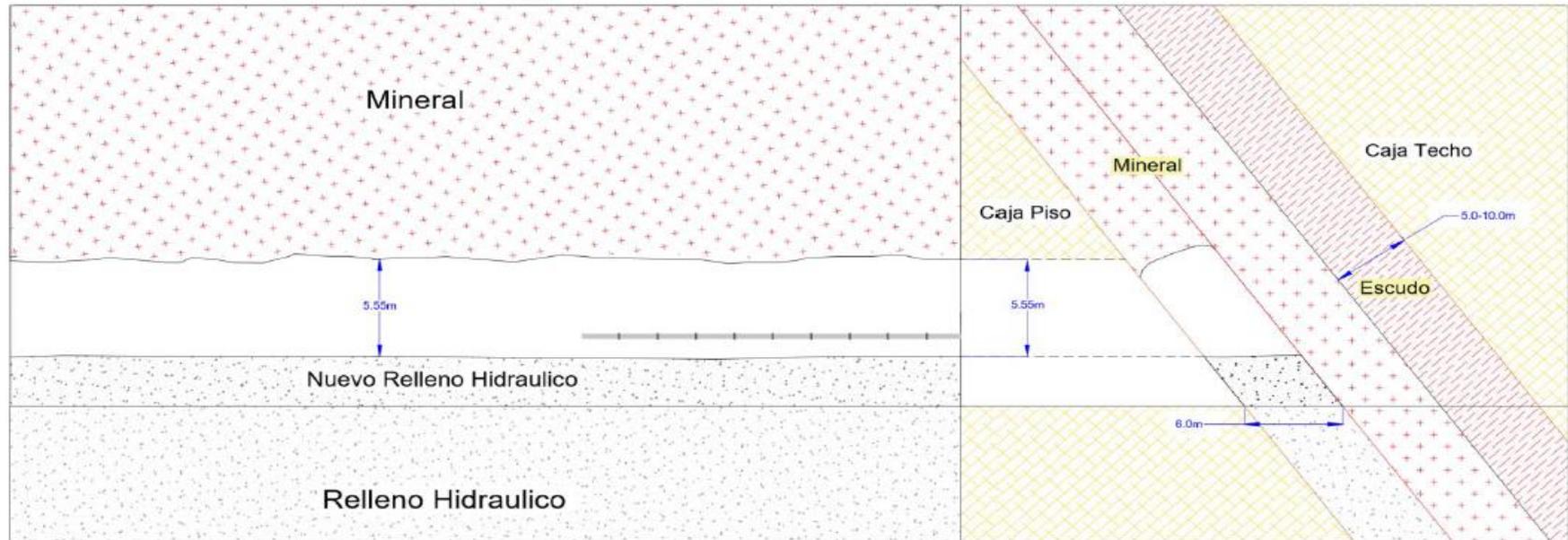
<b>LEYENDA</b>		<b>GEOMECANICA DEL PERU EIRL</b>	<b>DOE RUN PERU</b> Cobriza División								
<ul style="list-style-type: none"> <li> Mineral</li> <li> Mineral (Escudo)</li> <li> Roca Encajonante</li> <li> Taladros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Desmonte</li> <li> Relleno Hidraulico</li> <li> Línea de Corte</li> <li> Scoop</li> </ul>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: small;">C.A.D.</td><td>ACOSTA VALENCIA</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">GEOMECANICO</td><td>PAUL CHAVEZ LOPEZ</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">REVISADO</td><td>GHERCY AYALA</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">APROBADO</td><td>MIGUEL BERROGAL</td></tr> </table>	C.A.D.	ACOSTA VALENCIA	GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ	REVISADO	GHERCY AYALA	APROBADO
C.A.D.	ACOSTA VALENCIA										
GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ										
REVISADO	GHERCY AYALA										
APROBADO	MIGUEL BERROGAL										

**Figura 13. Paso 5: limpieza de mineral, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada de Geomecánica del Perú EIRL**

# PASO 6: Relleno

## Vista Longitudinal

## Vista Transversal



### LEYENDA

	Mineral		Roca Encajonante
	Mineral (Escudo)		Relleno Hidraulico
	Tuberia Para Relleno		



C.A.D.	ACOSTA VALENCIA
GEOMECANICO	PAUL CHAVEZ LOPEZ
REVISADO	GHERCY AYALA
APROBADO	MIGUEL BERROCAL

**AREA CORIS**  
RMR 44 - 67

PLANO N°15

**Figura 14. Paso 6: relleno, sector Coris de la mina Cobriza  
Tomada de Geomecánica del Perú EIR**

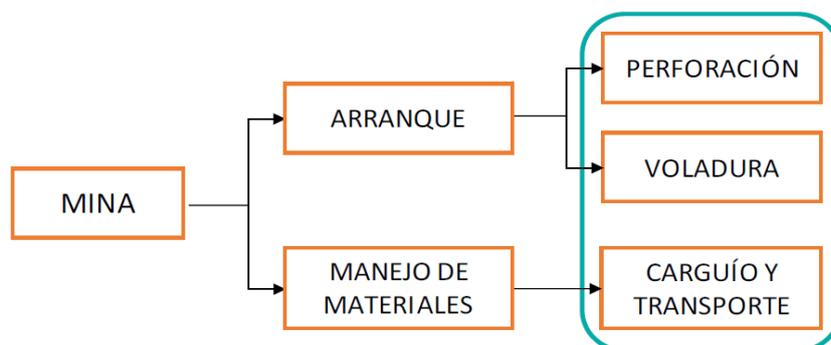
Las consideraciones del ciclo de minado buscan optimizar los resultados de la voladura, para así, controlar y mejorar el rendimiento de los equipos producto de una buena granulometría. Controlar la fragmentación, ayudará a entender la optimización en mina y planta, reduciendo los costos de mina y planta (consumo de energía, el cual es dependiente de las propiedades del macizo rocoso).

## 2.8. Bases teóricas

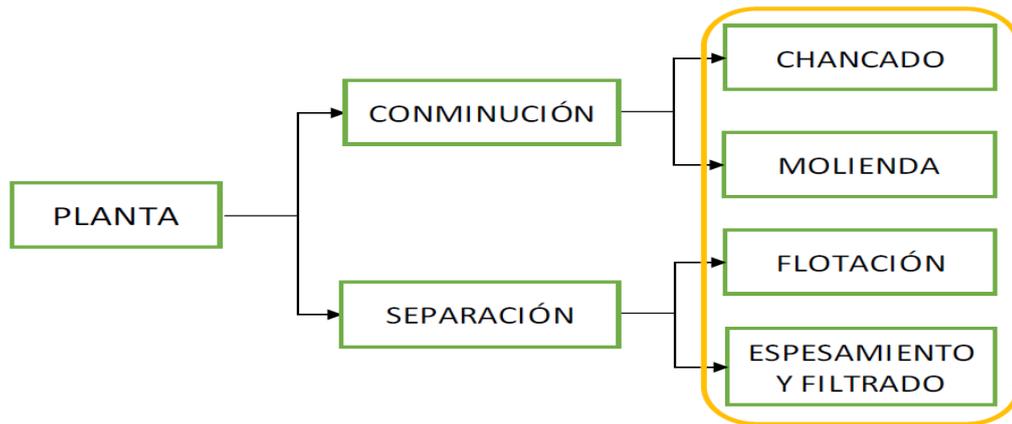
El presente trabajo de investigación titulada análisis de variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* para el cumplimiento de los planes de producción en la mina Cobriza.

Definir el concepto *mine to mill*, es poder integrar las diferentes áreas unitarias de mina y planta, siendo el resultado de la voladura, la granulometría que afecta directamente los procesos unitarios de carguío y transporte de mineral y el consumo de energía en el proceso de conminución (chancado y molienda). Así mismo, durante los últimos años se viene integrando los procesos unitarios de carguío y acarreo y su influencia en el concepto *mine to mill*. El trabajo de investigación permitirá realizar un análisis de los procesos unitarios de carguío y acarreo asociado al grado de fragmentación y su cumplimiento en el plan de producción en la mina Cobriza, durante el periodo 2018 y su incidencia en el periodo actual.

Las áreas de mina y planta, integran diferentes procesos unitarios los cuales se describen a continuación.



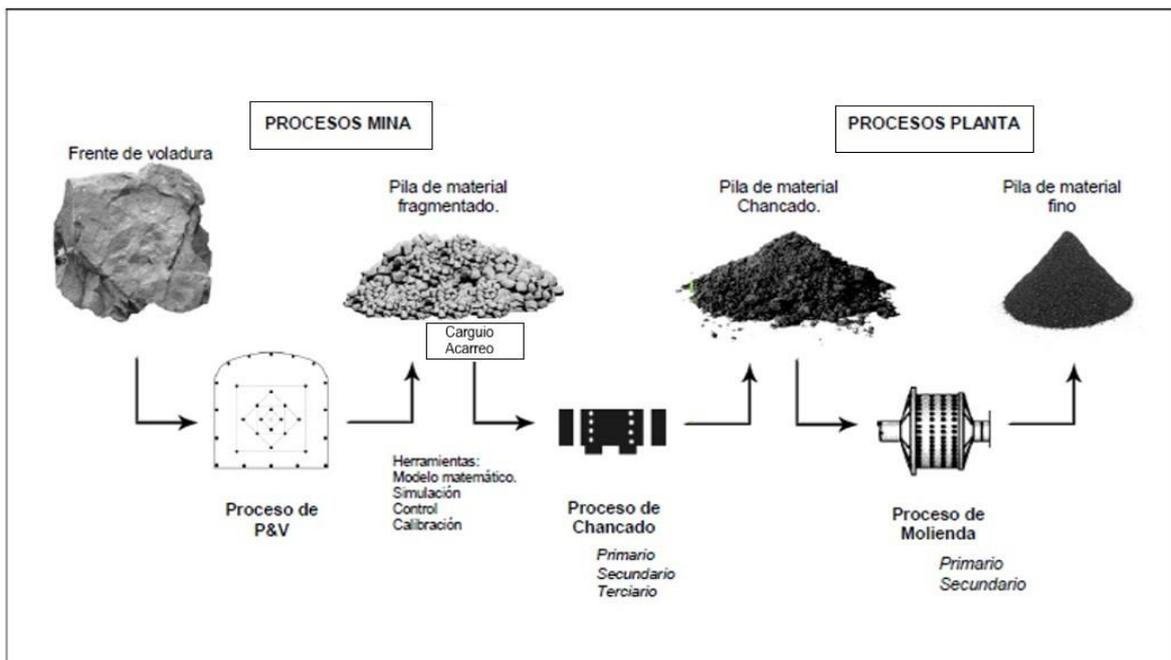
**Figura 15. Operaciones unitarias mina  
Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 16. Operaciones unitarias planta**  
*Tomada del departamento de Planeamiento*

### 2.8.1. Grado de fragmentación

El concepto mine to mill, involucra los procesos mina y planta, generando una buena gestión operacional e integrando cada área unitaria. En el presente trabajo de investigación relacionaremos los procesos de carguío y acarreo, los cuales serán analizados mediante el resultado de la granulometría y su influencia en el tiempo de acarreo, número de viajes, el tonelaje asociado y el rendimiento de los equipos.

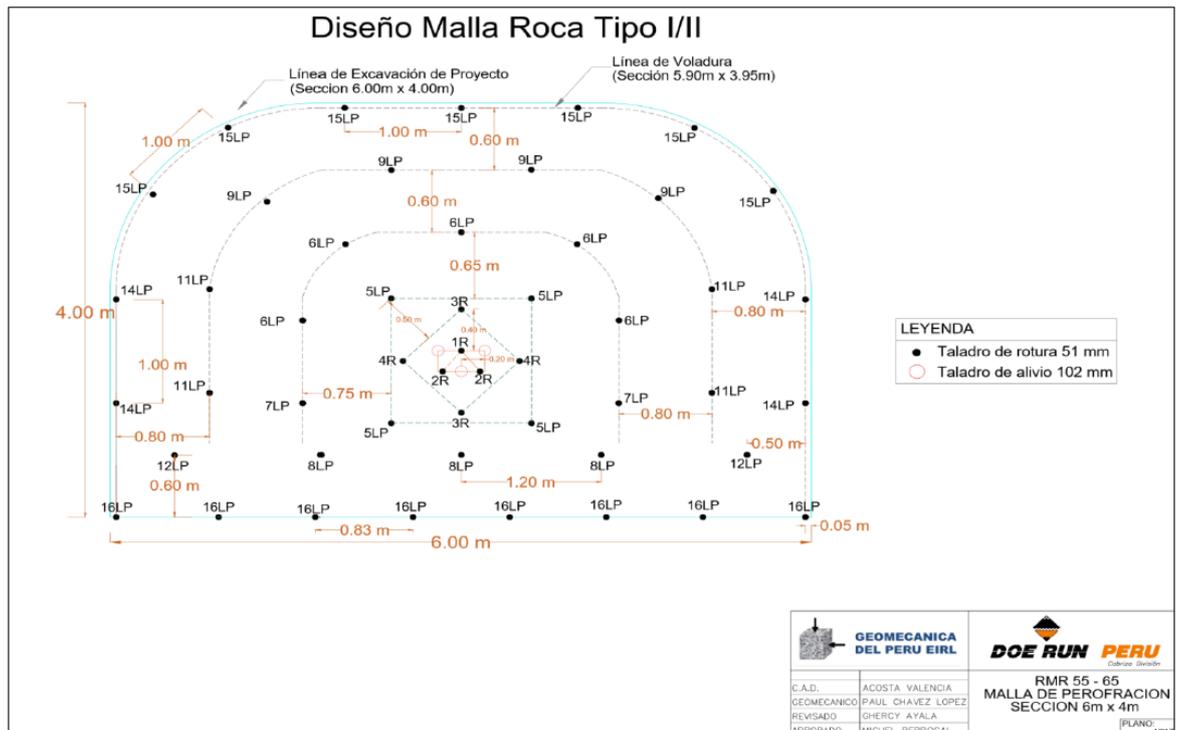


**Figura 17. Proceso mine to mill**  
*Tomada del departamento de Planeamiento*

## 2.8.2. Consideración de perforación y voladura

El diseño asociado a las características de voladura se orienta a controlar la granulometría de acuerdo con el P80 solicitado por planta, el cual involucra controlar el rendimiento de los equipos, así como el consumo de energía en la etapa de conminución.

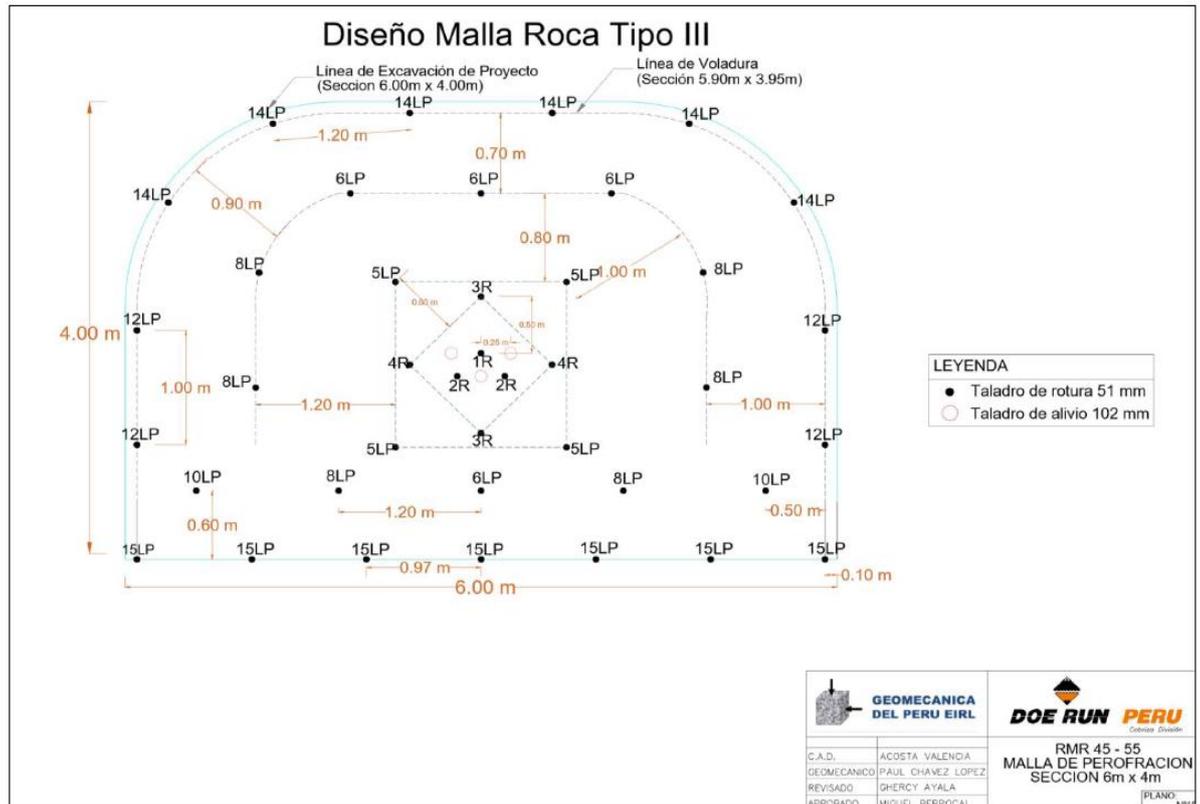
a) Tipo de roca I/II



Tipo de Taladro	Cant (Unid.)	Long. Tal. Perf (m)	%carga ANFO	Long. Carga (m)	Kg ANFO /Tal.	Total ANFO (Kg)	Cart./Tal. (und.)	Total Cart. (und.)	Peso (kg.)	Total Explosivos (Kg)
Alivio Arranque	3	3.9								
Arranque	3	3.9	80%	3.1	5.55	16.64	1	3	0.45	17.1
1er Ayuda	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.41	1	4	0.60	20.0
2da Ayuda	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.41	1	4	0.60	20.0
Hastiales	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.4	1	4	0.60	20.0
Produccion	15	3.9	70%	2.7	4.85	72.78	1	15	2.23	75.0
Corona	7	3.9	60%	2.3	4.16	29.11	1	7	1.04	30.2
Ayuda de Arrastres	5	3.9	80%	3.1	5.55	27.73	1	5	0.74	28.5
Arrastre	8	3.9	80%	3.1	5.55	44.36	1	8	1.19	45.6
<b>Total Taladros</b>	<b>53</b>					<b>249 Kg</b>		<b>50</b>	<b>7.45</b>	<b>256.29</b>

**Figura 18. Diseño de malla de roca Tipo I / II**  
**Tomada del departamento de Planeamiento**

## b) Tipo de roca III



Tipo de Taladro	Cant (Unid.)	Long. Tal. Perf (m)	%carga ANFO	Long. Carga (m)	Kg ANFO /Tal.	Total ANFO (Kg)	Cart./Tal. (und.)	Total Cart. (und.)	Peso (kg.)	Total Explosivos (Kg)
Alivio Arranque	3	3.9								
Arranque	3	3.9	80%	3.1	5.55	16.64	1	3	0.45	17.1
1er Ayuda	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.41	1	4	0.60	20.0
2da Ayuda	4	3.9	60%	2.3	4.16	16.64	1	4	0.60	17.2
Hastiales	4	3.9	60%	2.3	4.16	16.64	1	4	0.60	17.2
Produccion	7	3.9	60%	2.3	4.16	29.11	1	7	1.04	30.2
Corona	6	3.9	50%	2	3.47	20.79	1	6	0.89	21.7
Ayuda de Arrastres	5	3.9	70%	2.7	4.85	24.26	1	5	0.74	25.0
Arrastre	7	3.9	80%	3.1	5.55	38.82	1	7	1.04	39.9
<b>Total Taladros</b>	<b>43</b>					<b>182 Kg</b>		<b>40</b>	<b>5.96</b>	<b>188.27</b>

**Figura 19. Diseño de malla de roca Tipo III  
Tomada del departamento de Planeamiento**

### 2.8.3. Consideraciones de limpieza

El sistema actual Trackless es muy versátil operativamente, pero requiere de una atención constante en lo que se refiere al mantenimiento de vías, que afectan directamente el rendimiento y vida de llantas de camiones y Scoops, velocidad de extracción, disponibilidad mecánica de los equipos y productividad.

Después de efectuada la voladura, se restablece la ventilación en el área de disparo, con el correspondiente desate de rocas y regado previo a la limpieza del mineral.

#### 2.8.4. Consideraciones de los equipos de carguío y acarreo

Los equipos de carguío y acarreo asociado a las diferentes zonas de la unidad minera se utilizan scoops de 6 a 14 yd<sup>3</sup>, así como cargadores frontales de 5.5 yd<sup>3</sup> y equipos de acarreo asociado a camiones de 30 y 35 toneladas.

##### a) Características técnicas de carguío

Las consideraciones técnicas se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Características técnicas de carguío**

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CARGUÍO</b>	
Densidad del mineral roto	2,70 Tn/m <sup>3</sup>
Factor de Carguío	0,7
Factor de esponjamiento	40%
Distancia de acarreo	1 000 – 1 500 m
Turnos por día	2
Disponibilidad mecánica	70% mínimo
Utilización	80 - 85%
Horas efectivas trabajadas	5,5 - 6 horas/guardia

*Tomada del departamento de Planeamiento*

La siguiente tabla muestra los rendimientos de los scoops y camión Dux utilizadas.

**Tabla 6. Características técnicas de carguío y acarreo**

<b>RENDIMIENTOS</b>	<b>SCOOPTRAM</b>	<b>CAMION DUX</b>
Capacidad cuchara/tolva (m <sup>3</sup> )	8,41	16 – 19,6
Capacidad tolva (TM)	-	30 – 36
Factor de llenado (%)	70	70
Tonelaje por viaje (TM)	13	25 – 30
Tiempo de ciclo (min)	03-may	30 – 40
Viajes / hora (50 min/h) (VJ)	10	1.5 – 2
Producción horaria (TM/H)	130	30 – 50
Producción por guardia (TM/guardia)	780	210 – 360

*Tomada del departamento de Planeamiento*

### **2.8.5. Consideraciones de producción**

La producción generada durante el año 2018 fue de 1´455,402 toneladas con leyes de Cu@0.87 % y Ag@21.51 gr/t.

El presente trabajo de investigación permitirá el análisis del grado de fragmentación periodo enero a marzo del 2018 que será comparado con el periodo actual, realizando un análisis de la granulometría mediante el software WipFrag 3.3 determinado el P80 en el XC3630 (escenario anterior) y TJ1760 (escenario actual) del Nv 10.

Los resultados de granulometría serán relacionados con las variables operacionales y rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en los escenarios de enero a marzo y el escenario actual.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

El tipo de investigación realizada en la presente tesis es aplicado, bajo un nivel de tipo explicativo, buscará analizar las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* para el cumplimiento de los planes de producción en la mina Cobriza. La metodología a aplicar es de carácter cualitativo - cuantitativo, donde se analizó e interpretó los resultados obtenidos de la granulometría y su influencia en las variables operacionales.

##### **a) Método general**

Definirá el análisis de los parámetros operacionales considerando el análisis del grado de fragmentación post voladura y su influencia en el tiempo de acarreo, número de viajes y tonelaje asociado.

##### **b) Métodos específicos**

Permitirá realizar el procedimiento que recolectará y procesará la información obtenida, con la finalidad de determinar los principales KPIs, siendo estos:

- **Recopilación de informes anteriores.** Se obtuvo informes de producción de los periodos enero a marzo del 2018 y el periodo actual, considerando el tonelaje cargado y acarreado, tiempo de carguío y acarreo, número de viajes y

rendimiento de los equipos, los cuales serán evaluados en el presente trabajo de investigación.

- **Trabajo de campo.** Se tomará información de campo durante el periodo actual considerando los resultados post voladura y, principalmente, la granulometría asociada.
- **Trabajo de gabinete.** Se realizó el análisis e interpretación de resultados de los periodos enero a marzo del 2018 con los resultados de voladura de un periodo actual.
- **Resultados.** El análisis de las variables operacionales bajo la premisa mina a planta permitió entender la influencia que genera la granulometría con el tiempo de acarreo, número de viajes, tonelaje y rendimiento asociado al periodo enero a marzo del 2018 y el escenario actual en la mina Cobriza.

### **3.1.2. Alcances de la investigación**

### **3.2. Diseño de la investigación**

Se analizó las variables operacionales de carguío y acarreo bajo el concepto mina a planta y su incidencia en el cumplimiento del plan de producción en la mina Cobriza.

#### **3.2.1. Tipo de diseño de investigación**

El diseño de investigación es no experimental, se realizó durante un periodo de 3 meses, controlando y registrando las diferentes variables operacionales evaluando durante el tiempo de estudio. Durante el desarrollo de la presente tesis no se manipuló ni alteró las variables a ser analizadas. La granulometría fue analizada y se determinó su influencia con las variables asociadas al proceso unitario de carguío y acarreo en la mina Cobriza.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Relacionado a las operaciones de la mina Cobriza.

### **3.3.2. Muestra**

Está relacionado a los indicadores operacionales de carguío y acarreo de los frentes operacionales: XC 3630 y TJ 1760 del Nv 10, de la mina Cobriza.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

- Observar y recopilar información en el área de estudio
- Recopilación de imágenes post voladura

#### **3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- Manejo de hojas de cálculo
- Uso de software Wipfrag, para determinar curvas de granulométrica
- Computadora, etc.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información**

En el capítulo IV se analizará e interpretará los resultados, orientados a entender el grado de fragmentación y su influencia en las variables operacionales como el tiempo de acarreo, número de viajes, tonelaje asociado y rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, bajo el concepto *mine to mill*.

##### **4.1.1 Análisis de las variables operacionales**

Durante la elaboración del presente trabajo de investigación se tomó como referencia los tres últimos meses de operación de la unidad minera Cobriza, considerando el tonelaje asociado, las horas efectivas, número de viajes y las toneladas por hora en los procesos unitarios de carguío y acarreo, considerando los escenarios de enero, febrero y marzo (escenario anterior) y periodo actual.

##### **a) Periodo de enero**

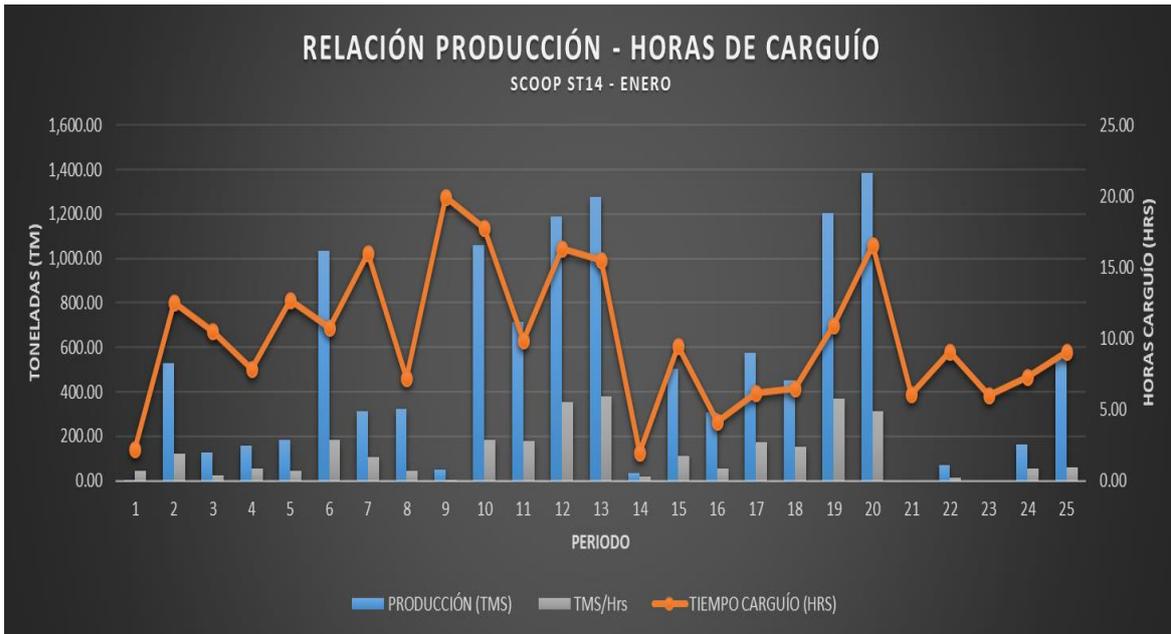
Durante el periodo de enero se analizó los 25 días de operación de los equipos de carguío y acarreo, se consideró el *scoop* ST14 de 8.41 m<sup>3</sup> (11 yd<sup>3</sup>) y camiones DUX de 35 toneladas.

##### **✓ Carguío**

Los parámetros operacionales de carguío con el scoop ST14 durante el mes de enero, considera los parámetros de tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado en toneladas por hora.

**Tabla 7. Parámetros operacionales de equipos de carguío, mes de enero**

PARÁMETROS OPERACIONALES DE CARGUÍO - MES ENERO				RENDIMIENTO
EQUIPO SCOOP ST14				
MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO CARGUÍO (HRS)	N° VIAJES	TMS/Hrs
01-Ene	2.25	2.25	0.00	44.40
05-Ene	530.00	12.58	4.00	121.20
06-Ene	128.00	10.50	0.00	26.30
08-Ene	157.00	7.84	0.00	53.20
09-Ene	182.00	12.67	0.00	44.30
10-Ene	1,035.00	10.76	0.00	184.40
11-Ene	313.00	16.00	0.00	107.00
12-Ene	325.00	7.25	0.00	44.80
13-Ene	50.00	19.92	0.00	3.40
14-Ene	1,062.00	17.75	0.00	186.30
15-Ene	717.00	9.92	0.00	176.00
16-Ene	1,187.00	16.33	11.00	351.70
17-Ene	1,278.00	15.50	0.00	378.60
18-Ene	36.00	2.00	0.00	18.00
19-Ene	504.00	9.50	0.00	111.20
20-Ene	309.00	4.17	0.00	55.10
21-Ene	576.00	6.17	0.00	170.90
22-Ene	450.00	6.50	0.00	151.70
23-Ene	1,207.00	10.92	0.00	371.80
24-Ene	1,386.00	16.60	0.00	312.30
25-Ene	0.00	6.08	0.00	0.00
27-Ene	72.00	9.08	0.00	12.50
28-Ene	0.00	6.00	0.00	0.00
29-Ene	162.00	7.33	0.00	55.70
31-Ene	558.00	9.08	0.00	61.50
<b>Total</b>	<b>12,226.25</b>	<b>252.70</b>	<b>0</b>	<b>121.69</b>
<b>Promedio</b>	<b>489.05</b>	<b>10.11</b>	<b>0</b>	<b>121.69</b>



**Figura 20. Relación producción y horas de carguío, periodo enero**

El tonelaje cargado durante el mes de enero fue de 12,226.25 toneladas, considerando 252.70 horas de carguío.

El tonelaje promedio diario de carguío fue de 489.05 toneladas, con un promedio de horas de carguío de 10.11 horas y un rendimiento diario promedio de 121.69 t/h.

La variabilidad de las horas de carguío durante el mes de enero está asociada a los diferentes tajeos y equipos de carguío analizados, que en este caso serán 2 (scoops ST14 1 y 2), por lo que las horas efectivas por guardia trabajadas fueron de 5.1 h/día.

✓ Acarreo

Los parámetros operacionales de acarreo en los camiones DUX durante el mes de enero, considera el análisis de los parámetros de tonelaje, horas de acarreo, número de viajes y rendimiento de acarreo asociado a toneladas por hora.

Tabla 8. *Parámetros operacionales de equipos de acarreo, mes de enero*

PARÁMETROS OPERACIONALES DE ACARREO - MES ENERO					
EQUIPO ACARREO - DUX					
MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO ACARREO (HRS)	N° VIAJES	RENDIMIENTO	
				TMS/Hrs	TMS/Viaje
01-Ene	418	10.33	15	167.7	27.87
02-Ene	600	12.84	21	283.4	28.57
04-Ene	542	8.16	19	204.2	28.53
05-Ene	316	8.76	12	177.7	26.33
06-Ene	910	14.33	33	242.8	27.58
07-Ene	922	10.73	33	730.0	27.94
08-Ene	940	12	34	354.5	27.65
09-Ene	694	8.5	25	255.5	27.76
10-Ene	1640	14.34	58	551.4	28.28
11-Ene	656	6.5	29	370.4	22.62
12-Ene	1108	9.67	42	459.8	26.38
13-Ene	1418	16.66	51	450.7	27.80
14-Ene	994	10.66	37	372.1	26.86
15-Ene	976	8.51	36	330.5	27.11
16-Ene	1420	15.33	52	622.6	27.31
17-Ene	1596	14.17	58	591.1	27.52
18-Ene	512	5.82	18	333.5	28.44
19-Ene	182	3.34	7	109.0	26.00
20-Ene	198	3.34	7	180.5	28.29
25-Ene	360	5.33	12	144.1	30.00
28-Ene	312	2.42	12	128.9	26.00
29-Ene	2640	18.33	96	726.8	27.50
30-Ene	1764	17.51	66	726.7	26.73
31-Ene	1956	19.41	73	1030.0	26.79
<b>Total</b>	<b>23,074</b>	<b>256.99</b>	<b>846</b>	<b>397.7</b>	<b>27.27</b>
<b>Promedio</b>	<b>961.42</b>	<b>10.71</b>	<b>35</b>	<b>397.66</b>	<b>27.27</b>

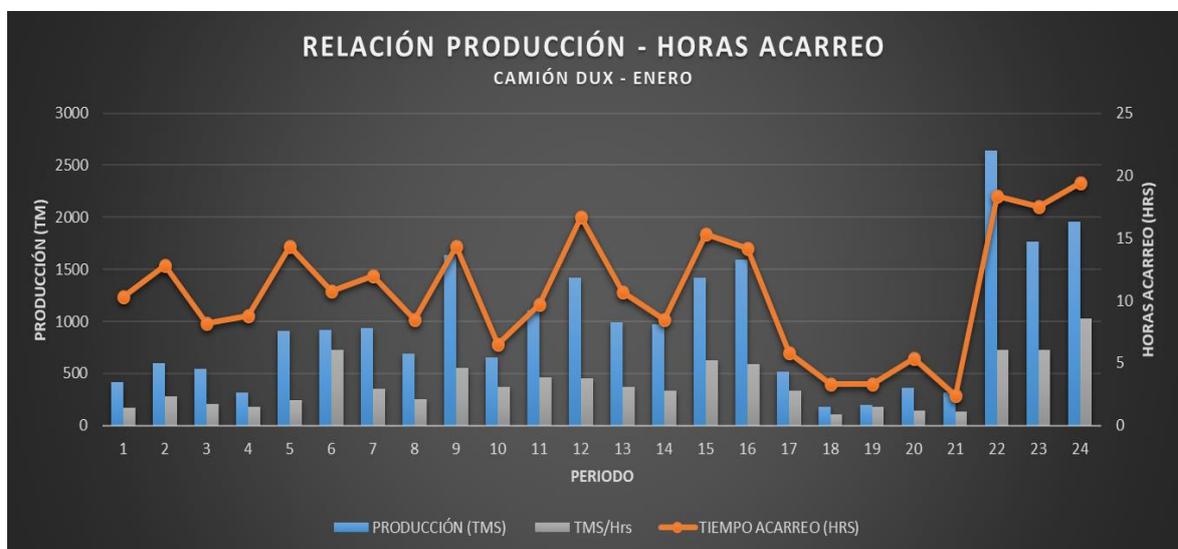
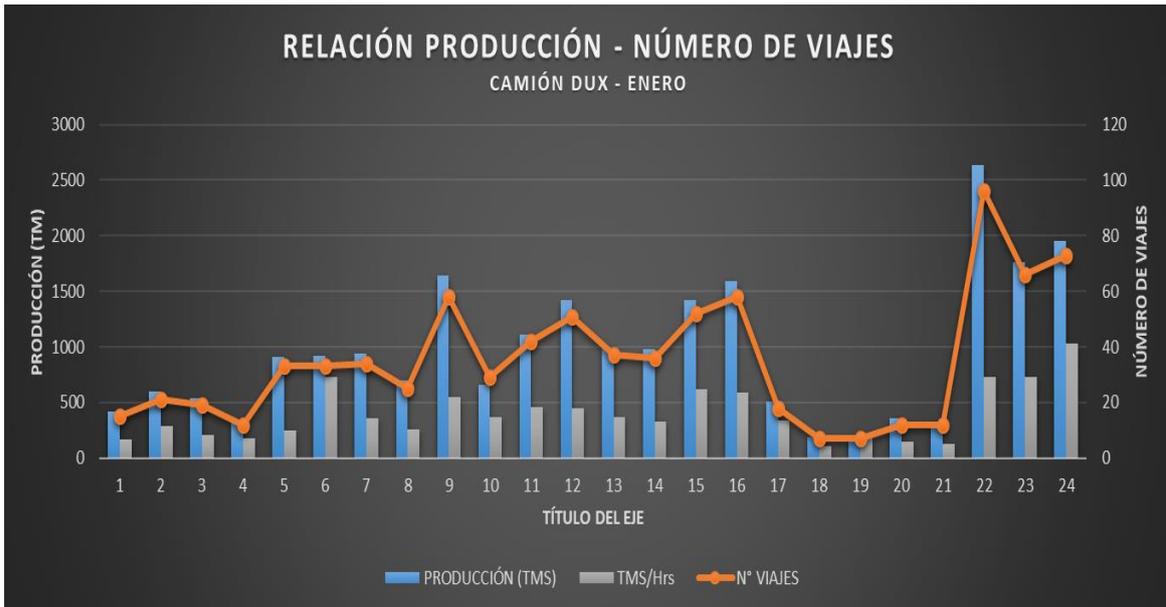


Figura 21. *Relación producción y horas de acarreo, periodo enero*



**Figura 22. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo enero**

El total de mineral cargado durante el mes de enero fue de 23,074 toneladas considerando un total de 256.99 horas de acarreo y un total de 846 viajes.

El promedio diario de toneladas acarreadas fue de 961.42 toneladas, considerando un promedio diario de acarreo de 10.71 horas y un promedio de 35 viajes diarios.

Los rendimientos asociados al mes de enero fueron de 397.66 t/h y de 27.27 t/viaje, considerando camiones DUX de 30 toneladas de capacidad.

**b) Periodo de febrero**

Durante el periodo de febrero se analizó los 25 días de operación de los equipos de carguío y acarreo, se consideró el scoop ST14 de 8.41 m<sup>3</sup> (11 yd<sup>3</sup>) y camiones DUX de 35 toneladas.

✓ **Carguío**

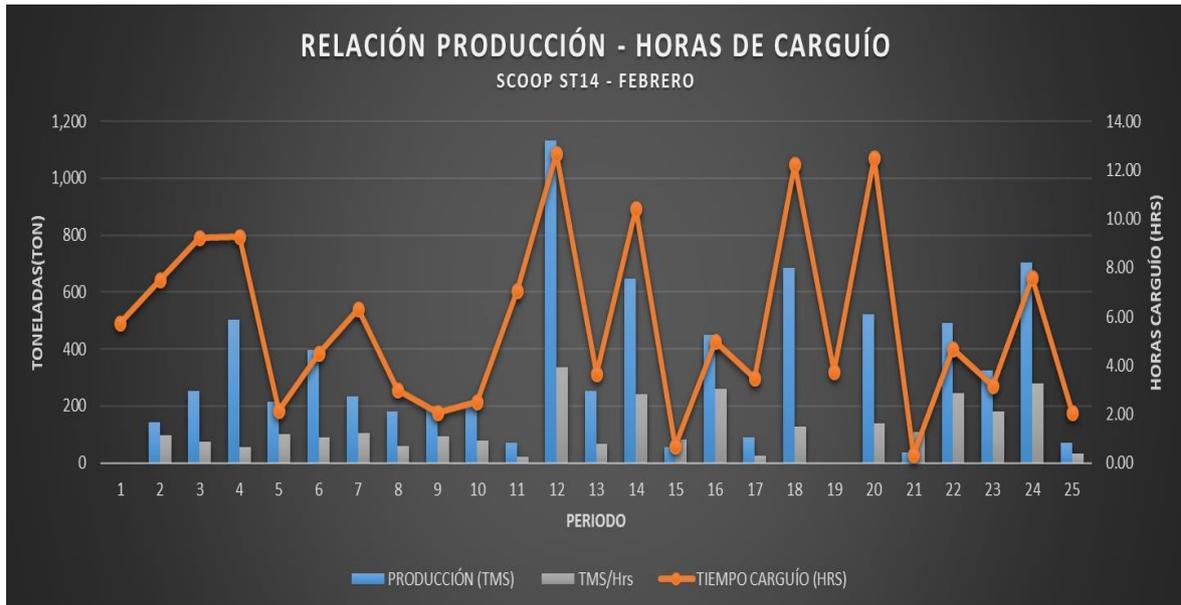
Los parámetros operacionales de carguío con el scoop ST14 durante el mes de febrero considera los parámetros de tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado en toneladas por hora.

**Tabla 9. Parámetros operacionales de equipos de carguío, mes de febrero**

**PARÁMETROS OPERACIONALES DE CARGUÍO - MES FEBRERO**

**EQUIPO SCOOP ST14**

MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO CARGUÍO (HRS)	N° VIAJES	RENDIMIENTO
				TMS/Hrs
02-Feb	0	5.75	0.00	0.00
03-Feb	144	7.50	0.00	96.00
04-Feb	252	9.25	0.00	73.70
05-Feb	504	9.26	0.00	54.40
07-Feb	216	2.17	0.00	99.50
09-Feb	396	4.50	0.00	88.00
10-Feb	234	6.33	0.00	106.40
11-Feb	180	3.00	0.00	60.00
12-Feb	198	2.08	0.00	95.20
13-Feb	198	2.50	0.00	79.20
14-Feb	72	7.08	0.00	20.60
15-Feb	1,134	12.68	0.00	337.60
16-Feb	252	3.67	0.00	68.70
17-Feb	648	10.42	0.00	242.40
18-Feb	54	0.67	0.00	80.60
19-Feb	450	5.00	0.00	260.00
20-Feb	90	3.50	0.00	25.70
21-Feb	684	12.25	0.00	126.90
22-Feb	0	3.75	0.00	0.00
23-Feb	522	12.51	0.00	137.50
24-Feb	36	0.33	0.00	109.10
25-Feb	491	4.67	0.00	246.40
26-Feb	324	3.17	0.00	179.90
27-Feb	702	7.58	0.00	279.40
28-Feb	72	2.08	0.00	34.60
<b>Total</b>	<b>7,853</b>	<b>141.70</b>	<b>0.00</b>	<b>116.07</b>
<b>Promedio</b>	<b>314.12</b>	<b>5.67</b>	<b>0.00</b>	<b>116.07</b>



**Figura 23. Relación producción y horas de carguío, periodo febrero**

El tonelaje de carguío durante el mes de febrero fue de 7,853 toneladas, considerando 141.70 horas de carguío.

El tonelaje promedio diario de carguío fue de 314.12 toneladas, con un promedio de horas de carguío de 5.67 horas y un rendimiento diarios promedio de 116.07 t/h.

La variabilidad de las horas de carguío durante el mes de febrero está asociado a las diferentes distancias de los tajeos y equipos de carguío analizados, que en este caso serán 2 (scoops ST14 1 y 2), por lo que las horas efectivas por guardia trabajadas fueron de 2.8 h/gdía.

✓ **Acarreo**

Los parámetros operacionales de acarreo en los camiones DUX durante el mes de febrero, considera el análisis de los parámetros de tonelaje, horas de acarreo, número de viajes y rendimiento de acarreo asociado a toneladas por hora.

Tabla 10. *Parámetros operacionales de equipos de acarreo, mes de febrero*

PARÁMETROS OPERACIONALES DE ACARREO - MES FEBRERO				RENDIMIENTO	
EQUIPO ACARREO - DUX					
MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO ACARREO (HRS)	N° VIAJES	TMS/Hrs	TMS/Viaje
01-Feb	2,408	22.91	90	934	26.76
02-Feb	2,600	25.17	92	816	28.26
03-Feb	2,198	28.82	79	751	27.82
04-Feb	2,022	42.91	80	679	25.28
05-Feb	2,118	32.49	82	1,119	25.83
06-Feb	746	22.42	30	298	24.87
07-Feb	376	7.84	17	192	22.12
08-Feb	416	5.66	14	152	29.71
09-Feb	1,222	20.01	43	264	28.42
10-Feb	1,924	25.74	70	561	27.49
11-Feb	1,012	18.01	36	428	28.11
13-Feb	150	1.50	5	100	30.00
14-Feb	1,432	21.08	50	526	28.64
15-Feb	1,188	22.35	42	338	28.29
16-Feb	2,270	39.42	85	913	26.71
17-Feb	176	4.91	7	149	25.14
18-Feb	202	2.00	8	217	25.25
19-Feb	436	7.17	16	187	27.25
20-Feb	718	13.83	28	426	25.64
21-Feb	586	15.00	24	242	24.42
22-Feb	764	16.92	28	343	27.29
23-Feb	1,898	37.48	70	696	27.11
24-Feb	1,564	19.74	59	432	26.51
25-Feb	1,324	21.00	53	718	24.98
26-Feb	652	9.17	25	317	26.08
27-Feb	60	2.33	2	26	30.00
28-Feb	824	8.83	30	280	27.47
<b>Total</b>	<b>31,286</b>	<b>494.71</b>	<b>1,165</b>	<b>448.28</b>	<b>26.85</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,158.74</b>	<b>18.32</b>	<b>43</b>	<b>448.28</b>	<b>26.85</b>

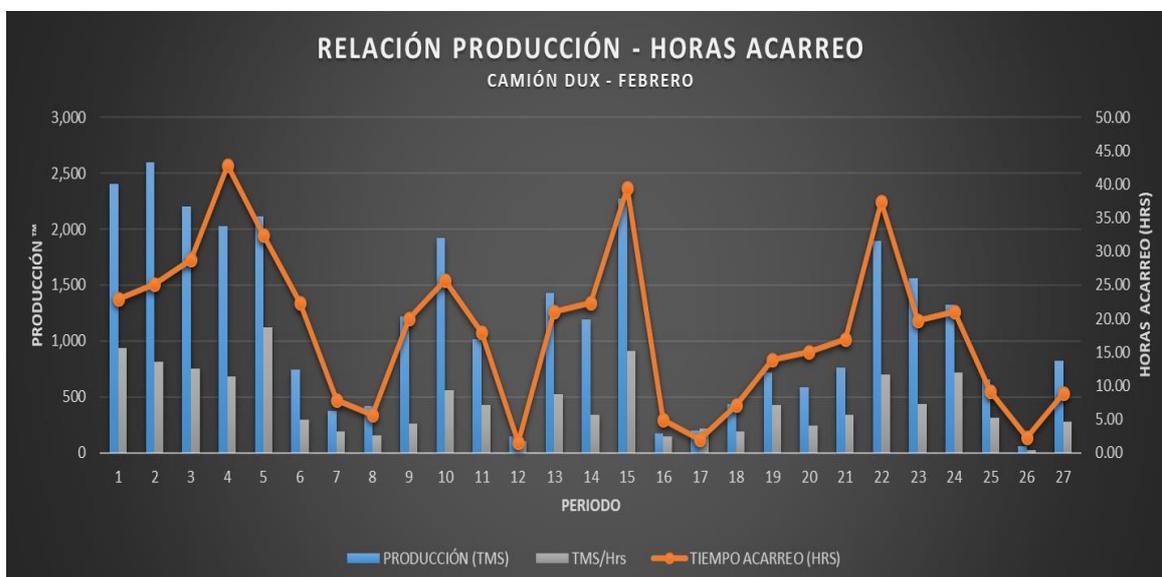
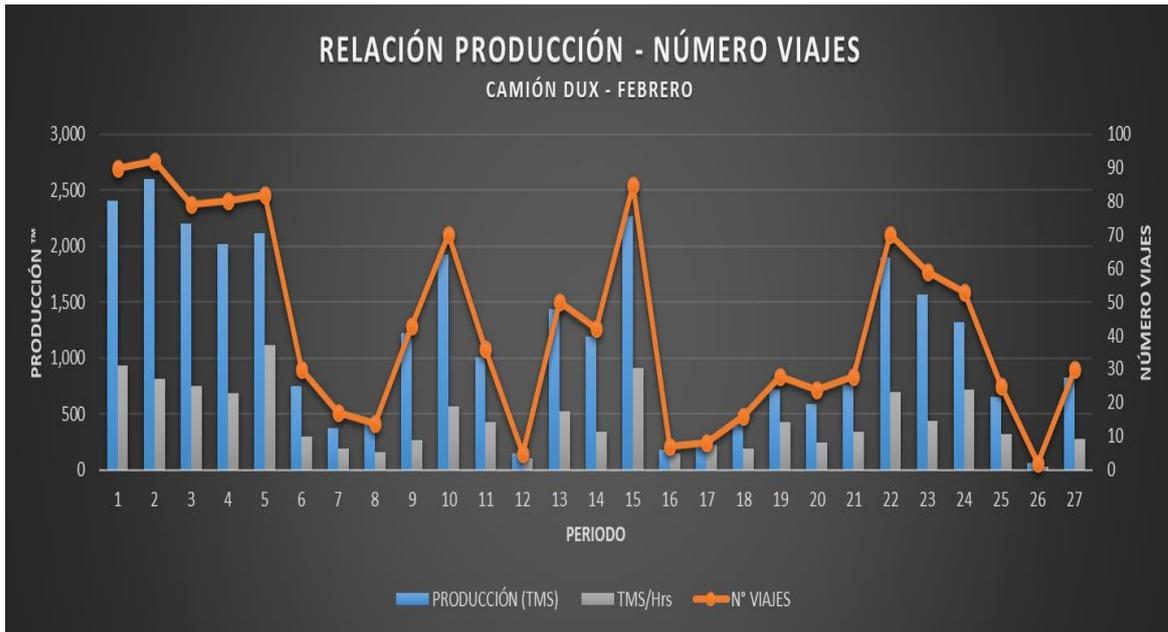


Figura 24. *Relación producción y horas de acarreo, periodo febrero*



**Figura 25. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo febrero**

El total de mineral acarreado durante el mes de febrero fue de 31,286 toneladas considerando un total de 494.71 horas de acarreo y un total de 1,165 viajes.

El promedio diario de toneladas acarreadas fue de 1,158.74 toneladas, considerando un promedio diario de acarreo de 18.32 horas y un promedio de 43 viajes diarios.

Los rendimientos asociados al mes de febrero fueron de 448.28 t/h y de 26.85 t/viaje, considerando camiones DUX de 30 toneladas de capacidad.

c) Periodo de marzo

Durante el periodo de marzo se analizó los 24 días de operación de los equipos de carguío y acarreo, se consideró el scoop ST14 de 8.41 m<sup>3</sup> (11 yd<sup>3</sup>) y camiones DUX de 35 toneladas.

✓ Carguío

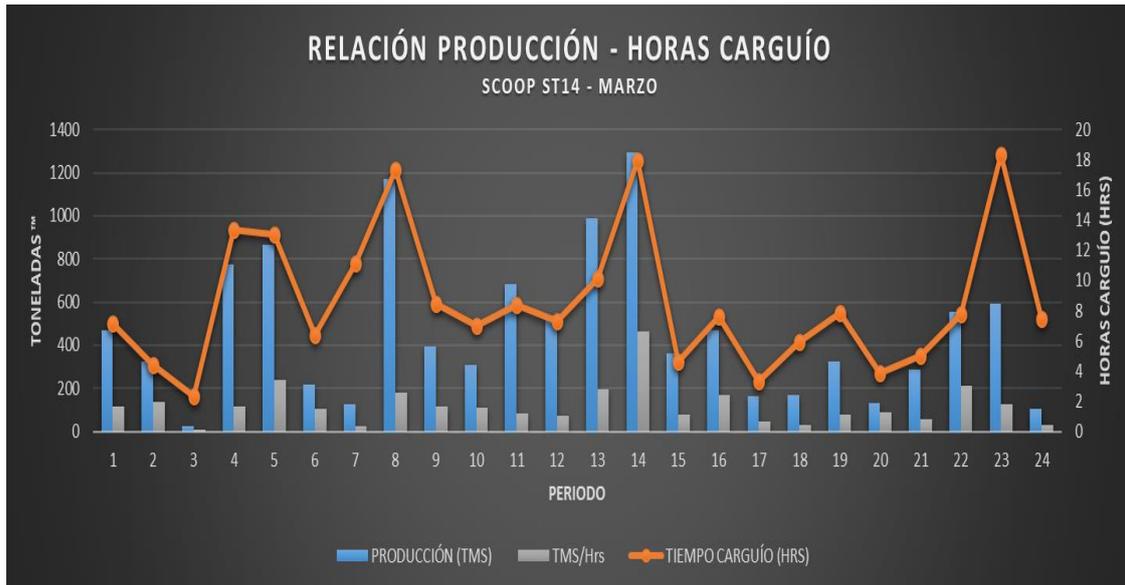
Los parámetros operacionales de carguío con el scoop ST14 durante el mes de marzo considera los parámetros de tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado en toneladas por hora.

Tabla 11. *Parámetros operacionales de equipos de carguío, mes de marzo*

**PARÁMETROS OPERACIONALES DE CARGUÍO - MES MARZO**

EQUIPO SCOOP ST14

MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO CARGUÍO (HRS)	N° VIAJES	RENDIMIENTO
				TMS/Hrs
02-Mar	471	7.16	0	115.3
04-Mar	324	4.42	0	138.3
05-Mar	25	2.33	0	10.7
06-Mar	774	13.34	0	117.8
07-Mar	866	13.08	0	239.9
08-Mar	218	6.42	0	105.3
09-Mar	128	11.16	0	23.7
10-Mar	1170	17.33	0	181.2
11-Mar	392	8.49	0	118.3
12-Mar	306	7	0	112
13-Mar	684	8.42	0	81.2
14-Mar	540	7.35	0	74.5
16-Mar	990	10.17	0	195.3
17-Mar	1296	17.93	3	462.6
18-Mar	360	4.67	0	77.1
19-Mar	468	7.6	0	170.6
20-Mar	162	3.33	0	48.6
22-Mar	168	5.92	7	28.4
23-Mar	324	7.83	3	78.8
24-Mar	133	3.91	0	90.9
26-Mar	288	5	0	57.6
27-Mar	554	7.75	0	209.7
28-Mar	590	18.32	37	127.6
30-Mar	104	7.5	0	27.8
<b>Total</b>	<b>11,335.00</b>	<b>206.43</b>	<b>0</b>	<b>120.55</b>
<b>Promedio</b>	<b>472.29</b>	<b>8.60</b>	<b>0</b>	<b>120.55</b>



**Figura 26. Relación producción y horas de carguío, periodo marzo**

El tonelaje de carguío durante el mes de marzo fue de 11,335 toneladas, considerando 206.43 horas de carguío.

El tonelaje promedio diario de carguío fue de 472.29 toneladas con un promedio de horas de carguío de 8.6 horas y un rendimiento diario promedio de 120.55 t/h.

La variabilidad de las horas de carguío durante el mes de marzo está asociado a las diferentes distancias de los tajeos y equipos de carguío analizados, que en este caso serán 2 (scoops ST14 1 y 2), por lo que las horas efectivas por guardia trabajadas fueron de 4.3 h/gdía.

✓ Acarreo

Los parámetros operacionales de acarreo en los camiones DUX durante el mes de marzo considera el análisis de los parámetros de tonelaje, horas de acarreo, número de viajes y rendimiento de acarreo asociado a toneladas por hora y toneladas por viaje.

Tabla 12. Parámetros operacionales de equipos de acarreo, mes de marzo

PARÁMETROS OPERACIONALES DE ACARREO - MES MARZO					
EQUIPO ACARREO - DUX					
MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO ACARREO (HRS)	N° VIAJES	RENDIMIENTO	
				TMS/Hrs	TMS/Viaje
01-Mar	714	12.59	25	232.8	28.56
02-Mar	878	14.83	31	319.3	28.32
03-Mar	802	9.59	29	166.9	27.66
04-Mar	688	9.58	24	220.9	28.67
05-Mar	256	3.42	11	149.0	23.27
06-Mar	598	11.16	21	240.6	28.48
07-Mar	1,440	27.41	52	450.2	27.69
08-Mar	924	16.41	32	340.5	28.88
09-Mar	1,248	23.07	44	331.9	28.36
10-Mar	388	15.00	14	157.4	27.71
11-Mar	578	15.75	21	234.5	27.52
12-Mar	1,346	28.68	52	959.0	25.88
13-Mar	870	9.09	33	719.3	26.36
14-Mar	1,018	16.08	35	580.9	29.09
15-Mar	1,770	18.59	59	767.0	30.00
16-Mar	2,198	26.10	81	713.4	27.14
17-Mar	2,304	25.59	88	828.4	26.18
18-Mar	2,394	35.00	93	839.6	25.74
20-Mar	572	8.17	22	163.0	26.00
21-Mar	1,112	12.34	46	410.2	24.17
22-Mar	632	16.42	24	232.1	26.33
23-Mar	2,168	17.56	82	943.2	26.44
24-Mar	1,828	37.16	73	355.5	25.04
25-Mar	856	28.99	31	174.2	27.61
26-Mar	104	4.17	4	193.0	26.00
27-Mar	544	6.17	23	380.8	23.65
28-Mar	52	1.67	2	31.1	26.00
29-Mar	388	12.08	14	129.8	27.71
30-Mar	1,006	24.82	42	219.3	23.95
<b>Total</b>	<b>29,676</b>	<b>487.49</b>	<b>1,108</b>	<b>395.99</b>	<b>26.78</b>
<b>Promedio</b>	<b>1,023.31</b>	<b>16.81</b>	<b>38</b>	<b>395.99</b>	<b>26.78</b>

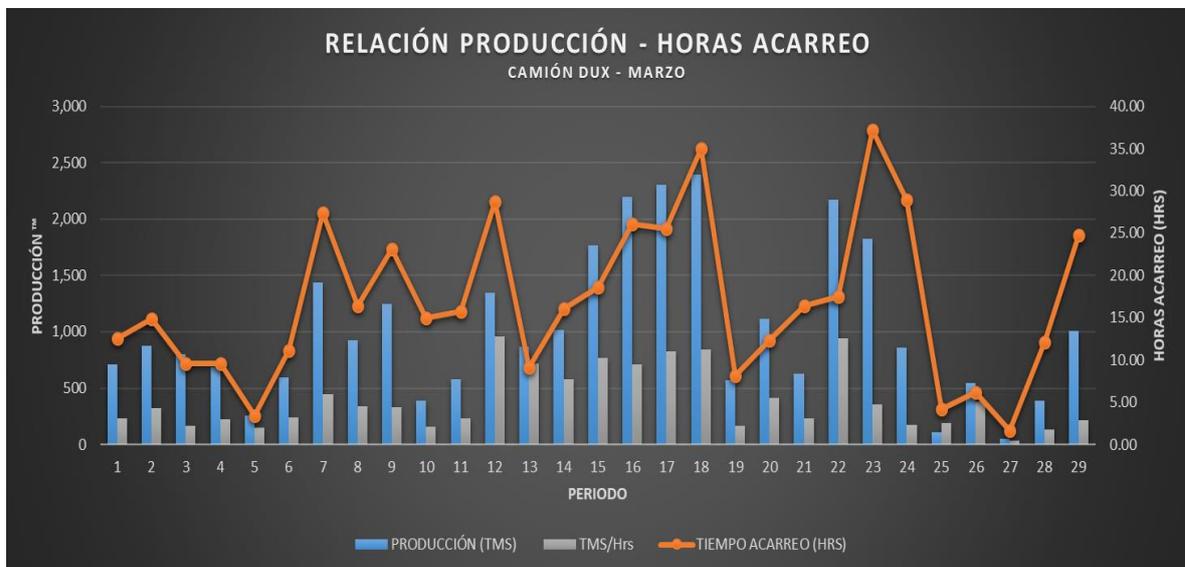
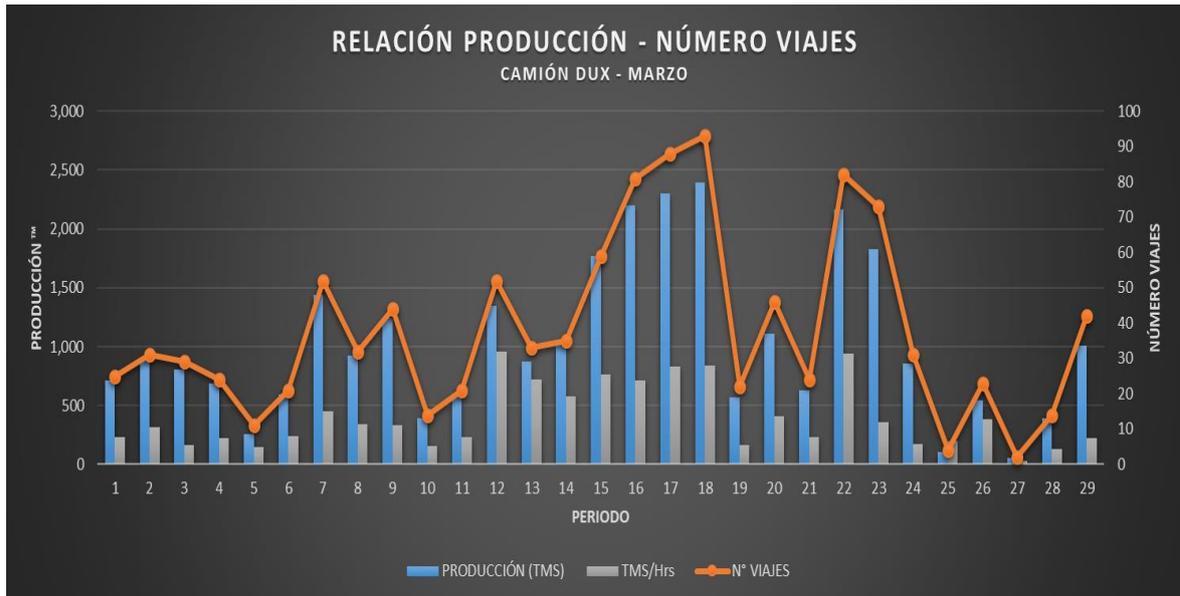


Figura 27. Relación producción y horas de acarreo, periodo marzo



**Figura 28. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo marzo**

El total de mineral acarreado durante el mes de marzo fue de 29,676 toneladas considerando un total de 487.49 horas de acarreo y un total de 1,108 viajes.

El promedio diario de toneladas acarreadas fue de 1,023.31 toneladas, considerando un promedio diario de acarreo de 16.81 horas y un promedio de 38 viajes diarios.

Los rendimientos asociados al mes de marzo fueron de 395.99 t/h y de 26.78 t/viaje, considerando camiones DUX de 30 toneladas de capacidad.

**d) Periodo actual**

Para el presente trabajo de investigación se comparó las variables operacionales de los meses de enero a marzo con el escenario actual, considerando las mismas condiciones operacionales de los meses anteriores con la finalidad del cumplimiento de los planes de producción en la actualidad.

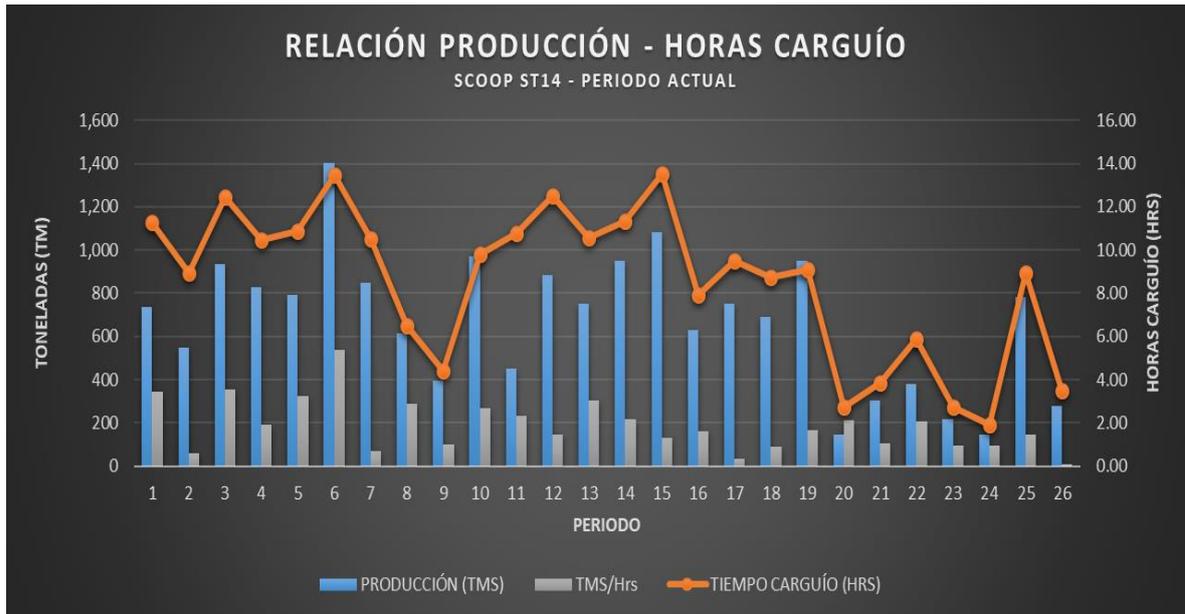
Durante el periodo actual de análisis se analizó los 26 días de operación de los equipos de carguío y acarreo, se consideró el *scoop* ST14 de 8.41 m<sup>3</sup> (11 yd<sup>3</sup>) y camiones DUX de 35 toneladas.

✓ Carguío

Los parámetros operacionales de carguío con el scoop ST14 durante el periodo actual, considera los parámetros de tonelaje, horas de carguío y rendimiento asociado en toneladas por hora.

**Tabla 13. Parámetros operacionales de equipos de carguío, periodo actual**

<b>PARÁMETROS OPERACIONALES DE CARGUÍO - MES ACTUAL</b>				
<b>EQUIPO SCOOP ST14</b>				
<b>MES</b>	<b>PRODUCCIÓN (TMS)</b>	<b>TIEMPO CARGUÍO (HRS)</b>	<b>N° VIAJES</b>	<b>RENDIMIENTO TMS/Hrs</b>
1	736	11.30	8	347.10
2	550	8.95	0	60.40
3	936	12.45	0	357.20
4	828	10.45	0	190.80
5	792	10.85	0	325.80
6	1,404	13.45	0	536.60
7	850	10.50	0	72.00
8	612	6.50	0	289.70
10	396	4.40	0	99.00
12	972	9.80	0	267.10
13	450	10.75	0	234.40
14	882	12.50	0	145.20
16	750	10.55	0	302.00
17	950	11.35	0	219.10
18	1,080	13.50	0	132.40
19	630	7.90	0	160.70
20	750	9.50	0	36.00
21	690	8.75	0	90.00
22	950	9.10	0	169.20
23	144	2.75	0	212.80
24	306	3.85	0	108.10
25	378	5.89	0	207.40
26	216	2.75	0	96.00
27	144	1.90	0	96.00
29	784	8.95	0	144.90
30	280	3.50	0	7.70
<b>Total</b>	<b>17,460</b>	<b>222.14</b>	<b>0</b>	<b>188.75</b>
<b>Promedio día</b>	<b>671.54</b>	<b>8.54</b>	<b>0</b>	<b>188.75</b>



**Figura 29. Relación producción y horas de carguío, periodo actual**

El tonelaje de carguío durante el periodo actual fue de 17,460 toneladas, considerando 222.14 horas de carguío.

El tonelaje promedio diario de carguío fue de 671.54 toneladas con un promedio de horas de carguío de 8.54 horas y un rendimiento diario promedio de 188.75 t/h.

La variabilidad de las horas de carguío durante el periodo actual está asociado a las diferentes distancias de los tajeos y equipos de carguío analizados, que en este caso serán 2 (*scoops* ST14 1 y 2), por lo que las horas efectivas por guardia trabajadas fueron de 4.27 h/gdía.

✓ **Acarreo**

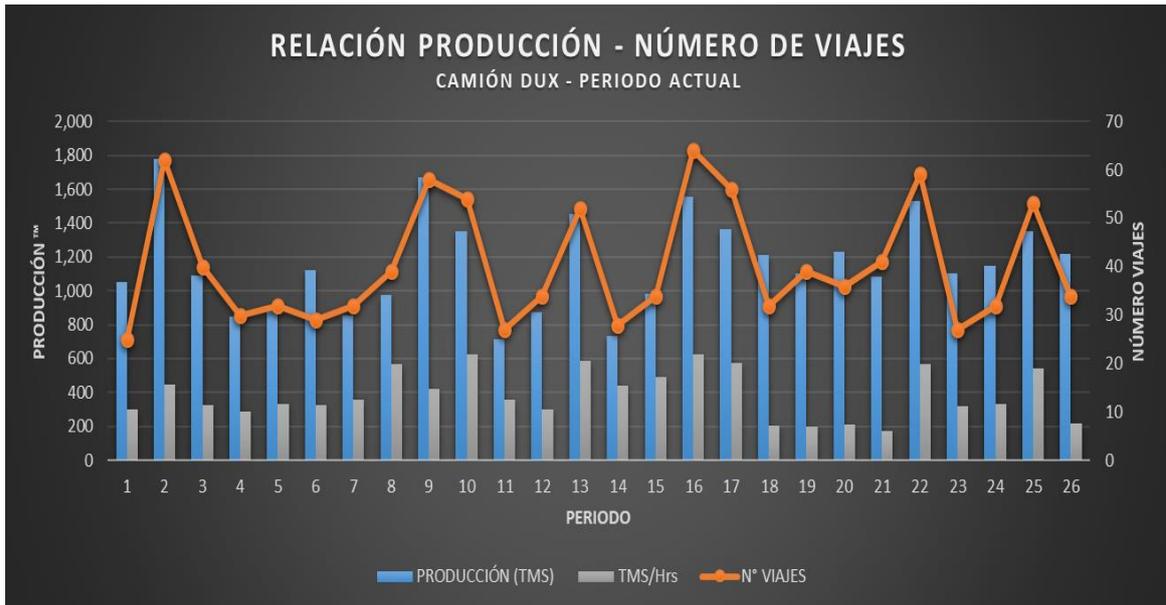
Los parámetros operacionales de acarreo en los camiones DUX durante el periodo actual considera el análisis de los parámetros de tonelaje, horas de acarreo, número de viajes y rendimiento de acarreo asociado a toneladas por hora y toneladas por viaje.

**Tabla 14. Parámetros operacionales de equipos de acarreo, periodo actual**

PARÁMETROS OPERACIONALES DE ACARREO - MES ACTUAL					
EQUIPO ACARREO - DUX					
MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO ACARREO (HRS)	N° VIAJES	RENDIMIENTO	
				TMS/Hrs	TMS/Viaje
1	1,050	13.17	25	301.90	42
2	1,778	26.90	62	443.80	29
3	1,090	18.16	40	322.70	27
4	846	17.99	30	288.90	28
5	908	22.58	32	334.40	28
6	1,120	14.50	29	325.00	39
7	852	15.04	32	358.50	27
8	978	8.67	39	564.60	25
10	1,668	24.50	58	420.00	29
12	1,350	29.50	54	624.30	25
13	712	14.92	27	356.10	26
14	872	13.00	34	299.90	26
16	1,450	27.30	52	590.00	28
17	732	13.34	28	443.11	26
18	980	13.75	34	489.60	29
19	1,554	22.91	64	622.90	24
20	1,364	28.42	56	576.90	24
21	1,210	34.60	32	205.40	38
22	1,106	28.32	39	200.10	28
23	1,230	36.59	36	213.40	34
24	1,082	26.75	41	172.40	26
25	1,528	21.90	59	568.60	26
26	1,100	13.80	27	320.00	41
27	1,150	15.60	32	335.00	36
29	1,350	27.40	53	540.00	25
30	1,220	35.30	34	214.50	36
<b>Total</b>	<b>22,820</b>	<b>438.51</b>	<b>837</b>	<b>389.69</b>	<b>30</b>
<b>Promedio día</b>	<b>1,165</b>	<b>21.73</b>	<b>40</b>	<b>389.69</b>	<b>30</b>



**Figura 30. Relación producción y horas de acarreo, periodo actual**



**Figura 31. Relación producción y números de viaje de acarreo, periodo actual**

El total de mineral acarreado durante el periodo actual fue de 22,820 toneladas considerando un total de 438.51 horas de acarreo y un total de 837 viajes.

El promedio diario de toneladas acarreadas fue de 1,165 toneladas, considerando un tiempo promedio diario de acarreo de 21.73 horas y un promedio de 40 viajes diarios.

Los rendimientos asociados al periodo actual fueron de 389.69 t/h y de 30 t/viaje, considerando camiones DUX de 30 toneladas de capacidad.

#### 4.1.2 Análisis de la granulometría

Una de las grandes ventajas de aplicar el concepto *mine to mill* en operaciones mineras es determinar la influencia del grado de fragmentación post voladura en el rendimiento de equipos.

En el presente trabajo de investigación analizaremos las variables operacionales: tonelaje, horas efectivas operacionales y número de viajes en equipos de carguío y acarreo, con la finalidad del cumplimiento de los planes de producción. Se analizará en 2 escenarios: al finalizar la etapa de operación periodo

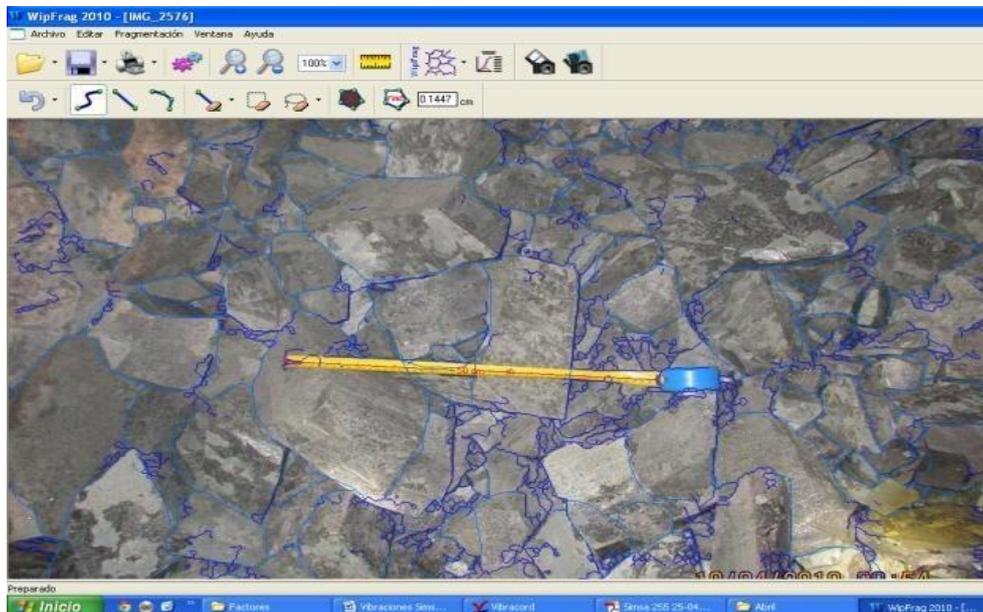
2018 (escenario anterior: enero a marzo) e inicio de operaciones actuales (escenario actual).

a) Análisis de la granulometría – escenario anterior

La granulometría post voladura, en el escenario anterior muestra los siguientes resultados, realizados en el Nv 10 - XC 3630:

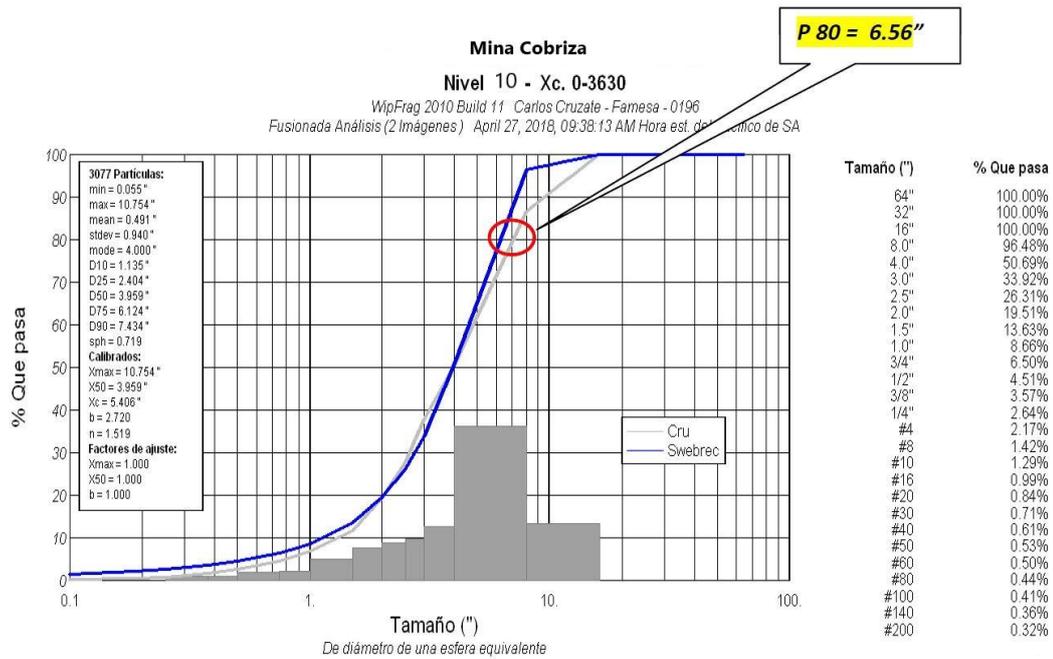


**Figura 32. Material post voladura, escenario anterior  
Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 33. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, escenario anterior  
Tomada del departamento de Planeamiento**

Los resultados de análisis de la granulometría post voladura en el Nv10 – XC 3630, mediante el software Wipfrag, genera un P80 de 6.56 pulgadas.



**Figura 34. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, escenario anterior Tomada del departamento de Planeamiento**

**Tabla 15. Resumen de grado de fragmentación, XC 3630 escenario anterior**

RESUMEN DE GRADO DE FRAGMENTACIÓN		
ESCENARIO ANTERIOR		
ITEM	UNIDAD	Nv 10 - XC 3630
<b>HISTOGRAMA</b>		
Tamaño Mínimo	Pulg	0.055
Tamaño Máximo	Pulg	10.754
N° de Blocks Analizados		3,077
Moda	Pulg	4
<b>CURVA ACUMULATIVA</b>		
El 10% pasa por una malla	Pulg	1.135
El 50% pasa por una malla	Pulg	3.959
El 90% pasa por una malla	Pulg	7
<b>El P80</b>	<b>Pulg</b>	<b>6.56</b>
<b>TABLA PORCENTUAL</b>		
		100% < a 8"
		98% < a 4"
		90% < a 3"

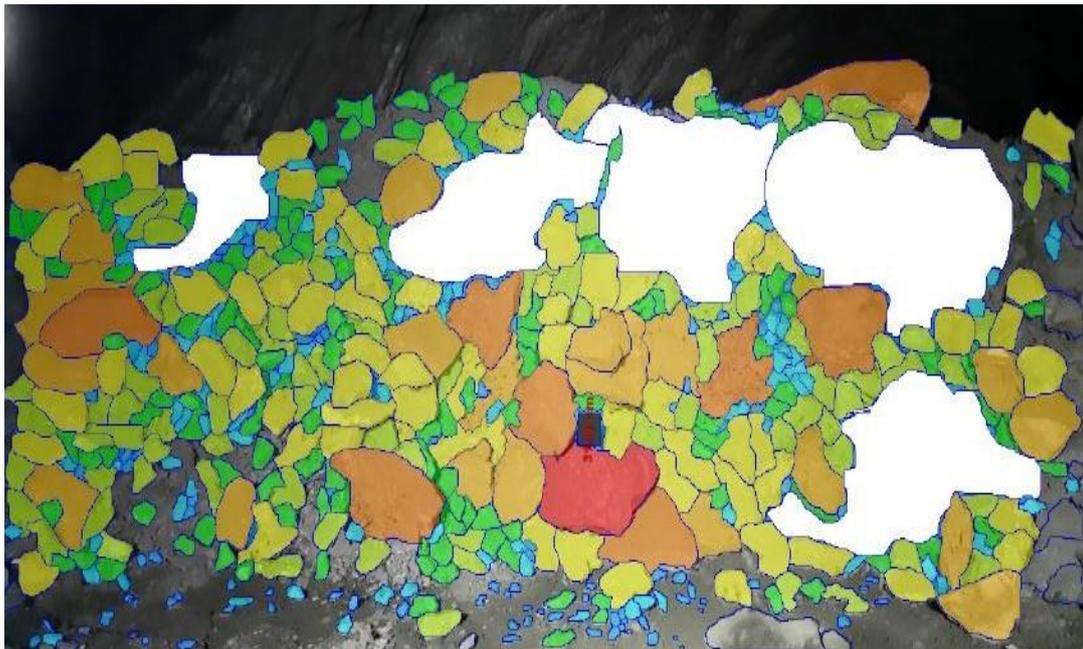
**Tomada del departamento de Planeamiento**

b) Análisis de la granulometría – escenario actual

La granulometría post voladura, en el escenario actual muestra los siguientes resultados, realizados en el Nv 10 – TJ 1760:

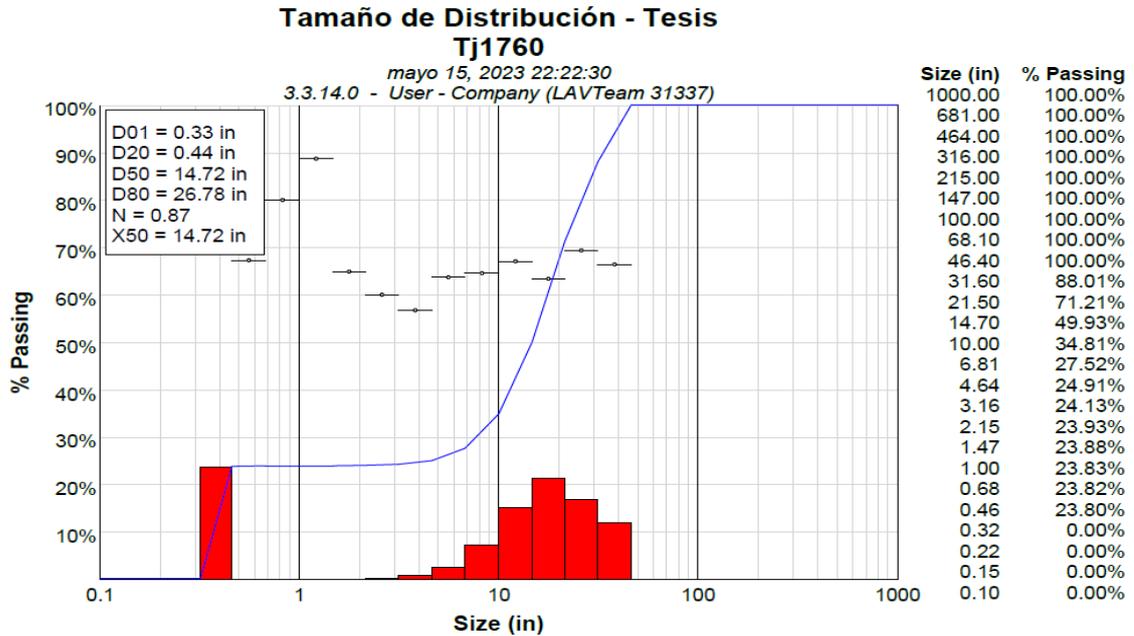


**Figura 35. Material post voladura, Nv 10 – Tj 1760, escenario actual**



**Figura 36. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, TJ 1760, escenario actual**

Los resultados de análisis de la granulometría post voladura en el Nv10 – TJ 1760, mediante el software Wipfrag, genera un P80 de 26.78 pulgadas (671.05 mm).



**Figura 37. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, TJ 1760, escenario actual**

**Tabla 16. Resumen de grado de fragmentación, TJ 1760 escenario actual**

RESUMEN DE GRADO DE FRAGMENTACIÓN		
ESCENARIO ACTUAL - TJ 1760		
ITEM	UNIDAD	Nv 10 - XC 3630
<b>HISTOGRAMA</b>		
Tamaño Mínimo	Pulg	0.055
Tamaño Máximo	Pulg	46.060
N° de Blocks Analizados		697
Moda	Pulg	14.52
<b>CURVA ACUMULATIVA</b>		
El 10% pasa por una malla	Pulg	0.380
El 50% pasa por una malla	Pulg	14.720
El 90% pasa por una malla	Pulg	34.05
<b>El P80</b>	<b>Pulg</b>	<b>26.78</b>
<b>TABLA PORCENTUAL</b>		
		100% < a 68"
		98% < a 44"
		90% < a 32"

La granulometría post voladura del Tj 1760 en el Nv 10 de la mina Cobriza en el escenario actual presenta un P80 de 26.78 pulgadas. Esta mayor granulometría

post voladura tiene una incidencia en los parámetros operacionales en los procesos unitarios de carguío y acarreo.

La granulometría mínima es de 0.05 pulgadas (finos) y un máximo de 46.06 pulgadas, estos tamaños mayores de mineral afectarán directamente en el factor de llenado de los equipos de carguío (scoops ST14 – 11 yd<sup>3</sup>) y en los equipos de acarreo (camiones DUX – 35 ton).

La mayor granulometría del escenario actual con un P80 de 26.78“, es mayor comparada con el escenario anterior de enero a marzo con un P80 de 6.56“, esto influye directamente en las variables operacionales de los rendimientos de los equipos de carguío y acarreo.

#### **4.1.3 Análisis del rendimiento de los equipos asociado a la granulometría**

El mineral fragmentado posee cierta densidad y cierto volumen, el cual afectará directamente al volumen nominal de los equipos de carguío y acarreo.

Es importante entender que la densidad del mineral fragmentado post voladura también es conocido como densidad aparente, va a tener diferentes densidades de acuerdo al grado de fragmentación, el cual está relacionado con la voladura.

El balde óptimo determina que la capacidad efectiva del equipo no sobrepase la capacidad nominal para que no sea afectado en forma negativa la vida útil del equipo.

El objetivo del presente estudio es determinar la influencia del grado de fragmentación con las variables operacionales en los equipos de carguío y acarreo considerando el factor de llenado (granulometría), para el cumplimiento de los planes de producción en la mina Cobriza.

a) Equipos de carguío – scoops ST14 (Epiroc 11 yd<sup>3</sup>)

El rendimiento de los equipos de carguío será analizado en los periodos de enero a marzo con el periodo actual, considerando 10 viajes/hr, considerando 1 hora efectiva con 50 minutos y 5 minutos/viaje.

✓ Periodo enero a marzo

**Tabla 17. Rendimiento equipos de carguío scoop ST14, periodo enero a marzo**

	Scoop ST 14	
Capc. Balde	11	yd <sup>3</sup>
<b>Factor de Llenado (granulometría)</b>	<b>70%</b>	<b>%</b>
Factor esponjamiento	40%	%
Densidad Insitu	2.7	t/m <sup>3</sup>
Capacidad balde	8.410	m <sup>3</sup>
capacidad scoop	11.354	t
T Ciclo por pase	5.0	min
Cap max camion	35	t
N° pases calculado	3.08	
N° pases	3	
Capacidad efectiva camion	34.06	t
tiempo de carguío por camion (min)	15.00	min
Productividad instantanea	136.24	t/h
Utilizacion	80%	%
<b>Productividad Operativa</b>	<b>108.99</b>	<b>t/h op</b>
Horas turno (hr)	12	hrs/turno
Turno dia (Turno/dia)	2	turno/dia
dias periodo (dias/mes)	30	dias/año
<b>Rendi. Produccion mes</b>	<b>78,476</b>	<b>t/mes</b>

### ANÁLISIS DE NÚMERO DE PASES

PERIODO ENERO A MARZO

N° Pases	Cap efectiva	Cap Nominal	%	
3	34.06	35	97.3	-2.7
4	45.41	35	129.8	29.8



10%

**Figura 38. Análisis de número de pases, periodo enero a marzo**

De acuerdo con los parámetros operacionales de equipos de carguío scoop ST14 de 11 yd<sup>3</sup> considerando un factor de llenado del 70 %, producto del resultado

de la granulometría post voladura, determinando un P80 de 6.56 pulgadas durante los periodos de enero a marzo, se consideró una productividad operativa de 108.99 ton/hr y un rendimiento mensual de 78,476 t/mes.

Este rendimiento es producto de un control de la granulometría post voladura en los diferentes frentes operacionales, así mismo considerando un número de pases de 3 entre equipos de carguío y acarreo con un déficit de 2.7 % de la capacidad nominal o un déficit de 0.94 toneladas en el XC 3630 - Nv10.

✓ Periodo actual

**Tabla 18. Rendimiento equipos de carguío scoop ST14, periodo actual**

	Scoop ST14	
Capc. Balde	11	yd3
<b>Factor de Llenado (granulometría)</b>	<b>60%</b>	<b>%</b>
Factor esponjamiento	40%	%
Densidad Insitu	2.7	t/m3
Capacidad balde	8.410	m3
capacidad scoop	9.732	t
T Ciclo por pase	5.0	min
Cap max camion	35	t
N° pases calculado	3.60	
N° pases	3	
Capacidad efectiva camion	29.20	t
tiempo de carguio por camion (min)	15.00	min
Productividad instantanea	116.78	t/h
Utilizacion	80%	%
<b>Productividad Operativa</b>	<b>93.42</b>	<b>t/h op</b>
Horas turno (hr)	12	hrs/turno
Turno dia (Turno/dia)	2	turno/dia
dias periodo (dias/mes)	30	dias/mes
<b>Rendi. Produccion mes</b>	<b>67,265</b>	<b>t/mes</b>

### ANÁLISIS DE NÚMERO DE PASES

N° Pases	PERIODO ACTUAL		%	
	Cap efectiva	Cap Nominal		
3	29.20	35	83.4	-16.6
4	38.93	35	111.2	11.2

↑  
10%

**Figura 39. Análisis de número de pases, periodo actual**

De acuerdo con los parámetros operacionales de equipos de carguío scoop ST14 de 11 yd<sup>3</sup> se considera un factor de llenado del 60 %, producto del resultado de la granulometría post voladura, determinando un P80 de 26.78 pulgadas durante el periodo actual, se consideró una productividad operativa de 93.42 t/h y un rendimiento mensual de 67,265 t/mes.

Este menor rendimiento es producto de un incremento de la granulometría post voladura en el TJ 1760 – Nv 10 comparado con el escenario anterior. Asimismo, considerando un número de pases de 3 entre equipos de carguío y acarreo genera un déficit de 16.6 % de la capacidad nominal o un menor tonelaje en 5.80 toneladas.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es analizar las variables operacionales bajo el concepto *mine to mill* (granulometría) y su influencia en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo para el cumplimiento de los planes de producción en la mina Cobriza, se observa la influencia del incremento del grado de fragmentación post voladura en el escenario actual, el cual influyó directamente en el rendimiento operacional.

b) Equipos de acarreo – camión DUX (35 ton)

El rendimiento de los equipos de acarreo será analizado en los periodos de enero a marzo y el periodo actual, considerando un tiempo de ciclo de 30 a 40 minutos de acarreo y de 1.5 – 2 viajes/h.

- ✓ Periodo enero a marzo

**Tabla 19. Rendimiento equipos de acarreo dumper DUX, periodo enero a marzo**

	<b>Dumper DUX</b>	
Cap max camion	35	t
Capacidad efectiva camión	34.06	t
Distancia m dia de acarreo	1.0	Km
tiempo carga = tiempo ciclo scoop	15.00	min
Tiempo ciclo del camion	30.00	min
Productividad instantanea	68.12	t/h
Utilizacion	80%	%
<b>Porductividad Operativa</b>	<b>54.50</b>	<b>t/h op</b>
Horas por turno	12	hr/turno
Turno dia	2	turno / dia
Periodo	30	dias/mes
<b>Productividad</b>	<b>39,238</b>	<b>t/mes</b>

El análisis del match factor entre los equipos de carguío y acarreo en el periodo de enero a marzo definieron un número de pases en 3, lo que indica que hay un menor tonelaje cargado en 16.6 % o 0.94 toneladas, asociada a un grado de fragmentación post voladura P80 de 6.56”.

El menor grado de fragmentación presente en el periodo de enero a marzo permitió un mejor rendimiento en los equipos de acarreo.

Siendo la productividad operativa en equipos de acarreo en el periodo enero a marzo de 54.50 t/h y de 39,238 t/mes.

✓ Periodo actual

**Tabla 20. Rendimiento equipos de acarreo dumper DUX, periodo actual**

	Dumper DUX	
Cap max camion	35	t
Capacidad efectiva camión	29.20	t
Distancia m dia de acarreo	1.0	Km
tiempo carga = tiempo ciclo scoop	15.00	min
Tiempo ciclo del camion	30.00	min
Productividad instantanea	58.39	t/h
Utilizacion	80%	%
<b>Porductividad Operativa</b>	<b>46.71</b>	<b>t/h op</b>
Horas por turno	12	hr/turno
Turno dia	2	turno / dia
Periodo	30	dias/mes
<b>Productividad</b>	<b>33,633</b>	<b>t/mes</b>

El análisis del *match* factor entre los equipos de carguío y acarreo en el periodo actual definieron un número de pases en 3, lo que indica que hay un menor tonelaje cargado en 2.7 % o un tonelaje de 5.8 toneladas, asociada a un grado de fragmentación post voladura del P80 en 26.78”.

Esta distorsión en el incremento del grado de fragmentación post voladura asociado al escenario actual genera una mayor densidad del material volado, por lo que generó un menor rendimiento en los equipos de acarreo.

Siendo la productividad operativa en equipos de acarreo en el periodo actual de 46.71 t/h y de 33,633 t/mes.

#### **4.1.4 Validación de la hipótesis planteada**

Para la validación de las hipótesis planteadas, se analizó las variables operacionales bajo el concepto mine to mill, considerando el análisis de la fragmentación como variable fundamental que incide en el rendimiento de los equipos y el cumplimiento de los planes de producción.

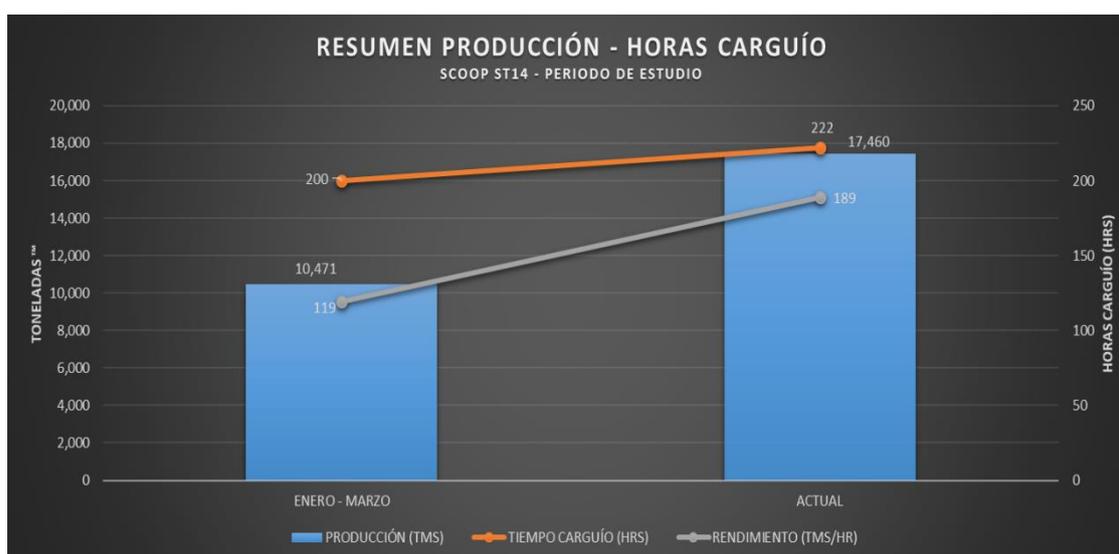
##### **a) Resumen de variables operacionales en equipos de carguío y acarreo**

Se consideró el análisis de las variables operacionales en los periodos de enero a marzo del 2018 y el escenario actual, siendo los resultados:

- ✓ Equipos de carguío – scoops ST14

**Tabla 21. Resumen de parámetros operacionales, equipos de carguío, scoops ST14**

RESUMEN PARÁMETROS OPERACIONALES DE CARGUÍO - PERIODO DE ESTUDIO			
EQUIPO SCOOP ST14			
MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO CARGUÍO (HRS)	RENDIMIENTO (TMS/Hrs)
ENERO - MARZO	10,471	200	119
ACTUAL	17,460	222	189
Diferencia	6,989	22	69



**Figura 40. Resumen producción – horas carguío, periodo estudio**

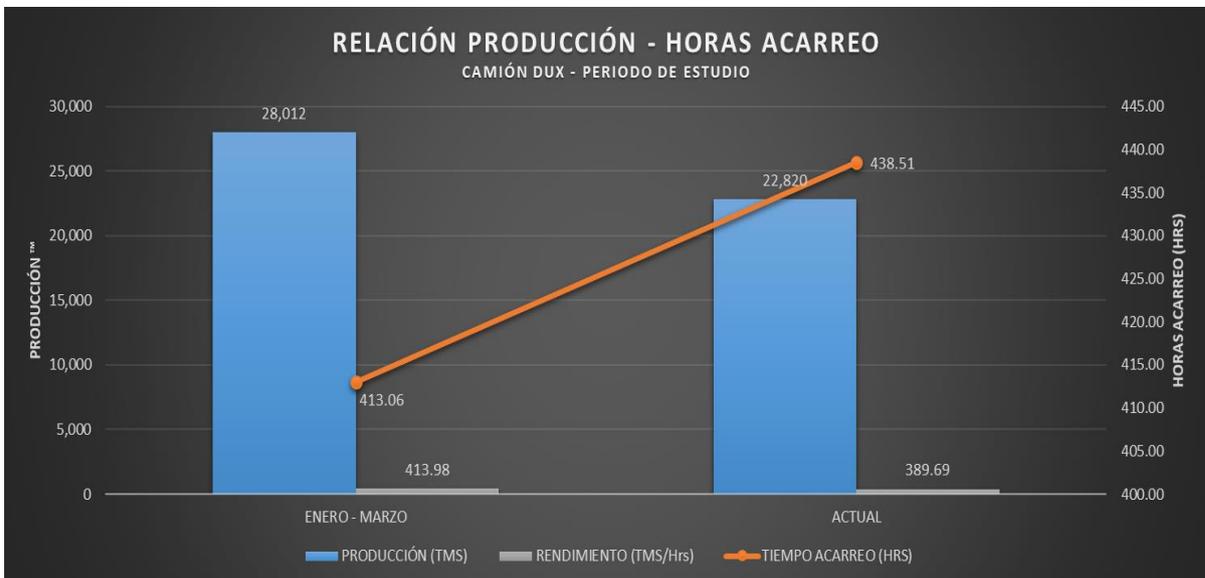
La producción cargada durante el periodo de enero a marzo del 2018 fue de 10,471 toneladas, incrementándose durante el periodo actual en 17,460 toneladas, con una diferencia de 6,989 toneladas.

Si bien es cierto que existe un mayor tonelaje cargado con scoops ST14 de 11 yd<sup>3</sup>, esto está directamente relacionado al grado de fragmentación post voladura el cual se incrementó el P80 de 6.56 pulgadas en el periodo enero a marzo y el P80 de 26.78 pulgadas en el periodo actual. Esta diferencia de la granulometría afectará directamente a la densidad del mineral con lo que se incrementará en el número de viajes cargados y un mayor tonelaje.

- ✓ Equipos de acarreo – Dumper DUX

**Tabla 22. Resumen de parámetros operacionales, equipos de acarreo, dumper DUX**

RESUMEN DE PARÁMETROS OPERACIONALES DE ACARREO					
CAMIONES DUX - PERIODO DE ESTUDIO					
MES	PRODUCCIÓN (TMS)	TIEMPO ACARREO (HRS)	N° VIAJES	RENDIMIENTO (TMS/Hrs)	RENDIMIENTO (TMS/Viaje)
ENERO - MARZO	28,012	413.06	1,040	413.98	26.97
ACTUAL	22,820	438.51	837	389.69	29.72
Diferencia	5,192	25	203	24.29	2.75



**Figura 41. Resumen producción – horas acarreo, periodo estudio**

La producción acarreada durante el periodo de enero a marzo del 2018 fue de 28,012 toneladas, con un total de 1040 viajes, disminuyendo el tonelaje acarreado durante el periodo actual en 22,820 toneladas, con un total de 837 viajes y una diferencia de 5,192 toneladas.

Este menor tonelaje acarreado durante el segundo periodo de estudio está directamente relacionado con el grado de fragmentación post voladura, el cual se incrementó el P80 de 6.56 pulgadas en el periodo enero a marzo a un P80 de 26.78 pulgadas en el periodo actual.

Esta diferencia de la granulometría afectará directamente a la densidad del mineral con lo que se disminuirá en el número de viajes acarreados y un menor tonelaje.

b) Resumen de rendimiento de equipos de carguío y acarreo

Se consideró el análisis del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en los periodos de enero a marzo del 2018 y el escenario actual, siendo los resultados:

- ✓ Equipos de carguío – scoops ST14

**Tabla 23. Resumen de rendimiento, equipos de carguío, Scoop ST14**

RESUMEN DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGUÍO								
SCOOPS ST14 - PERIODO ESTUDIO								
EQUIPOS	FECHA ESTUDIO (mes)	CAPACIDAD Yd <sup>3</sup>	NÚMERO PASES	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO %	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - SCOOP ST14	
							PRODUCTIVIDAD HORARIA (ton/hr)	PRODUCTIVIDAD MES (ton/mes)
SCOOP ST14	Enero - marzo 18	11	3	6.56	70	11.35	108.99	78,476
SCOOP ST14	Actual	11	3	26.78	60	9.73	98.42	67,265
DIFERENCIA				20.22	10	1.62	10.57	11,211

Durante el periodo de estudio, el rendimiento de los equipos de carguío considera para el periodo enero a marzo una productividad horaria de 108.99 t/h con una productividad mensual de 78,476 t/mes, y para el periodo actual se genera una productividad horaria de 98.42 t/h con una productividad mensual de 67,265 t/mes.

Esta menor productividad en el periodo actual es debido al incremento de la granulometría post voladura, incrementándose el P80 de 6.56 pulgadas a 26.78 pulgadas, con un incremento de 20.22 pulgadas para los equipos de carguío.

Este mayor incremento de la granulometría afecta directamente a la capacidad efectiva de los equipos de carguío, considerándose una capacidad nominal del scoop de 11 yd<sup>3</sup>, generando una capacidad efectiva en el periodo enero a marzo de 11.35 t y disminuyendo durante el periodo actual en 9.73 toneladas.

El incremento de granulometría post voladura en 20.22 pulgadas incide en la capacidad efectiva de los scoops ST14 considerando un factor de llenado del 60 %, disminuyendo en 10 % en referencia al periodo enero a marzo que fue del 70 %.

- ✓ Equipos de acarreo – Dumper DUX

**Tabla 24. Resumen de rendimiento, equipos de acarreo, Dumper DUX**

<b>RESUMEN DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE ACARREO</b>								
DUMPER DUX - PERIODO ESTUDIO								
EQUIPOS	FECHA ESTUDIO (mes)	CAPACIDAD (ton)	NÚMERO PASES	P80 (Pulgadas)	FACTOR LLENADO %	CAPACIDAD EFECTIVA (ton)	RENDIMIENTO - DUMPER DUX	
							PRODUCTIVIDAD HORARIA (ton/hr)	PRODUCTIVIDAD MES (ton/mes)
DUMPER DUX	Enero - marzo 18	35	3	6.56	70	34.06	54.5	39,238
DUMPER DUX	Actual	35	3	26.78	60	29.20	46.71	33,633
<b>DIFERENCIA</b>				<b>20.22</b>	<b>10</b>	<b>4.86</b>	<b>7.79</b>	<b>5,605</b>

Durante el periodo de estudio, el rendimiento de los equipos de acarreo considera para el periodo enero a marzo una productividad horaria de 54.50 t/h con una productividad mensual de 39,238 t/mes, y para el periodo actual se genera una productividad horaria de 46.71 t/h con una productividad mensual de 33,633 t/mes.

Esta menor productividad en el periodo actual se debe al incremento de la granulometría post voladura, incrementándose el P80 de 6.56 pulgadas a 26.78 pulgadas con un incremento de 20.22 pulgadas para los equipos de acarreo.

Este mayor incremento de la granulometría afecta directamente a la capacidad efectiva de los equipos de acarreo, considerándose una capacidad nominal del dumper DUX de 35 toneladas generando una capacidad efectiva en el periodo enero a marzo de 34.06 t y disminuyendo durante el periodo actual en 29.20 toneladas.

El incremento de granulometría post voladura en 20.22 pulgadas incide en la capacidad efectiva de los dumpers DUX considerando un factor de llenado del 60 %, disminuyendo en 10 % en referencia al periodo enero a marzo que fue del 70 %.

El análisis de las variables operacionales mediante el concepto mine to mill aplicado al cumplimiento de los planes de producción, considera el análisis de la fragmentación post voladura y su incidencia en el tonelaje, tiempo efectivo y el rendimiento asociado a los equipos de carguío y acarreo.

Finalmente, un control del grado de fragmentación (P80) post voladura, considerando un P80 de planta en 5 pulgadas, ayudará a mejorar el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, por ende, al cumplimiento de los planes de producción.

## CONCLUSIONES

1. El análisis de las variables operacionales en equipos de carguío considera que el tonelaje cargada durante el periodo de enero a marzo del 2018 fue de 10,471 toneladas, incrementándose durante el periodo actual en 17,460 toneladas, con una diferencia de 6,989 toneladas. Si bien es cierto que existe un mayor tonelaje cargado con *scoops* ST14 de 11 yd<sup>3</sup>, esto está directamente relacionado al grado de fragmentación post voladura, el que se incrementó de 6.56 a 26.78 pulgadas durante el periodo actual. Esta diferencia de la granulometría afectará directamente a la densidad del mineral con lo que se incrementará en el número de viajes y un mayor tonelaje.
2. Asimismo, el análisis de las variables operacionales en equipos de acarreo considera que el tonelaje acarreado durante el periodo de enero a marzo del 2018 fue de 28,012 toneladas, con un total de 1040 viajes, disminuyendo en 22,820 toneladas y un total de 837 viajes en el periodo actual, con una diferencia de 5,192 toneladas. Este menor tonelaje acarreado durante el segundo periodo de estudio está directamente relacionado con el grado de fragmentación post voladura, el cual se incrementó de 6.56 a 26.78 pulgadas en el periodo actual. Esta diferencia de la granulometría afectará directamente a la densidad del mineral con lo que disminuirá el número de viajes acarreados y un menor tonelaje.
3. Durante el periodo de estudio, el rendimiento de los equipos de carguío considera para el periodo enero a marzo una productividad horaria de 108.99 t/h con una productividad mensual de 78,476 t/mes y para el periodo actual se genera una productividad horaria de 98.42 t/h con una productividad mensual de 67,265 t/mes. Asimismo, la menor productividad en el periodo actual es debido al incremento de la granulometría post voladura, incrementándose de 6.56 a 26.78 pulgadas, con un incremento de 20.22 pulgadas para los equipos de carguío.

4. El incremento de la granulometría durante el periodo actual afecta directamente la capacidad efectiva de los equipos de carguío, considerando una capacidad nominal de 11 yd<sup>3</sup>, ésta varía de 11.35 t a 9.73 toneladas entre el periodo enero a marzo con el periodo actual, así mismo, considera una disminución del factor de llenado del 70 % al 60 % en el mismo periodo.
5. Durante el periodo de estudio, el rendimiento de los equipos de acarreo considera para el periodo enero a marzo una productividad horaria de 54.50 t/h con una productividad mensual de 39,238 t/mes y para el periodo actual se genera una productividad horaria de 46.71 t/h con una productividad mensual de 33,633 t/mes. La menor productividad en el periodo actual se debe al incremento de la granulometría post voladura, incrementándose de 6.56 a 26.78 pulgadas con un incremento de 20.22 pulgadas para los equipos de acarreo.
6. Este mayor incremento de la granulometría afecta directamente a la capacidad efectiva de los equipos de acarreo, considerando una capacidad nominal del *dumper* DUX de 35 toneladas, se genera una capacidad efectiva en el periodo enero a marzo de 34.06 t y disminuyendo durante el periodo actual en 29.20 toneladas, asimismo, considera una disminución del factor de llenado del 70 % al 60 %.
7. Finalmente, el análisis de las variables operacionales mediante el concepto *mine to mill* aplicado al cumplimiento de los planes de producción, considera el análisis de la fragmentación post voladura y su incidencia en el tonelaje, tiempo efectivo y el rendimiento asociado a los equipos de carguío y acarreo, mediante un control del grado de fragmentación (P80) post voladura. Si se considera un P80 de planta en 5 pulgadas ayudará a mejorar el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, por ende, al cumplimiento de los planes de producción.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios de dominios geomecánicos de mayor detalle y definir su influencia en el grado de fragmentación.
2. Se recomienda realizar estudios de densidad de acuerdo con el grado de fragmentación y determinar la variabilidad referente a su tonelaje asociado.
3. Es necesario determinar el match factor entre equipos de carguío y acarreo para determinar la capacidad efectiva de los equipos y así definir una mejor productividad horaria.
4. Se recomienda realizar estudios del perfil de acarreo considerando las variables de gradiente y resistencia a la rodadura para determinar el tiempo del ciclo de acarreo real, asociado a la distancia de los puntos de carguío hacia las cámaras de descarga y su velocidad de acarreo.
5. Se recomienda realizar estudios de los parámetros de perforación y voladura, considerando el tipo de explosivo y accesorios de voladura para el control del grado de fragmentación y la incidencia en el rendimiento de equipos.
6. Se recomienda realizar una evaluación económica de costos en los procesos unitarios de carguío y acarreo, considerando el grado de fragmentación post voladura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HARTWIG, D. La aplicación del concepto de mina a planta en minería subterránea de gran escala. (Tesis de pregrado). Australia: The University of Queensland, 2005.
2. LEYTON, F. Impacto del proceso de tronadura en una mina subterránea sobre el desempeño de una planta de Chancado - molienda unitaria. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Chile: Universidad de Chile, 2017, 104 pp.
3. QUIROGA, M (2013). Análisis de la perforación y tronadura en El Soldado. Memoria (Título de Ingeniero Civil de Minas). Chile: Universidad de Chile, 2013, 119 pp.
4. MANZANEDA, J. Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400K A 1000K BCM - U.E.A. El Brocal - Consorcio Pasco Stracon GyM. Tesis (Título de Ingeniería de Minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín, 2015, 102 pp.
5. MOROTE, A., VEGA, R. y PAREJA, S. Beneficios y desafíos de la gestión integrada mina – planta. Tesis (Magister en Gestión Minera). Lima: Escuela de Postgrado GERENS, 2017, 166 pp.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición		Definición operacional	
	Conceptual	Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI:  Cumplimiento del plan de producción.	El cumplimiento de los planes de producción en operaciones mineras, involucra la gestión adecuada de las áreas de mina y planta..	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones geológicas</li> <li>• Condiciones geomecánicas</li> <li>• Condiciones operacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Factores geológicos</li> <li>Factores geomecánicos</li> <li>Producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Litología, alteración hidrotermal, leyes, etc.</li> <li>Propiedades físicas de la litología y estructura mineralizada</li> <li>Toneladas cargadas y acarreadas, etc.</li> </ul>
VD:  Análisis de variables operacionales.	El análisis de las variables operacionales para el cumplimiento del plan de producción, estará relacionado al grado de fragmentación post voladura en equipos de carguío y acarreo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores Técnicos</li> <li>• Factores de rendimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de variables operacionales</li> <li>Análisis de rendimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tonelaje, tiempo de carguío y acarreo, número de viajes, etc.</li> <li>Capacidad efectiva, productividad horaria y mes de equipos de carguío y acarreo.</li> </ul>

## Anexo 2

### Planos en sección planta y transversal

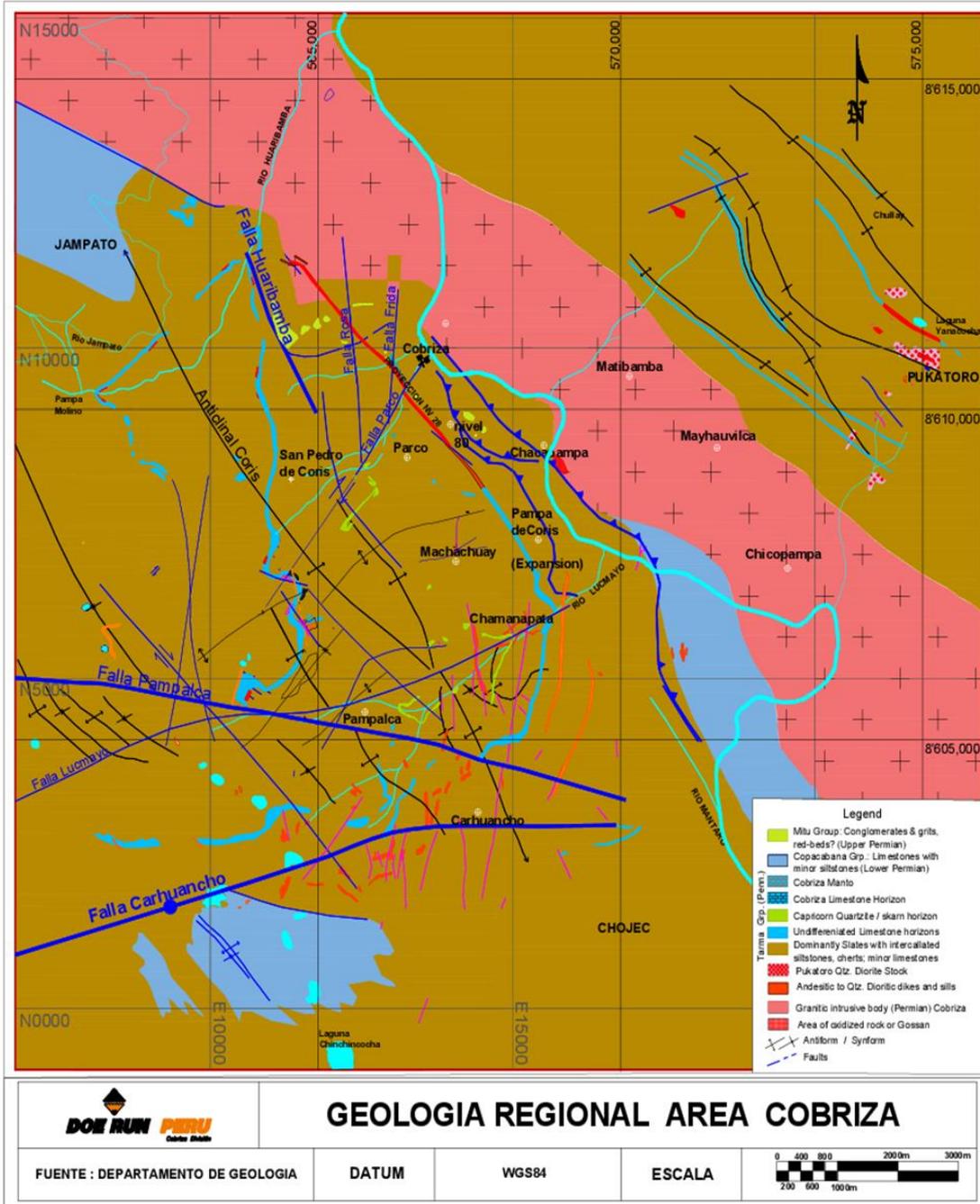
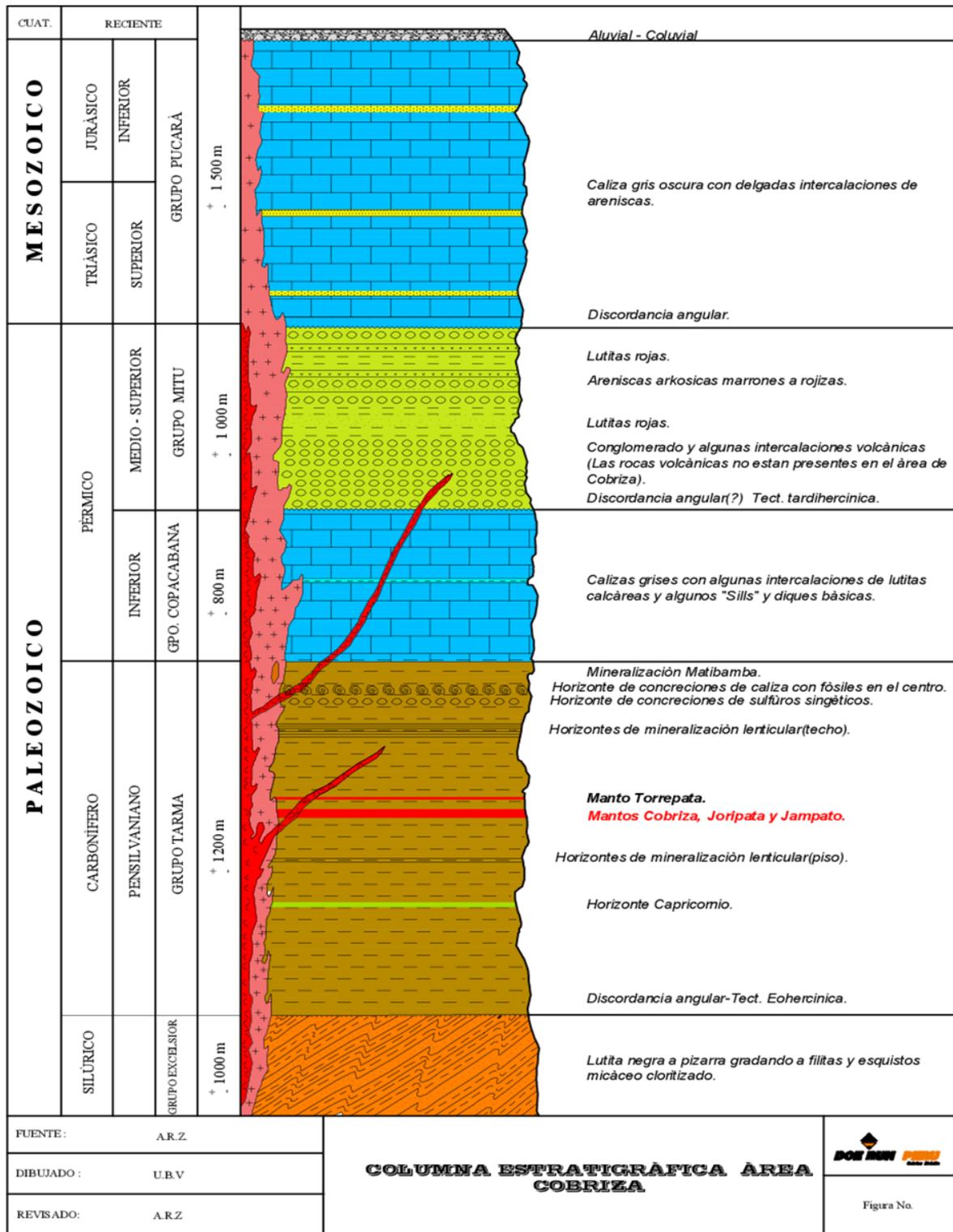
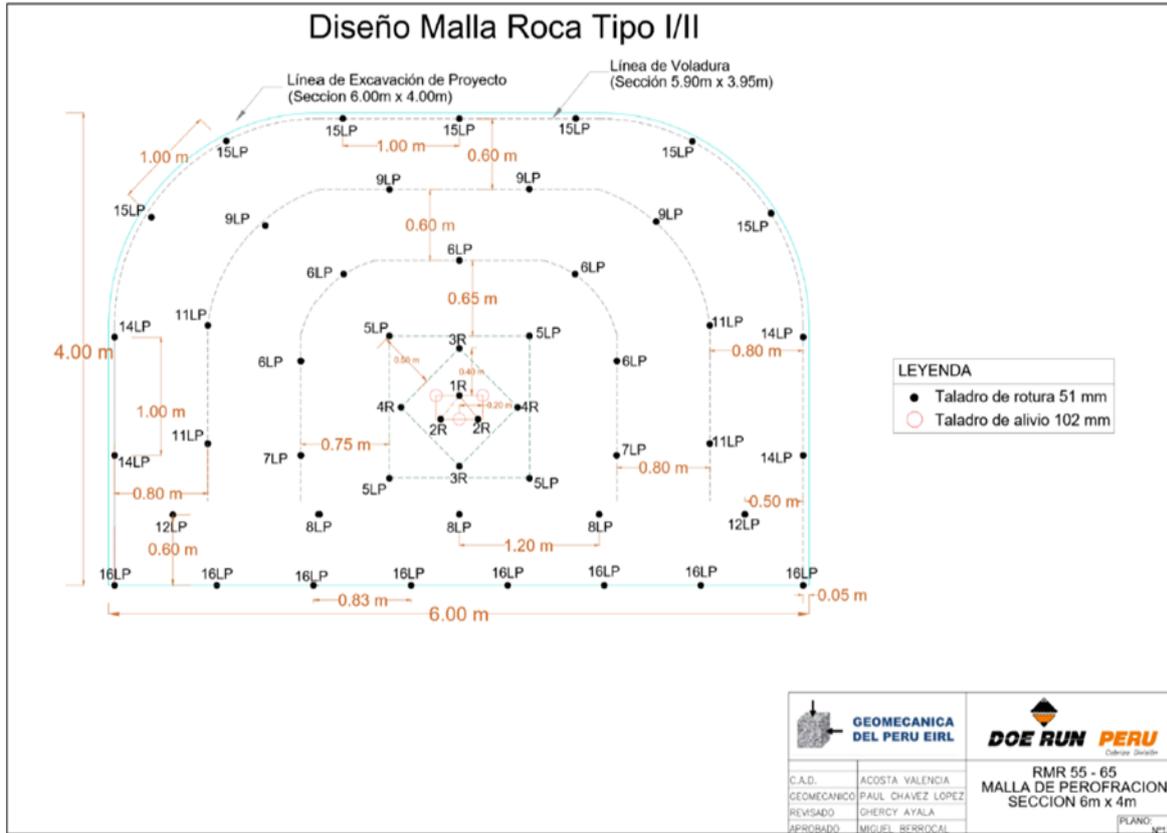


Figura 1. Plano geológico regional de la mina Cobriza  
Tomada del departamento de Planeamiento

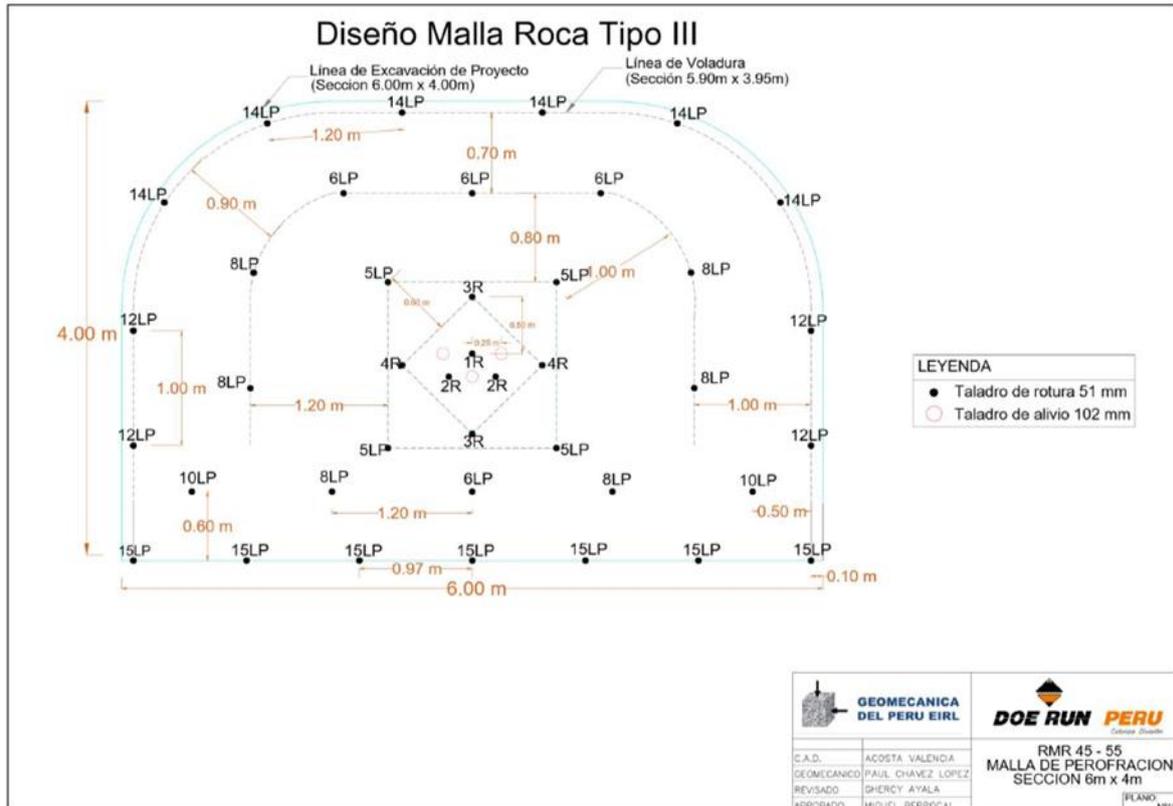


**Figura 2. Perfil estratigráfico de la mina Cobriza  
Tomada del departamento de Planeamiento**



Tipo de Taladro	Cant (Unid.)	Long. Tal. Perf (m)	%carga ANFO	Long. Carga (m)	Kg ANFO /Tal.	Total ANFO (Kg)	Cart./Tal. (und.)	Total Cart. (und.)	Peso (kg.)	Total Explosivos (Kg)
Alivio Arranque	3	3.9								
Arranque	3	3.9	80%	3.1	5.55	16.64	1	3	0.45	17.1
1er Ayuda	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.41	1	4	0.60	20.0
2da Ayuda	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.41	1	4	0.60	20.0
Hastiales	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.4	1	4	0.60	20.0
Produccion	15	3.9	70%	2.7	4.85	72.78	1	15	2.23	75.0
Corona	7	3.9	60%	2.3	4.16	29.11	1	7	1.04	30.2
Ayuda de Arrastres	5	3.9	80%	3.1	5.55	27.73	1	5	0.74	28.5
Arrastre	8	3.9	80%	3.1	5.55	44.36	1	8	1.19	45.6
<b>Total Taladros</b>	<b>53</b>					<b>249 Kg</b>		<b>50</b>	<b>7.45</b>	<b>256.29</b>

**Figura 17. Diseño de malla de roca Tipo I / II  
Tomada del departamento de Planeamiento**



Tipo de Taladro	Cant (Unid.)	Long. Tal. Perf (m)	%carga ANFO	Long. Carga (m)	Kg ANFO /Tal.	Total ANFO (Kg)	Cart./Tal. (und.)	Total Cart. (und.)	Peso (kg.)	Total Explosivos (Kg)
Alivio Arranque	3	3.9								
Arranque	3	3.9	80%	3.1	5.55	16.64	1	3	0.45	17.1
1er Ayuda	4	3.9	70%	2.7	4.85	19.41	1	4	0.60	20.0
2da Ayuda	4	3.9	60%	2.3	4.16	16.64	1	4	0.60	17.2
Hastiales	4	3.9	60%	2.3	4.16	16.64	1	4	0.60	17.2
Produccion	7	3.9	60%	2.3	4.16	29.11	1	7	1.04	30.2
Corona	6	3.9	50%	2	3.47	20.79	1	6	0.89	21.7
Ayuda de Arrastres	5	3.9	70%	2.7	4.85	24.26	1	5	0.74	25.0
Arrastre	7	3.9	80%	3.1	5.55	38.82	1	7	1.04	39.9
<b>Total Taladros</b>	<b>43</b>					<b>182 Kg</b>		<b>40</b>	<b>5.96</b>	<b>188.27</b>

**Figura 18. Diseño de malla de roca Tipo III**  
Tomada del departamento de Planeamiento

### Anexo 3

### Imágenes y fotos de estudios de fragmentación

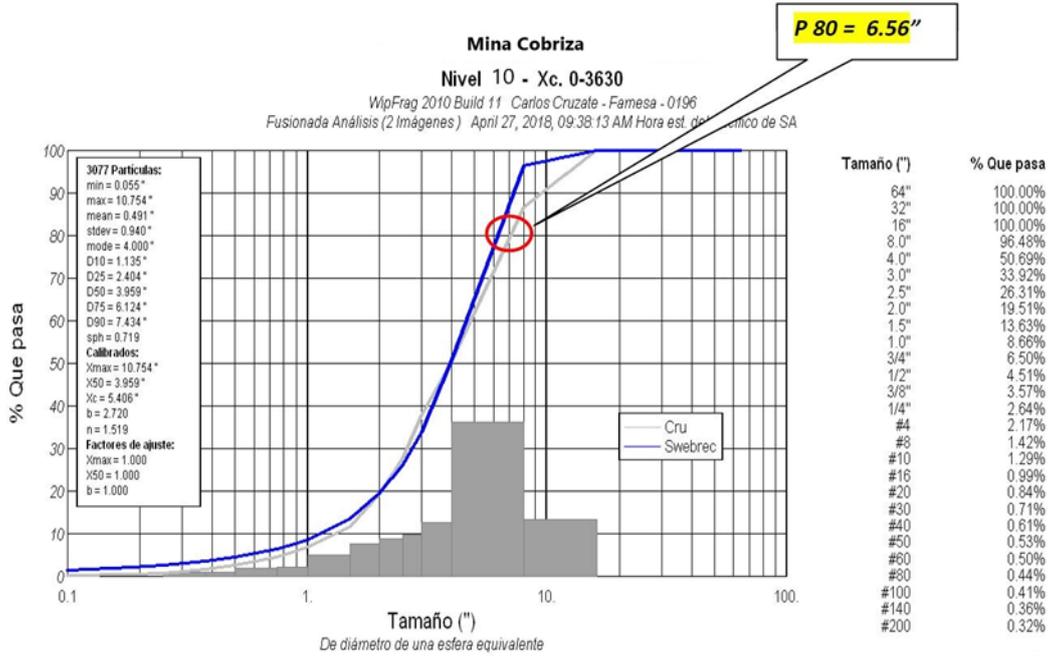


Figura 33. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, escenario anterior.  
 Fuente: departamento de planeamiento

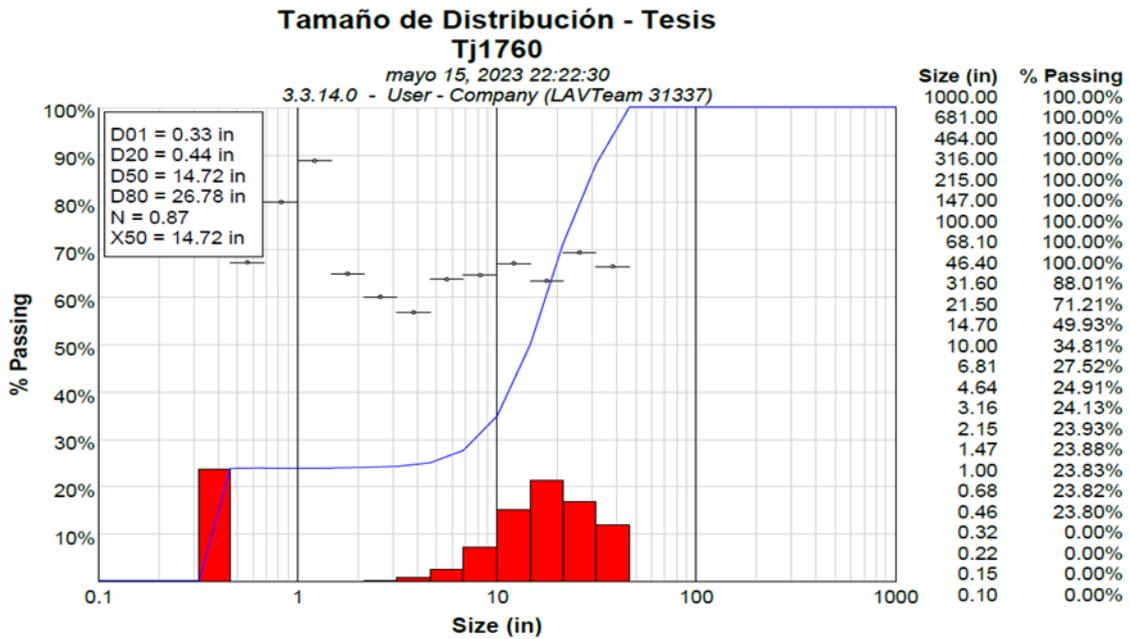
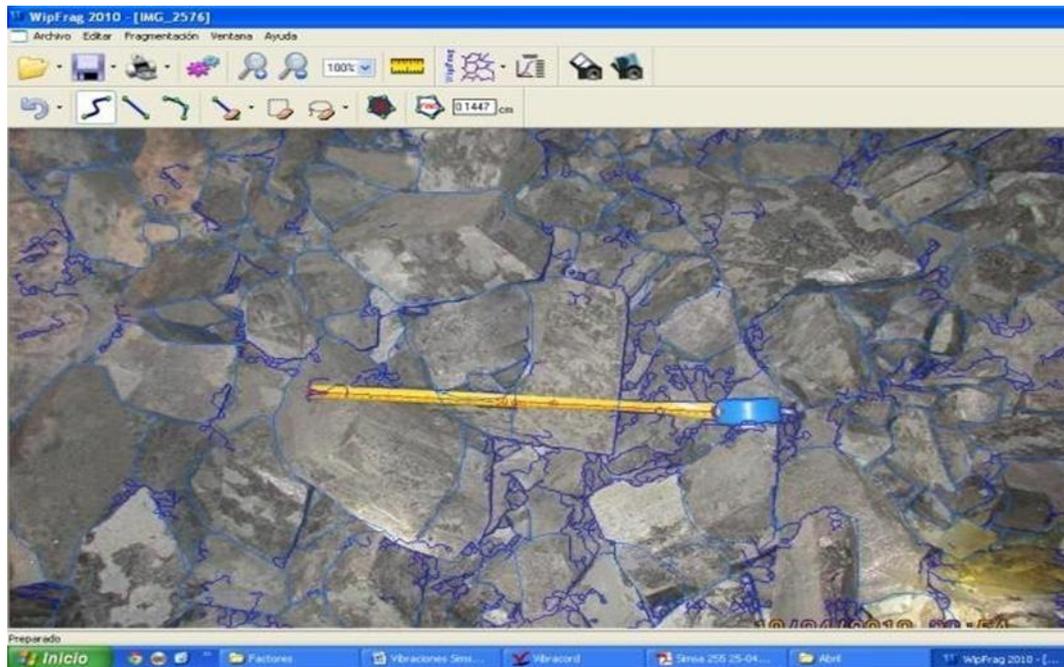


Figura 36. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, TJ 1760, escenario actual.



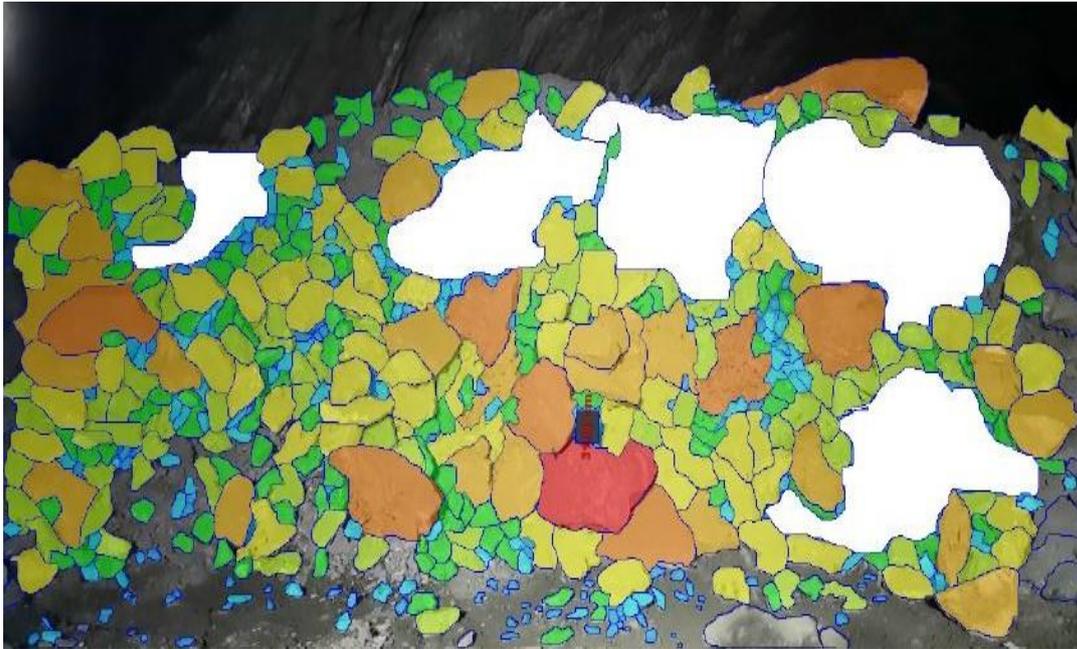
**Figura 31. Material post voladura, escenario anterior.  
Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 32. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, escenario anterior.  
Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 34. Material post voladura, Nv 10 – Tj 1760, escenario actual.  
Tomada del departamento de Planeamiento**



**Figura 35. Análisis de la granulometría mediante Wipfrag, Tj 1760, escenario actual.  
Tomada del departamento de Planeamiento**