

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables operacionales en el proceso
de mina a planta para el mejoramiento de la producción
en tiempo de crisis en DOE RUN Perú SRL en
liquidación - Mina Cobriza 2021**

Victor Vargas Lloclla

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme y estar conmigo en todo momento para el cumplimiento de mis sueños.

Asimismo, a los docentes de la EAP Minas de la Universidad Continental, por sus enseñanzas durante mi formación académica.

A la unidad minera Cobriza “Doe Run Perú S. R. L”. por el apoyo en la realización de la presente tesis.

DEDICATORIA

A mis adorados padres por su paciencia y orientación durante mi formación como persona de bien, brindándome los valores en mi formación.

A mi linda esposa y mis hijas: Britney y Heidi, por estar siempre en los momentos difíciles y por su apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1. Planteamiento del problema	15
1.1.2. Formulación del problema	16
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	17
1.3.1. Justificación social - práctica	17
1.3.2. Justificación académica	17
1.4. Hipótesis de la investigación	18
1.4.1. Hipótesis general	18
1.4.2. Hipótesis específicas	18
1.5. Identificación de las variables	18
1.5.1. Variable independiente	18
1.5.2. Variables dependientes	18
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del problema	20
2.1.1. Antecedentes internacionales y nacionales	20

2.2. Generalidades de la minera -----	22
2.2.1. Historia -----	22
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades -----	23
2.3. Geología general -----	24
2.3.1. Geología regional -----	24
2.3.2. Carbonífero -----	26
2.3.3. Pérmico inferior -----	26
2.3.4. Pérmico medio a superior -----	26
2.4. Geología estructural -----	28
2.4.1. Tipo de depósito -----	28
2.4.2. Mineralogía y paragénesis -----	29
2.5. Recursos y reservas minerales -----	31
2.5.1. Recursos minerales -----	31
2.5.2. Reservas probadas y probables 2018 -----	31
2.6. Diseño de mina -----	33
2.6.1. Método de explotación de mina -----	33
2.6.2. Labores de exploración -----	34
2.6.3. Labores de desarrollo -----	35
2.6.4. Labores de preparación -----	35
2.6.5. Labores de explotación mecanizada -----	37
2.6.6. Secuencia de minado -----	38
2.6.7. Desatado y perforación -----	39
2.6.8. Diseño de malla -----	39
2.6.9. Ángulo de perforación -----	39
2.6.10. Voladura -----	41
2.6.1. Limpieza o extracción -----	41
2.6.2. Transporte de mineral a planta -----	42
2.6.3. Relleno hidráulico -----	43
2.6.4. Relleno detrítico -----	44
2.6.5. Ventilación -----	44
2.7. Recuperación de escudos -----	45
2.7.1. Infraestructura -----	45

2.8. Bases teóricas del estudio -----	45
2.8.1. Consideraciones de reservas-----	46
2.8.2. Consideraciones de producción -----	48
2.8.1. Consideraciones de procesamiento de mineral en planta -----	50
2.8.2. Consideraciones de consumo de energía-----	52
2.8.3. Consideraciones económicas -----	56
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	59
3.1. Método y alcances de la investigación -----	59
3.1.1. Método de la investigación -----	59
3.1.2. Alcances de la investigación -----	60
3.2. Diseño de la investigación -----	60
3.2.1. Tipo de diseño de investigación -----	60
3.3. Población y muestra-----	61
3.3.1. Población -----	61
3.3.2. Muestra-----	61
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	61
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	61
3.4.2. Instrumentos utilizad0s en la recolección de datos -----	61
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	62
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	62
4.1.1. Análisis de la producción mina y planta-----	62
4.1.1. Análisis del consumo de energía -----	68
4.1.1. Análisis económico area mina y planta -----	74
4.1.1. Análisis producción bajo concepto <i>mine to mill</i> -----	79
CONCLUSIONES -----	82
RECOMENDACIONES -----	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	85
ANEXOS-----	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	19
Tabla 2. Ruta geográfica	23
Tabla 3. Composición química (%) del horizonte calcáreo Cobriza y skarn hornblenda.....	30
Tabla 4. Reporte de recursos minerales, medidos e indicados e inferidos 2018.....	31
Tabla 5. Reporte de reservas probas y probables.....	32
Tabla 6. Variación de reservas 2017 - 2018.....	33
Tabla 7. Resultados de perforación-voladura.....	41
Tabla 8. Rendimientos de equipos de carguío y acarreo.....	42
Tabla 9. Caudal de aire requerido	44
Tabla 10. Resumen de reservas, periodo 2005 al 2018, Cobriza división	48
Tabla 11. Resumen de producción, periodo 2002 al 2018, Cobriza división.....	49
Tabla 12. Tonelaje procesado y horas operativa de planta concentradora, periodo 2018, Cobriza división	51
Tabla 13. Tonelaje procesado y horas operativa de planta concentradora, periodo 2018, Cobriza división	53
Tabla 14. Consumo de energía asociada a las diferentes áreas, periodo 2018, Cobriza división	55
Tabla 15. Resumen de consumo de energía considerando las áreas, mina, planta y otros, periodo 2018, Cobriza división.....	55
Tabla 16. Costo de operación periodo 2017 y 2018, Cobriza división	57
Tabla 17. Costo unitario asociado a los periodos 2017 y 2018, Cobriza división	57
Tabla 18. Producción mensual mina y planta periodo 2018, división Cobriza	63
Tabla 19. Producción diaria mina y planta periodo 2018, división Cobriza	66
Tabla 20. Consumo de energía por áreas periodo 2018, división Cobriza	69
Tabla 21. Consumo de energía en el área de planta periodo 2018, división Cobriza	71

Tabla 22. Consumo de energía en el área de mina periodo 2018, división Cobriza	73
Tabla 23. Costo unitario área mina, periodo 2018, división Cobriza	75
Tabla 24. Costo unitario área planta, periodo 2018, división Cobriza	77
Tabla 25. Costo unitario mine to mill, periodo 2017 y 2018, división Cobriza	78
Tabla 26. Costo de producción mine to mill, periodo 2017 y 2018, división Cobriza	79
Tabla 27. Análisis de la producción mina y planta, periodo 2018, división Cobriza	80
Tabla 28. Matriz de operacionalización de variables	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina	24
Figura 2. Geología regional de Cobriza.....	25
Figura 3. Columna estratigráfica (digitalizada en DRP)	27
Figura 4. Sección transversal manto Cobriza y Capricornio, mirando al NW	28
Figura 5. Proceso de minado-mina Cobriza	34
Figura 6. Infraestructura de tajeos.....	36
Figura 7. Rampa de acceso al tajeo	37
Figura 8. Preparación de tajeos	38
Figura 9. Malla de perforación realce en zona I.....	40
Figura 10. Malla de perforación zona III y Zona V	40
Figura 11. Producción anual, periodo 2002 al 2018	49
Figura 12. Producción diaria promedio, periodo 2002 al 2018.....	50
Figura 13. Relación de producción de mina y planta, asociada a la ley de Cu, periodo 2018.....	51
Figura 14. Relación de producción de mina y planta, asociada a las horas operativas en planta, periodo 2018.....	52
Figura 15. Consumo de energía programado y ejecutado, periodo 2018, Cobriza división	54
Figura 16. Consumo de energía de las áreas mina y planta, periodo 2018, Cobriza división	56
Figura 17. Costo de operación periodo 2017 y 2018, en Cobriza división	57
Figura 18. Relación producción mina, planta y ley Cu periodo 2018, en división Cobriza	63
Figura 19. Relación horas planta y producción mina, planta periodo 2018, en división Cobriza	64
Figura 20. Relación producción planta y leyes de cobre periodo 2018, en división Cobriza	65
Figura 21. Relación producción diaria mina, planta y leyes de cobre periodo 2018, en división Cobriza	66

Figura 22. Relación producción diaria mina, planta y horas operativas periodo 2018, en división Cobriza	67
Figura 23. Relación producción diaria mina, planta y leyes de Cu periodo 2018, en división Cobriza	67
Figura 24. Consumo de energía áreas mina y planta periodo 2018, en división Cobriza	70
Figura 25. Consumo de energía área planta periodo 2018, en división Cobriza	71
Figura 26. Consumo de energía área mina periodo 2018, en división Cobriza	72
Figura 27. Costo unitario, área mina periodo 2018, en división Cobriza	75
Figura 28. Costo unitario área planta, periodo 2018, en división Cobriza	77
Figura 29. Costo unitario mine to mil, periodo 2017 y 2018, en división Cobriza.	79
Figura 30. Relación tonelaje mina, planta y radio de concentración, periodo 2018, en división Cobriza.....	81
Figura 31. Relación tonelaje mina, planta y consumo de energía, periodo 2018, en división Cobriza	81
Figura 32. Perfil de laboreos y recursos minerales periodo 2018, en división Cobriza	88
Figura 33. Perfil geológico, asociado a las principales estructuras mineralizadas en división Cobriza	89
Figura 34. Proceso de minado en división Cobriza	90
Figura 35. Formato de análisis de riesgos para la recuperación de escudos, en división Cobriza	91
Figura 36. Formato de análisis de riesgos ocupacional, en división Cobriza.	92
Figura 37. Formato de frecuencia de control y dedicación, en división Cobriza	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación aborda el análisis de las variables operacionales en el proceso de mina a planta (*mine to mill*) para el mejoramiento de producción en tiempo de crisis en Doe Run Perú en liquidación: mina Cobriza.

Para el desarrollo de la presente tesis se aplicó el método analítico, siendo de carácter descriptivo y explicativo. La tesis es de carácter pre experimental, donde se analizarán las diferentes variables asociadas a las áreas de mina y planta, relacionando los principales indicadores operacionales como la producción generada en mina, el tonelaje procesado en planta (etapa chancado y molienda), consumo de energía relacionado a estas etapas de conminución y su costo relacionado a estos procesos unitarios.

La producción anual durante el periodo 2018 fue de 1,569,500.00 toneladas y el tonelaje procesado fue de 1,461,765.00 toneladas, generando un déficit anual de 107,735.00 toneladas procesadas. El menor tonelaje procesado en la etapa de chancado y molienda está relacionado a parámetros de dureza y grado de fragmentación del mineral, producto de la voladura. Este menor tonelaje procesado genera un sobre costo de US \$ 198,200.14

El consumo de energía asociado a las etapas de chancado y molienda considera un total ejecutado de 21,237,037.15 kWh y un programado de 21,491,563.94 kWh, generando un sobre consumo de 592,023.53 kWh. Este mayor consumo de energía está asociado a los parámetros de dureza y grado de fragmentación, y genera un sobre costo de US \$ 39,073.55.

Finalmente, el tonelaje producido durante el periodo 2018, genera radios de concentración entre 24.81 a 31.46 con un promedio mensual de 28.60. Esta variabilidad en el radio de concentración está relacionado directamente a las leyes de cabeza de Cu producidas en este periodo de estudio.

Palabras clave: mina, planta, energía eléctrica, radio de concentración, costos, Kwh, etc.

ABSTRACT

This research work addresses the analysis of operational variables in the process from mine to plant (mine to thousand) for the improvement of production in times of crisis in Doe Run Peru in Liquidation, Cobriza mine.

For the development of this thesis, the analytical method was applied, being descriptive and explanatory. The thesis is of a pre-experimental nature, where the different variables associated with the mine and plant areas will be analyzed, relating the main operational indicators such as the production generated in the mine, the tonnage processed in the plant (crushing and grinding stage), energy consumption. related to these comminution stages and its cost related to these unit processes.

The annual production during the 2018 period was 1,569,500.00 tons and the processed tonnage was 1,461,765.00 tons, generating an annual deficit of 107,735.00 tons processed. The lower tonnage processed in the crushing and grinding stage is related to parameters of hardness and degree of fragmentation of the mineral, product of the blasting. This lower processed tonnage generates an extra cost of US \$ 198,200.14

The energy consumption associated with the crushing and grinding stages considers a total executed of 21,237,037.15 Kwh and a programmed one of 21,491,563.94 Kwh, generating an excess consumption of 592,023.53 Kwh. This higher energy consumption is associated with the parameters of hardness and degree of fragmentation, and generates an extra cost of US \$ 39,073.55.

Finally, the tonnage produced during the 2018 period generates concentration radii between 24.81 to 31.46 with a monthly average of 28.60. This variability in the concentration radius is directly related to the Cu head laws produced in this study period.

Keywords: Mine, plant, electric power, concentration radius, costs, Kwh, etc.

INTRODUCCIÓN

El concepto *mine to mill* es una filosofía que se viene aplicando en la industria minera para el incremento de la rentabilidad operacional integrando las áreas de mina y planta, esta integración permite relacionar el tonelaje producido con el tonelaje procesado, analizando el consumo de energía en la etapa de chancado y molienda, por lo que es de vital importancia controlar el grado de fragmentación del mineral volado.

Asimismo, es importante conocer los diferentes dominios geológicos y geomecánicos que inciden directamente en la dureza del macizo rocoso, generando el incremento de consumo de energía e incrementando los costos operacionales en las áreas de mina y planta.

Finalmente, si no se controla el grado de fragmentación influirá directamente en mayor consumo de energía y un menor tonelaje procesado, lo cual afectaría directamente a la rentabilidad de la operación.

El presente trabajo de investigación desarrolla lo siguiente: el Capítulo I describe el planteamiento del problema, objetivo e hipótesis general y específicos, así mismo se describe la matriz de operacionalización de variables.

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico, así como las generalidades de la unidad minera de Cobriza, analizando las diferentes variables operacionales, bajo el concepto *mine a planta*.

En el Capítulo III, se desarrolla el tema, metodología y alcance de la investigación, así como el diseño y nivel de investigación a ser aplicado. Se describe la población y muestra, recolección y tratamiento de información.

En el Capítulo IV, se desarrolla y explica los resultados obtenidos en el tratamiento de información, considerando las variables operacionales y su costo asociado entre lo programado y lo ejecutado, bajo el concepto *mina a planta* en la unidad minera Cobriza de Doe Run Perú SRL en liquidación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La generación de programas de optimización y reducción de costos en operaciones mineras permite el uso de herramientas de gestión operacional modernas. Las operaciones mineras que generan niveles de producción altos están obligados a optimizar sus operaciones unitarias para un mejor control de los costos operacionales.

Una de las herramientas que se viene aplicando durante la última década está relacionado a la mejora la gestión en las diferentes operaciones unitarias en las áreas de mina y asociarlas al área de planta. Analizar, las variables operacionales en mina y la implicancia que tienen estos en planta permite tener una visión integral de los resultados que se generan en los planes de producción.

El concepto mina a planta parte desde los resultados generados en las áreas de perforación y voladura, cumpliendo con el grado de fragmentación post voladura, solicitado por planta (P80). Si bien es cierto, que el cumplimiento de la producción de mina está relacionado directamente al cumplimiento de mineral procesado en la etapa de conminución (chnacado y molienda).

El cumplimiento del tonelaje procesado en planta será relacionado principalmente, durante las primeras etapas de conminución (chancado y molienda), a los resultados de la voladura como el grado de fragmentación.

Un grado de fragmentación diferente a lo solicitado por planta generará un mayor consumo de energía en las etapas de chancado y molienda, generando el incremento de costos.

El presente trabajo de investigación permitirá relacionar el tonelaje producido en mina versus el tonelaje procesado, relacionando el grado de fragmentación con el consumo de energía en la etapa de chancado y molienda.

Este análisis de las variables asociadas a mina y planta permitirá el análisis en la mejora de la producción y la reducción de costos de energía en la etapa de conminución (chancado y molienda).

1.1.2. Formulación del problema

- **Problema general**

¿Cómo se puede mejorar la producción mediante el análisis de las variables operacionales en el proceso de mina a planta en tiempo de crisis en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021V?

- **Problemas específicos**

- a) ¿Cómo relacionar las variables de consumo de energía, tiempo y el tonelaje de mineral procesado en la etapa de conminución de chancado y molienda (kWh/t) en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021?
- b) ¿Cómo reducir los costos de energía (kWh/t) en la etapa de chancado y molienda al mejorar el grado de fragmentación producto de la voladura en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Mejorar la producción mediante el análisis de las variables operacionales en el proceso de mina a planta en tiempo de crisis en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Relacionar las variables de consumo de energía, tiempo y el tonelaje de mineral procesado en la etapa de conminución de chancado y molienda (kWh/t) en Doe Run Perú SRL en liquidación - mina Cobriza 2021.

- b) Reducir los costos de energía (kWh/t) en la etapa de chancado y molienda al mejorar el grado de fragmentación producto de la voladura en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

La investigación proporcionará grandes beneficios en el sector minero, como sustentar las relaciones empresa con comunidad, generando diversas inversiones producto del convenio comunal en infraestructura, capacitaciones en programas de inversión comunal, etc., y establecer un ambiente favorable entre la empresa y las comunidades aledañas al proyecto minero. Para sustentar inversiones en lo social, uno de los objetivos específicos de la presente tesis es analizar la relación de las variables de consumo de energía, tiempo y el tonelaje de mineral en la etapa de conminución de los procesos de chancado y molienda en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021.

1.3.2. Justificación académica

La investigación permitirá al egresado utilizar conceptos académicos modernos como la aplicación del análisis de variables operacionales y establecer la mejora de la producción mediante el concepto mina a planta.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

El análisis de las variables operacionales influye positivamente en la mejora de la producción bajo el concepto mina a planta en tiempo de crisis en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar las variables de consumo de energía, tiempo y el tonelaje de mineral procesado influye positivamente en la etapa de conminución de chancado y molienda (kWh/t) en Doe Run Perú SRL en liquidación - mina Cobriza 2021.

- b) Al mejorar el grado de fragmentación producto de la voladura influye positivamente en la reducción de los costos de energía (kWh/t) en la etapa de chancado y molienda en Doe Run Perú SRL en liquidación – mina Cobriza 2021.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

- Concepto mina a planta.

1.5.2. Variables dependientes

- Análisis de variables operacionales

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Concepto mina a planta.	Es una filosofía que integra y optimiza las operaciones de mina y planta, considerando el tonelaje producido en mina y el tonelaje procesado en planta, considerando el consumo de energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Factores geológicos • Factores geomecánicos • Factores operacionales 	Variable geológica Variable geomecánica Productividad	Leyes, potencia estructura, mineralización, etc. Propiedades del macizo rocoso Tonelaje producido y tonelaje procesado.
VD: Análisis de variables operacionales.	La relación de variables asociados a las áreas de mina y planta que involucra el tonelaje producido y el tonelaje procesado.	<ul style="list-style-type: none"> • Variables técnicas • Variables económicas 	Análisis de factores operacionales Análisis de costos	Actividades relacionadas a las áreas de mina y planta. Costos asociados a las áreas de mina y planta.

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 principal de esta tesis es utilizar el 2DRing que forma parte del programa *JKsimBlast* para encontrar el mejor diseño para una explosión subterránea para obtener una buena fragmentación. Los diseños se basarán en diseños obtenidos de las operaciones mineras de *Mt Lyell* para dar un punto de partida del mundo real. (1)

La tesis pudo analizar el diseño de la broca con la ayuda de *JKsimBlast* y también idear nuevos diseños que tienen una mejor fragmentación. La estimación de costos de los costos de perforación también se completó con éxito, pero la estimación de costos de la etapa de procesamiento es demasiado grande y, por lo tanto, inexacta.

Las conclusiones de esta tesis son que aumentar el tamaño de los taladros, así como el número de taladros aumentará la fragmentación, y esto se ha demostrado con el modelo empírico en 2DRing de *JKsimBlast*. También se concluye que la razón por la que se utilizaron medios tan obvios para aumentar la fragmentación, como agujeros más grandes, es porque los diseños originales de *Mt Lyell* ya eran bastante buenos, por lo que opciones como muchos agujeros más pequeños no

funcionarían. Esta opción fue examinada por el autor, pero no discutida en esta tesis, ya que no era factible.

La otra conclusión es que la estimación de la reducción de los costos de trituración y trituración es incorrecta. Esto lleva a la recomendación de que los nuevos diseños pueden no implementarse hasta que se logre una mejor estimación de los costos de molienda.

- ✓ Tesis titulada “*Impacto del proceso de tronadura en una mina subterránea sobre el desempeño de una planta de Chancado - Molienda Unitaria*”. El presente trabajo de investigación propone la aplicación del concepto *mine to mill*, aplicado en la producción de una operación subterránea mediante el método de minado *sub level stoping*. Se realiza un análisis de la información producto de la voladura mediante el análisis de la granulometría resultante (Gaudin-Schuhmann). El análisis granulométrico asociado a las diferentes granulometrías asociadas post voladura, fueron la distribución granulométrica finos, intermedios y gruesos con diferente dureza asociada. Los resultados fueron asociados al diferente consumo de energía en la etapa de chancado y molienda siendo, donde se incrementó el 18% de consumo de energía en minerales de dureza dura y 21% en minerales de dureza blanda, mejorando los resultados en 12 % en minerales de dureza dura durante la aplicación de la metodología *mine to mill*. (2)

- ✓ Tesis titulada: “*Análisis de la perforación y tronadura en El Soldado*”. El objetivo de la presente tesis es analizar los procesos unitarios post voladura como el rendimiento de los equipos de carguío, acarreo y proceso de conminución para controlar y disminuir los costos operacionales. Por tal motivo, la empresa viene realizando estudios de diferentes mallas de perforación y voladura, y generar un mejor resultado en la gestión operacional de mina y planta. Se realizó el análisis del rendimiento de los equipos de carguío y las toneladas tratadas por hora en la etapa de conminución. El análisis de perforación y voladura relacionando la litología y los parámetros de voladura determinaron modelos granulométricos y asociados al rendimiento de los equipos de carguío, donde el factor de carga

juega un papel importante. Estos factores asociados a las diferentes mallas de perforación y voladura, relacionados al grado de fragmentación y asociados al rendimiento de los equipos de carguío, realizando una evaluación económica. Los resultados permitieron identificar el uso de un explosivo más denso y diferentes configuraciones de mallas de perforación. (3)

- ✓ Tesis titulada: *“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 estudio realiza un análisis técnico y económico del incremento de la producción de 400 a 1000 k toneladas en equipos de carguío y acarreo, con el objetivo de optimizar e incrementar el plan de producción. Por efectos de condiciones de efecto de mercado se realizó un replanteo e incremento del tonelaje de 400 a 1000 k, realizando una evaluación técnica y económica del tonelaje proyectado y el dimensionamiento de equipos de carguío y acarreo. (4)

2.2. Generalidades de la minera

2.2.1. Historia

El yacimiento de Cobriza fue explorado inicialmente por la Cerro de Pasco Corporation, entre los años 1926 a 1956 dando como resultado el descubrimiento del depósito de Cu-Ag, que se explota actualmente, e inicia operaciones en el año 1966 con la construcción de la planta concentradora y preparación de mina. Por los años 1967 inicia la producción con 1,000 t/día.

En 1974 se hace cargo de las operaciones la compañía estatal Centromin Perú, e incrementa su producción en el año 1976 a 2,100 t/día, y para los años 1978 se logra una producción de 2,600 t/día.

El descubrimiento de mayores recursos minerales y preparación de mina hacen que se construya una nueva planta concentradora en la Pampa de Coris (Expansión) y es inaugurada para el año 1982, con una capacidad de 9,100 t/día.

Entre los años 1988 y 1998 la producción cae a 7200 t/día, en el año 1998 la empresa estatal Centromín Perú dentro de su programa de privatización, transfiere los derechos de operación a Doe Run Perú.

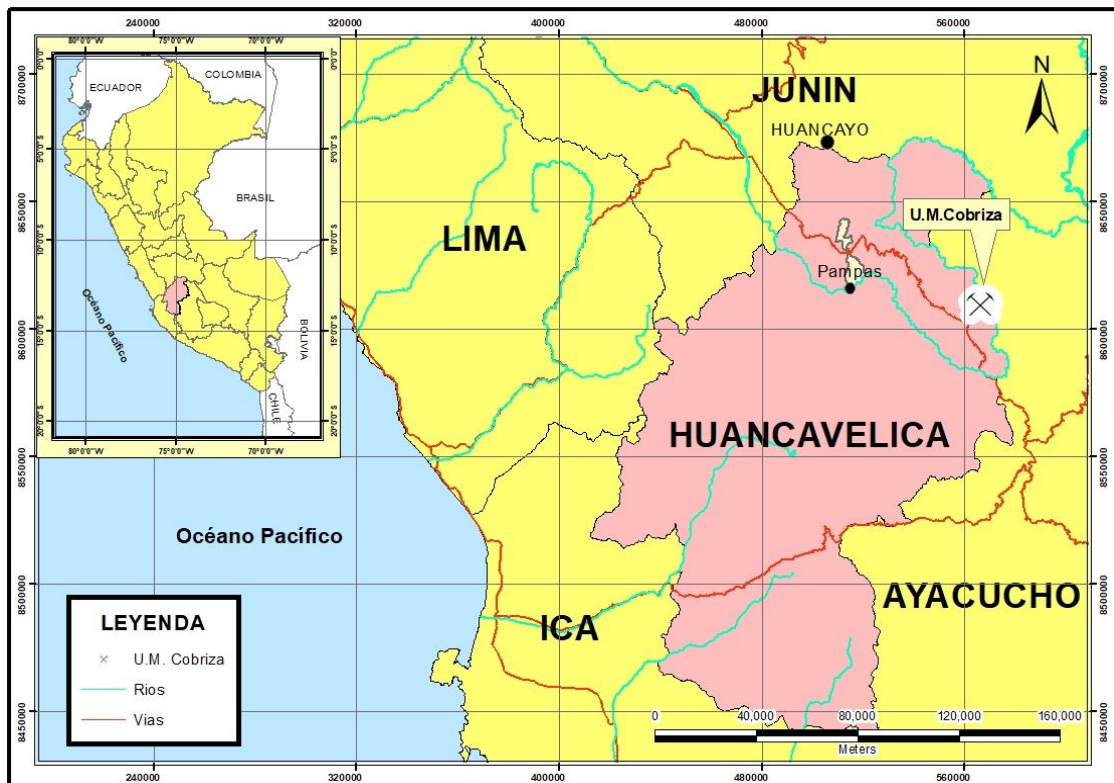
En el año 2012, la administración de Doe Run Perú es controlada por operadores administrativos hasta la actualidad, bajo esta modalidad en el año 2018 se realiza una campaña de exploración con perforación diamantina con el objetivo de estimar los recursos y reservas minerales bajo las prácticas del CRIRSCO.

2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades

La mina Cobriza se encuentra ubicado al sureste de Lima, en el flanco occidental de la cordillera de los Andes, y en el margen izquierdo del río Mantaro, geográficamente se encuentra en el distrito de San Pedro de Coris, provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica, Perú, y se encuentra a una altitud promedio de 2,500 m s. n. m.

Tabla 2. Ruta geográfica

Vía	Ruta	Tiempo/Distancia
Aérea	Lima – Ayacucho (Huamanga) - Cobriza	5 h
Aérea	Lima – Jauja - Cobriza	6 h
Carretera	Lima – La Oroya – Huancayo - Cobriza	500 km



**Figura 1. Ubicación de la mina
Tomado del Departamento de Geología**

2.3. Geología general

2.3.1. Geología regional

Está asociada a rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, las cuales han sufrido esfuerzos de deformación generando el anticlinal de Coris, principal estructura de los mantos de Cobriza. Las rocas compuestas por calizas, lutitas en sus diferentes composiciones, areniscas y cuarcitas fueron instruidas por intrusivos de composición graníticas y diques posteriores.

La secuencia sedimentaria expuesta son de potencias promedio de 6000 metros, consideradas en edades desde el jurásico al paleozoico, asociadas a las siguientes unidades:

- ✓ Grupo Excélsior (Siluro-Devoniano), representado por lutitas pizarrosas, filitas y esquistos; grupo Tarma (Carbonífero Pensilvaniano), serie de lutitas pizarrosas y calizas.

- ✓ Grupo Copacabana (Pérmico Inferior), serie de calizas con horizontes de lutitas pizarrosas; grupo Mitu (Pérmico Medio Superior), secuencia molásica de areniscas, conglomerados rojos y algunas intercalaciones volcánicas.
- ✓ Grupo Pucara (Triásico – Jurásico), secuencia de calizas con Horizontes calcáreos-arenosos (Rivera, A. M. et al., 1989).

Toda la secuencia se encuentra fuertemente plegada formando un anticlinorium de rumbo NO-SE, en el que localmente destaca el anticlinal de Coris. El fallamiento regional está representado por el Sistema E-O que agrupa las fallas Pampalca, Lucmayo, Carhuanchu, y por el Sistema NO-SE, fallamiento longitudinal relacionado con el plegamiento (Rivera et. al., 1989)

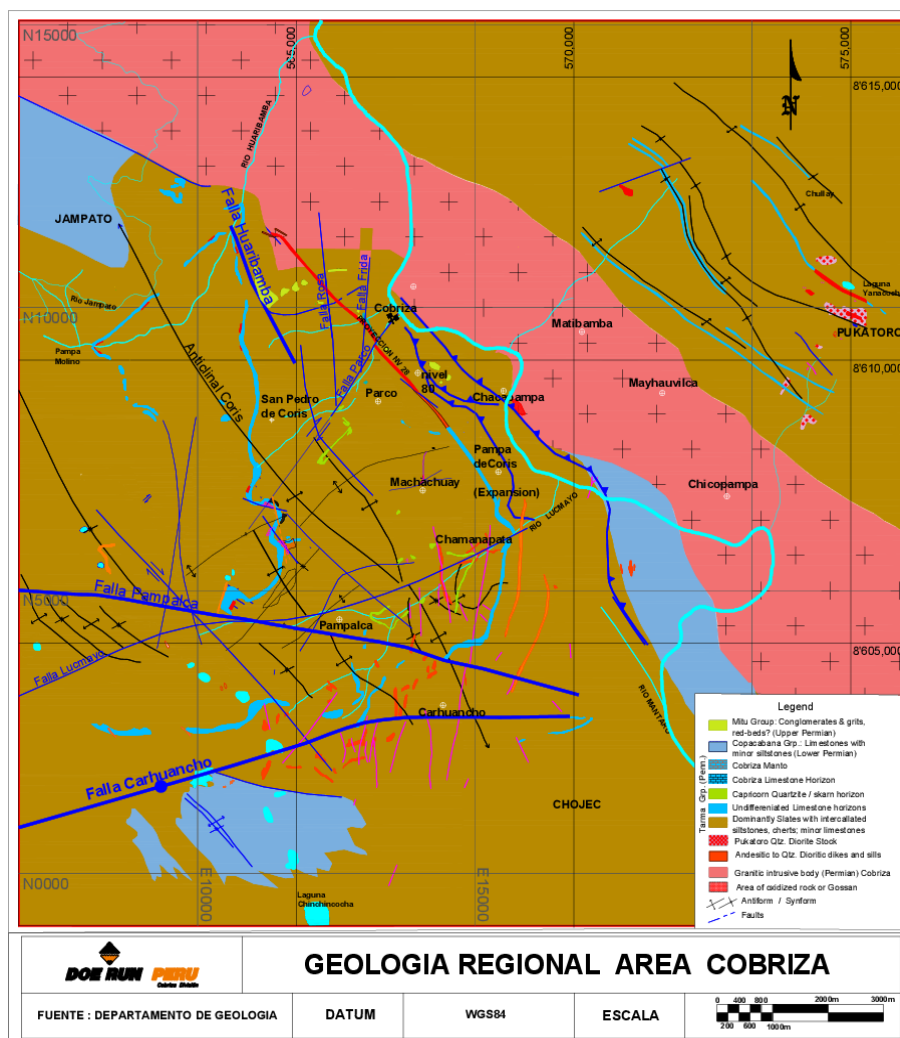


Figura 2. Geología regional de Cobriza
Tomado de Centromin Perú S. A.

2.3.2. Carbonífero

a) Grupo Tarma

Está asociada a calizas y lutitas grises perteneciendo a los anticlinales Comas y Tambo, con una potencia de 2.5 kilómetros en promedio. Están asociados a 3 horizontes parcialmente mineralizados compuesta por:

✓ Horizonte Capricornio

Asociado principalmente a cuarcitas calcáreas, con una potencia de 4 – 7 m, asociada entre 500 a 600 m por debajo de la caliza Coriza. La mineralización de Cu en este horizonte está asociada a pequeños lentes, siendo metamorfizadas.

✓ Horizonte de Caliza Cobriza

Está asociada principalmente a horizontes de calizas masivas con potencias hasta 30 metros. La mineralización principal en la mina Cobriza está asociada a este horizonte, afloran en el área de Huaribamba.

✓ Horizontes Concrecionarios

Está asociado a lutitas pizarrosas bituminosas con una potencia promedio de 100 m. Se ubica entre 150 a 400 m hacia el techo del manto Cobriza. La mineralización asociada a este horizonte es de Cu, Pb y cantidades menores de Zn.

2.3.3. Pérmico inferior

a) Grupo Copacabana

Compuesta por calizas gris azulada con potencias de 10 a 170 metros, intercaladas con limo arcillas y areniscas, yace concordante a al grupo Tarma e infrayacen al grupo Mitu.

2.3.4. Pérmico medio a superior

a) Grupo Mitu

Asociado principalmente a areniscas con horizontes tipo conglomerado y horizontes volcánicos. Infrayace en forma angular a las calizas del grupo Pucará.

La potencia asociada a este grupo es de 1000 a 1500 metros de potencia. Se observa algunos lentes con presencia de Cu y Ag.

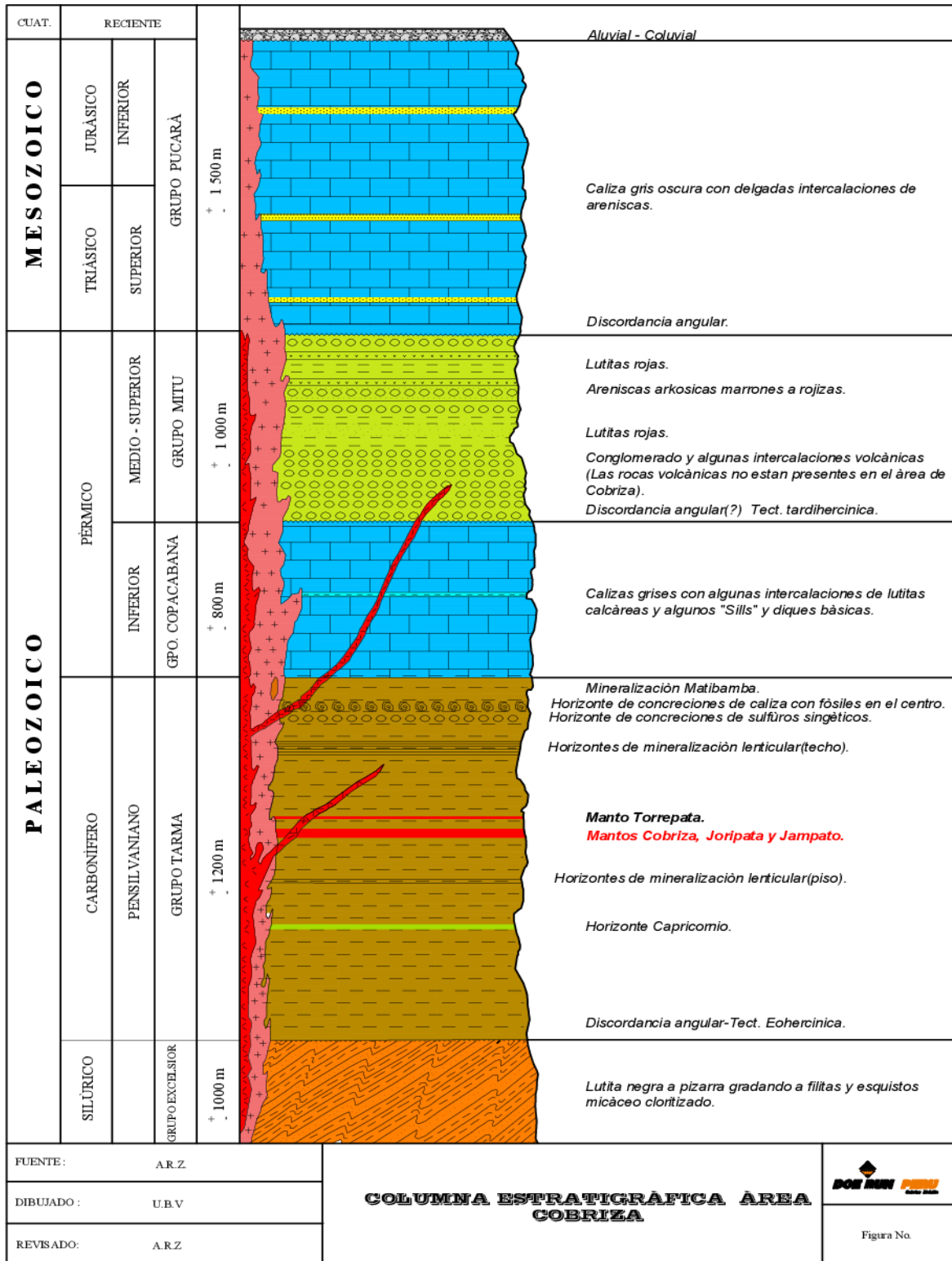
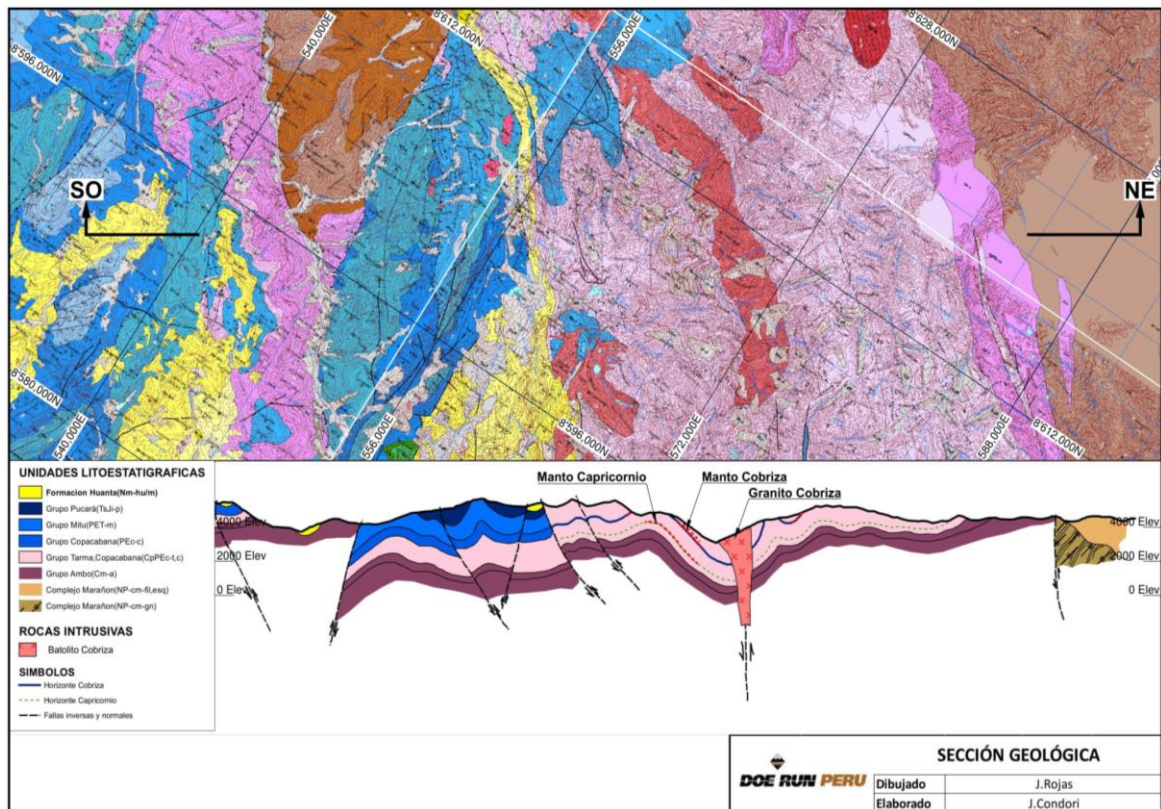


Figura 3. Columna estratigráfica (digitalizada en DRP)
Tomado del Departamento de Geología

2.4. Geología estructural

Está asociada al anticlinal de Coris, con rumbo NW, donde los anticlinales y sinclinales en las áreas de Cobriza y Tucuccasa presentan ejes paralelos con rumbo N25°W.

Se presentan cuatro sistemas: dos sistemas longitudinales con rumbo NW y SE, y los otros 2 sistemas con rumbo EW y NS.



**Figura 4. Sección transversal manto Cobriza y Capricornio, mirando al NW
Tomado del Departamento de Geología**

En superficie se observan diferentes fallas con lineamientos de 10 a > 200 metros, siendo las fallas Pampalca y Carhuanchu, las más reconocidas en el sector norte, y la falla Huaribamba asociadas al sector norte de Cobriza.

2.4.1. Tipo de depósito

Respecto a la clasificación del tipo de depósito, el yacimiento Cobriza está clasificado como un depósito de *skarn* distal a falta de un intrusivo que dio origen a

la mineralización, basado en la mineralogía que presenta, esta clasificación es discutible por las evidencias que se vienen encontrando en la actual exploración. La clasificación como *skarn* de Cu fue sustentado por (Petersen, 1965; Valdez, 1983, Noble et al., 1995). Luego Huamán et al. (1990), sustenta que el tipo de depósito es de origen singenético debido a la ausencia de un intrusivo.

Las exploraciones con perforación diamantina realizadas durante el año 2018, para la delimitación de la geometría del depósito, y dirigidos hacia los niveles inferiores de la operación minera debajo del nivel -200, evidencian una disminución de potencia de la mineralización del manto Cobriza, y la caliza se presenta alterada a mármol, evidenciando un halo de alteración externa de metamorfismo, indicando que la zona más caliente del depósito estaría ubicado en la parte central y media del manto, zona con abundante presencia de anfíboles y magnetita masiva, y muy escaso la calcopirita, pirrotita.

La mineralización se presenta como mantos, siendo el manto Cobriza el más reconocido cuyas dimensiones son de 4.8 Km de longitud y 1.5 Km de encampane reconocido con laboreo minero; y mantos paralelos (Capricornio al piso y Torrepatá al techo) controlados por la estratificación del grupo Tarma.

Existe una datación radiométrica K-Ar del mineral de Cobriza realizado por Noble et al. (1995) en 263.4 ± 8 Ma, lo cual ayudaría a inferir que la mineralización estaría relacionado a un ambiente tectónico de extensión.

2.4.2. Mineralogía y paragénesis

La mineralogía presente en el yacimiento de Cobriza está asociado a un metasomatismo de contacto o reemplazamiento metasomático, donde la mineralización en diferentes etapas. La etapa prograda asociada a minerales anhidros como granate, piroxenos y anfíboles. La etapa hidrotermal asociada a la etapa retrógrada, donde se formaron la mineralogía de Cu, con cantidades menores de Pb, Zn y Ag.

Se generó un metamorfismo de alta temperatura, asociada a la roca encajonante compuesta principalmente por lutitas. En el yacimiento de Cobriza se observan hasta tres tipos de ensamblajes mineralógicos. El detalle de la composición química de la caliza masiva. Caliza laminada y skarn de hornblenda se describe a continuación:

Tabla 3. Composición química (%) del horizonte calcáreo Cobriza y skarn hornblenda

Óxidos Elementos	Capa masiva			Relación
	caliza impura (Clara)	Capa laminada caliza argilácea (oscura)	Hornblend a	
SiO ₂	10.3	26.4	31.4	Fuerte Adición
TiO ₂	1.7	7.8	0.16	Disminución
Al ₂ O ₃	3.4	13.4	5.3	Débil Adición
Fe ₂ O ₃	N.D.	N.D.	18.7	Fuerte Adición
FeO	45.4	2.2	19.2	Fuerte Adición
				No
MgO	0.3	2.8	0.5	Determinable
CaO	NADA	26	8.6	F. Disminución
Na ₂ O	1	1.1	2.4	Débil Adición
				No
K ₂ O	0.1	1.1	NADA	Determinable
				No
H ₂ O	33	0.2	N.D.	Determinable
P ₂ O ₅	Trz	0.49	0.08	Ningún Cambio
CO ₂	NADA	17	0.81	F. Disminución
SO ₂	NADA	Trz	9.15	Fuerte Adición
				No
MnO ₂	NADA	2.3	0.4	Determinable
Ce	NADA	0.03	0.07	Débil Adición
F	NADA	NADA	0.18	Débil Adición
Cu	NADA	NADA	2.19	Fuerte Adición
Bi	NADA	NADA	0.01	Débil Adición
As	NADA	NADA	0.05	Débil Adición
TOTAL:	97.47	100.85	99.6	

Tomado de Valdez, 1982 - Alteración y mineralización a Skarn de cobre, Mina Cobriza

2.5. Recursos y reservas minerales

2.5.1. Recursos minerales

Los recursos medidos + indicados totalizó 12,212,090 TMS. con 0.96 % Cu. y 16.43 gr. Ag. Estos Recursos, corresponden a las áreas de Coris y Pumagayoc, con valores superiores a la ley mínima de corte 0.73 % Cu. y anchos mínimos de minado de 7.00 metros.

- Ley de corte 0.73% Cu

Tabla 4. Reporte de recursos minerales, medidos e indicados e inferidos 2018

Recursos medidos					
TMS	Ancho	%Cu	gr. Ag	Eq. US\$	
TOTAL	10,759,400	9.59	0.96	16.17	54.77

Recursos indicados					
TMS	Ancho	%Cu	gr. Ag	Eq. US\$	
TOTAL	1,452,690	9.52	0.96	18.35	55.5

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

Recursos inferidos					
TMS	Ancho	%Cu	gr. Ag	Eq. US\$	
TOTAL	7,945,005	7.83	1.03	32.29	65.66

Tomado del Departamento de Planeamiento de Mina

2.5.2. Reservas probadas y probables 2018

Para obtener las Reservas Probadas y Probables se aplicaron los factores de dilución y pérdida de minado a los recursos minerales. Las reservas Probadas y Probables efectivo al 1ro., de diciembre del 2017 son: 9,778,190 TMS con 0.97 % Cu. y 15.65 gr. Ag

Las reservas Probadas y Probables efectivo al 1ro., de diciembre del 2017 Son: 9,778,190 TMS con 0.97 % Cu. y 15.65 gr. Ag.

- Ley de corte 0.73 % Cu

Tabla 5. Reporte de reservas probas y probables.

Reservas probadas					
TMS	Ancho	%Cu	gr. Ag	Eq. US\$	
TOTAL	8,689,410	9.43	0.97	15.42	55.07

Reservas probables					
TMS	Ancho	%Cu	gr. Ag	Eq. US\$	
TOTAL	1,088,780	8.71	0.94	17.48	54.1

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

Tomado del Departamento de Planeamiento de Mina

Comparativamente las reservas del 2018 han disminuido en 646,450 TMS. respecto a las del 2017, por baja ejecución de labores de preparación, que permitan el cambio de categoría de Recursos a Reservas.

- **Operaciones 2017**

El tonelaje total extraído durante el año 2017 fue de 1,430,704 TMS. Con 0.97 % Cu, 22.88 gr. Ag. De este total, 1,258,589 TMS se explotaron de reservas y 172,115 TMS, fuera de reservas. El avance en exploraciones y desarrollos fue de 586.00 metros; en perforación diamantina se ejecutaron 3,732 metros en el 2017.

Tabla 6. Variación de reservas 2017 - 2018

Variación de reservas probadas y probables 2017-2018		
Reservas Probadas y Probables 2017		10,424,640
Mineral roto de Reservas	-	1,258,589
Mineral roto de Desarrollo y fuera de Reservas	+	172,115
Mineral ganado por estimación reestimaciones	+	285,080
Mineral ganado por precios, costos, porcentajes de recuperación (ley de corte 0.79)	+	154,944
Reservas Probas y Probables 2018		9,778,190

Tomado del Departamento de Planeamiento de Mina

2.6. Diseño de mina

2.6.1. Método de explotación de mina

El método de minado aplicado en la unidad minera Cobriza es el *Cut and Fill* mecanizado (corte y relleno ascendente) en realce (corte vertical) utilizando relleno hidráulico y convencional, respectivamente relave clasificado y material detrítico constituido por pizarras. Este método consiste en cuatro etapas: desatado y perforación, relleno, voladura, y limpieza. El diseño se plantea priorizando la seguridad del personal y mantener el grado de mecanización de las operaciones. En condiciones normales de diseño, el método de explotación aplicado, según las características del yacimiento, es adecuado; permite obtener parámetros altos de productividad, baja dilución y recuperar las reservas minerales próximas a la caja piso en más del 50%



Figura 5. Proceso de minado-mina Cobriza
Tomado del Departamento de Planeamiento de Mina

Hasta el nivel 10, la explotación del manto Cobriza se realizó dentro de los parámetros normales de diseño de los tajeos, es decir los zig zags que los limitaban contaban con su respectivo echadero y una chimenea de servicios de 7 pies y 5 pies de diámetro respectivamente. Se inicia el minado desde el subnivel en el nivel inferior, considerando un puente de 10 m, utilizando equipos de acarreo de 30 a 36 ton de capacidad hacia los echaderos, a partir de ello realizar el transporte de mineral hacia el echadero principal con locomotoras diésel. La explotación bajo el NV 0, se implementó el acarreo con dumpers de 20 ton de capacidad.

2.6.2. Labores de exploración

a) Galerías principales

Su diseño principal es en la estructura mineralizada (manto), paralela y cerca de la caja piso, con diferencias entre niveles de 90 metros, se considera lo siguiente:

- **Galería principal de extracción:**

Asociado al Nv 28, con una sección de 12 x 5 y gradiente de 0.4 %, se utiliza como extracción de mineral desde los diferentes frentes de operación hacia la planta.

- **Galería principal propiamente dicha:**

Asociado a las diferentes galerías, diferente a la galería principal de extracción, con secciones de 6 x 4 m y gradiente de 2 a 3 %, los cuales sirven como acceso a los principales tajeos de la unidad minera.

b) Cruceros

Con secciones de 6 x 4 m y de 5 x 4 m y gradiente de – 2 %, los cuales se diseñan en forma perpendicular al manto mineralizado.

2.6.3. Labores de desarrollo

Los zig zag se diseñan a partir de la galería principal con distancias de 500 m, cuentan con su respectivo echadero y chimenea de servicios de 7 pis de diámetro.

a) Zigzag

Debido a las condiciones geomecánicas el diseño de los zig zag es en forma espiral con secciones de 6 x 4 m y gradientes de 12 %, generando el acceso a los diferentes tajeos de producción, con un radio de curvatura de 12 m.

2.6.4. Labores de preparación

Considerando tajeos con dimensiones de 500 x 90 (100) m se construye subniveles que comunican ambos zig zag, dejando un puente de 10 m.

a) Subniveles

Con secciones de 5 x 4 m y gradiente horizontal, su diseño es paralelo al rumbo del manto mineralizado.

b) Cámaras para *Raise Bore*

Con secciones de 8 x 7 m y longitud de 12 m, con la finalidad de ubicar la máquina *Raise Bore* hacia el techo del manto.

c) Chimeneas *Raise Borer*

Las chimeneas se construyen para echadero, servicio - ventilación y relleno, con diámetro de 7 pies e inclinaciones entre 45 a 60°.

d) Huecos DTH

Entre los niveles 28 y 10, se perforan 3 o 4 huecos DTH de 6 1/2" de diámetro, para la conducción del relleno hidráulico.

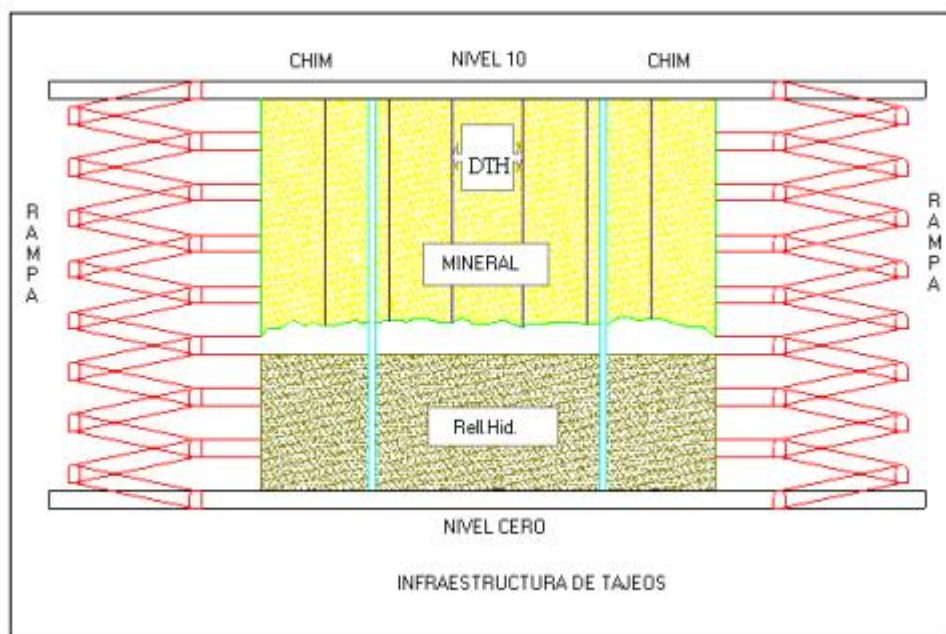


Figura 6. Infraestructura de tajeos
Tomado del Departamento de Planeamiento de Mina

e) Nuevos accesos

Se construyen en manto y son el acceso principal a los echaderos de mineral desde los tajeos sección: 5.00 x 4.00 metros, separación vertical: 12 metros gradiente: horizontal hasta el pilar y gradiente negativa hacia los tajeos. Según progresa la explotación en altura, se van haciendo positivos hasta que sea necesario construir otro acceso superior. Ver Figura siguiente

f) Echaderos

Están ubicados cerca a los tajeos. Para su construcción es necesario ampliar el nuevo acceso a una sección de 9.50 x 6.00 metros y la altura necesaria para que el Scooptram y/o camiones descarguen el mineral con facilidad.

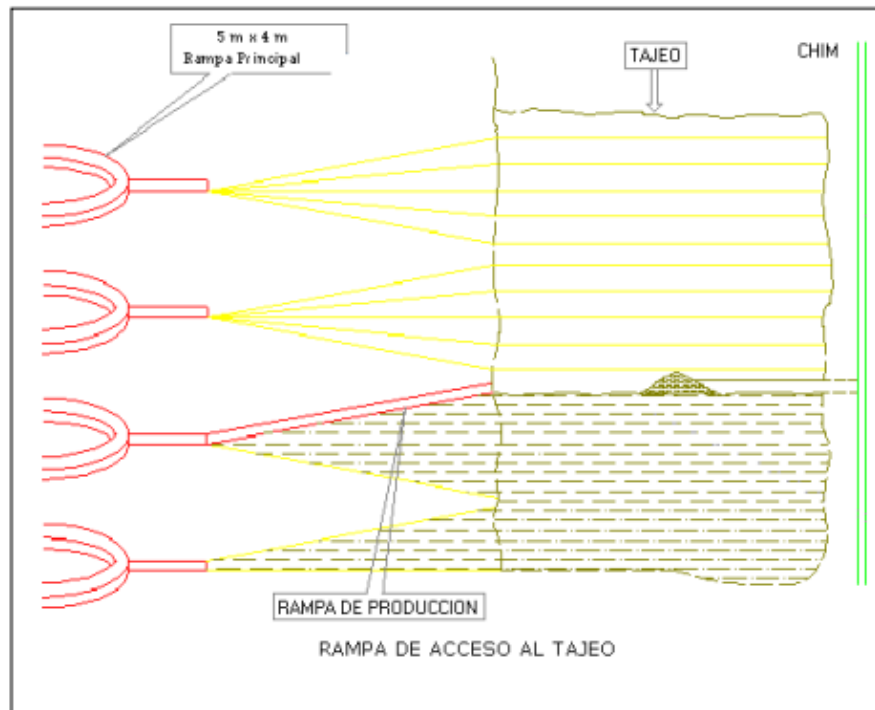


Figura 7. Rampa de acceso al tajeo
Tomado del Departamento de Planeamiento de Mina

2.6.5. Labores de explotación mecanizada

a) Preparación de tajeos

Cuando se delimitan los bloques mineralizados de explotación se realiza el desquinche a lo largo del subnivel con dos cortes hacia el techo hasta delimitar el ancho de minado, luego se prepara para realizar el relleno detrítico y/o desmonte, para luego aplicar el relleno hidráulico considerando el diseño de su drenaje respectivo.

b) Tajeos

El cumplimiento de los planes de producción, está asociado directamente de los tajeos donde se extraerá el mineral económicamente rentable, considera las siguientes dimensiones:

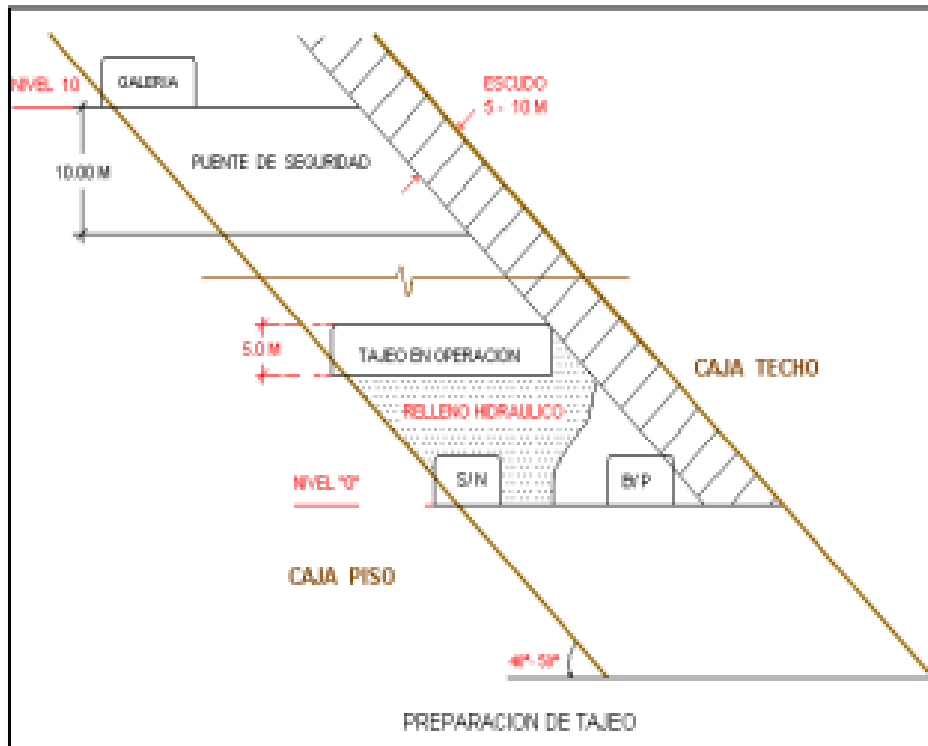


Figura 8. Preparación de tajeros
Tomado del Departamento de Planeamiento de Mina

Ancho: 15.00 – 20.00 metros

Longitud: 100 – 250 metros

En la perforación de producción, el tajero debe tener 5 metros de altura (de piso a techo) para que los jumbos hidráulicos trabajen eficientemente.

2.6.6. Secuencia de minado

1. Desarrollo de un subnivel de 5 x 4 metros, entre 2 zigzag (400 o 500 m), cuyo control será a 1 m de las pizarras.
2. Desarrollo de cruceros de 5 x 4 metros, desde la caja techo de la estructura mineralizada (manto), definiendo el ancho de labor, decidiendo el ancho de escudo a dejar.
3. Se realizará el desquinche en los tramos que se requiera hacia la caja techo definidos por los cruceros desarrollados hasta considerar el ancho de escudo que protegerá la caja.

4. Se realizará el sostenimiento adecuado en forma inmediata cuando se exponga la pizarra en la caja techo.
5. Realizar un corte por voladura por tramos hacia el techo, a lo largo del subnivel con una altura de 7.5 metros.
6. Se realiza la limpieza con equipos de carguío tipo *Scooptrams* de 14 yd³ hacia los equipos de acarreo, volquetes de 20 t, con el desatado mecanizado previo con el *scaler* minero.
7. Una vez terminado la limpieza del mineral, continúa con la preparación de uso de relleno hidráulico hacia la zona baja y el relleno detrítico (desmonte) en la zona alta.
8. Así continua con la explotación mediante el método de minado *Cut and Fill* mecanizado.

2.6.7. Desatado y perforación

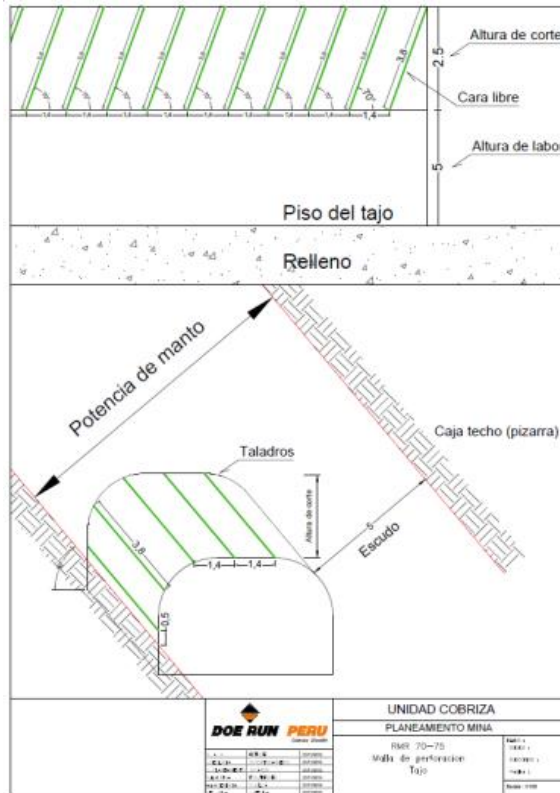
Se realizará el desatado hacia el techo y los hastiales con el *scaler* minero, considerando una altura entre 5 a 6 m, continuando con la perforación con Jumbos hidráulicos de 2 brazos.

2.6.8. Diseño de malla

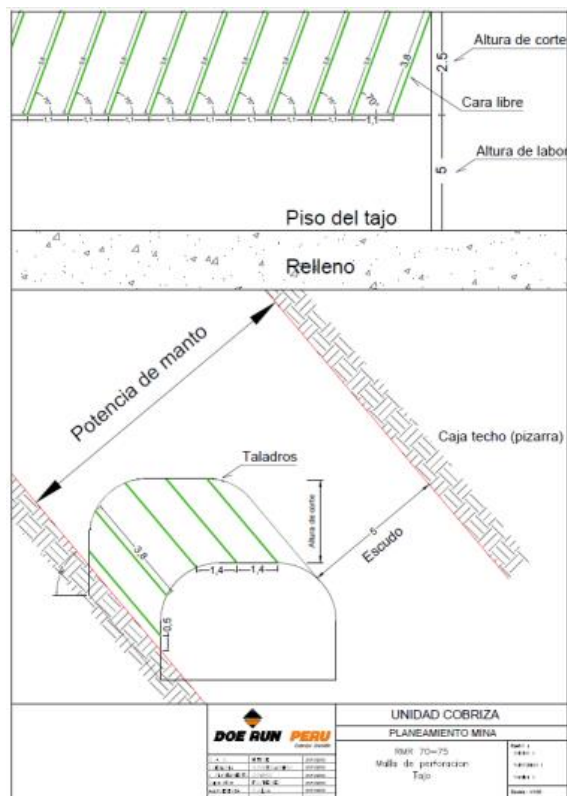
Se realizó el diseño de malla de perforación, mediante el modelo de Ash, considerando el control del grado de fragmentación, para relacionar el mejor rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, en tajeos con ancho de 15 a 25 metros.

2.6.9. Ángulo de perforación

Se realizará un control adecuado, con la finalidad de mantener el escudo de protección, y no llegar hasta la caja techo asociada a la pizarra.



**Figura 9. Malla de perforación realce en zona I
Tomado del Departamento de Geomecánica**



**Figura 10. Malla de perforación zona III y Zona V
Tomado Departamento de Geomecánica**

2.6.10. Voladura

Se genera una cara libre a partir por 2 filas de taladros en el ancho del tajeo, se realiza un disparo en salida en “V”, con tramos de voladura de 30 a 100 metros. Los explosivos y accesorios de voladura considerados son emulnor 5000 de 1 1/8” x 8”, *superfam*, fanel rojo de 4.8 metros, cordón detonante 5P y guía de seguridad blanca, considerando un factor de potencia de 0.37 kg/t.

Tabla 7. Resultados de perforación-voladura

DESCRIPCION	UNIDAD	PARAMETRO
Área total explotada	m.2	240
Altura promedio de corte	m.	2.70
Tonelaje roto	TM	2352.4
Numero de taladros	Unidad	160
Longitud perforada	Pies	2,080
Consumo varillaje de perforación		
Barras	Unidad	0.27
Brocas	Unidad	0.81
Coupling	Unidad	0.14
Consumo de explosivos y accesorios		
Emulsión	Kg.	22.7
Anfo	Kg.	840
Fanel	Unidad	160
Cordón detonante	m.	160
Fulminante	Unidad	2
Guía Nacional	Pies	28
Factor de Potencia	Kg./TM	0.37
Tareas (desate – perforación – voladura)	Unidad	6
Voladura secundaria	%	5 – 10

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.6.1. Limpieza o extracción

Asociado principalmente al método de minado utilizado como *cut and fill* mecanizado, considerando un mantenimiento óptimo de las vías para el control del desgaste prematuro de las llantas de los equipos de carguío y acarreo y todas las consideraciones relacionadas al rendimiento de los equipos.

- **Equipos**

Zona alta: Se extrae el mineral a partir del echadero A6, proveniente de labores cercanas a los zig zag considerando equipos de carguío tipo *Scooptram* de 6 a 14 yd³ o con cargadores frontales de 5.5 yd³ y camiones de 30 a 36 ton. El mineral del echadero A5 se extrae directamente con equipos de carguío tipo *scoop*.

Zona baja: Se extrae el mineral desde y debajo del Nv 10 y del sector Pumagayoc, con equipos de carguío scoops y camiones hacia el pique y luego ser izado al Nv 28.

- **Características del carguío**

Considera una densidad de mineral roto en 2.70 t/m³, con un factor de esponjamiento del 40 %, en distancias entre 1500 a 2000 metros, considerando una disponibilidad mínima del 70 %, una utilización del 80 al 85 %, considerando de 5.5 a 6,0 h/g día.

- **Rendimientos de equipos**

El siguiente cuadro describe los diferentes rendimientos de equipos de carguío y acarreo.

Tabla 8. Rendimientos de equipos de carguío y acarreo

RENDIMIENTOS		SCOOPTRAM	CAMION DUX
Capacidad cuchara/tolva	(m.3)	8.41	16 – 19.6
Capacidad tolva		-	30 – 36
(TM)		70	70
Factor de llenado	(%)	13	25 – 30
Tonelaje por viaje	(TM)	3 – 5	30 – 40
Tiempo de ciclo	(min.)	10	1.5 – 2
Viajes / hora (50 min./hr)	(VJ)	130	30 – 50
Producción por guardia	(TM/guardia)		

Tomado del Departamento de Servicios Auxiliares

2.6.2. Transporte de mineral a planta

El transporte principal se efectúa por el nivel 28 y consiste en dos trenes formados cada uno por 15 carros y 2 locomotoras eléctricas de trolley, una en la cabeza y otra en la cola. Las dos locomotoras de un tren operan según el sistema dual, el operador de la locomotora de cabeza tiene el control de las dos locomotoras. La carga de los carros es continua, y efectuada por chutes del tipo “central” marca ASEA. Las características técnicas de este sistema de transporte son:

- **Vía férrea**

- Trocha: 42 pulgadas
- Peso de rieles: 90 lbs/yd
- Cambios: 5 y 6 x 90 lbs/yd

- Gradiente: 1.1%
- Radio curvatura: 175m (máximo)
- Longitud total: 7.5 Km.
- **Carros mineros**
 - N° de carros: 30
 - Marca: ASEA
 - Tipo: BOTTOM-DUMP (Descarga por el fondo)
 - Capacidad: 10.5 m³ (teórico) y/o 23.0 t (real)
- **Locomotoras eléctricas**
 - No de locomotoras: 04 (+ 01 stand By)
 - Marca: NYK - Capacidad: 36 t
 - Potencia de motor: 540 HP
 - Velocidad promedio: 15 km/h

2.6.3. Relleno hidráulico

En la zona baja, una vez realizado el minado a lo largo del tajeo se rellenará primero con relleno detrítico y/o relleno hidráulico, mediante los huecos DTH con tuberías de PVC de 4", considerando una altura de relleno en tajeos de 2 a 2.5 m. Considerando el ingreso de equipos pesados después de 48 horas en áreas rellenas. El relleno se envía desde la planta de relleno hidráulico desde Pampa coris hacia las diferentes labores en mina, con distancias de 5.02 kilómetros y tuberías de 8" de diámetro, considera el layout desde el Nv 28 sur, al Nv 28 norte y finalmente hacia el Nv 10.

a) Características de relleno

Las características del relleno hidráulico, considera una velocidad de percolación de 4 in/h, densidad de pulpa de 1550 a 1600 gr/l y considerando un porcentaje de sólidos entre 50 a 55 %.

b) Necesidades de relleno

La producción promedio en mina es de 124,000 t/mes, generando una producción de relaves de 117,781 t/mes o 53,537 m³/mes. El total de relleno generado en la planta de relleno hidráulico, considerado la clasificación en el *overflow* y *under flow* es en promedio de 13,400 m³, el cual considera el relleno del 70 % de los espacios generados en la explotación, generando un déficit en la necesidad de relleno. Las características de relleno hidráulico, considera una densidad de relleno de 2.2 t/m³, las horas promedio de operación en planta concentradora es de 720 h mensuales (1 solo circuito) y las horas promedio en planta de relleno hidráulico es de 470 a 510 horas.

2.6.4. Relleno detrítico

El uso de relleno detrítico estará relacionado a la recuperación de escudos, los que son alimentados mediante chimeneas de relleno.

2.6.5. Ventilación

El sistema de ventilación está asociado al cumplimiento del reglamento de seguridad y salud ocupacional, el sistema de ventilación considerado para los equipos pesados en mina en los diferentes frentes operacionales utiliza ventiladores de 50,000 CFM, donde el requerimiento de aire fresco en mina está en el orden promedio de 195,508 CFM.

Tabla 9. Caudal de aire requerido

EQUIPOS	HP	CANTIDAD	M3/MIN	CFM
SCOOP ST-13	375	1	1125	39,729
JUMBO (0.2)	115	1	69	2,437
CAMION DUX	377	2	2262	79,883
SCALER	86	1	258	9,111
ANFOLOADER (0.5)	86	1	129	4,556
TRACTOR ORUGA	180	1	540	19,070
CAMIONETA	60	1	180	6,357
EQUIPOS		8	4563	161,143
PERSONAL		12	50	1,780
TOTAL				162,923
Factor de Seguridad para el caudal				20 %
CAUDAL TOTAL				195,508
CFM				
Personal	:		4.20 m3/min.	
Equipos	:		3.00 m3/HP	

Tomado del Departamento de Servicios Auxiliares

2.7. Recuperación de escudos

Está asociado al material de mineral que se deja al momento de minar los tajeos como primer soporte natural en el método de minado corte y relleno ascendente mecanizado.

2.7.1. Infraestructura

a) Accesos

Para la explotación se tiene como acceso principal los zig zags antiguos (5 X 4 metros), los cuales son rehabilitados adecuadamente para el tránsito de los equipos pesados

b) Chimeneas de servicio y ventilación

El abastecimiento de agua se hace a partir de la línea principal que está instalada por la chimenea de servicio cercana a los zig zags. La energía eléctrica se obtiene a partir de transformadores instalados en lugares adecuados y seguros. En algunos casos se utilizarán huecos DTH para abastecer estos servicios desde el nivel superior. La ventilación del área correspondiente, estará integrada al circuito principal proveniente de los zig zags de acceso. Se utilizan ventiladores de 50,000 CFM en los lugares requeridos, y se construirán chimeneas de 1.50 x 1.50 m. en lugares accesibles.

c) Chimeneas de relleno y DTHs

Se utilizan los huecos DTH existentes más cercanos para rellenar las labores debajo del Nivel 28 con relave clasificado.

2.8. Bases teóricas del estudio

El presente trabajo de investigación, analizará las variables operacionales en el proceso mina a planta (*mine to mill*), el cual permitirá generar la mejora de la producción y su consecuente optimización de costos unitarios, en la mina Cobriza de Doe Run Perú SRL en liquidación.

El desarrollo de la presente tesis, implica analizar la producción producida en mina y su relación con lo generado en la etapa de chancado y molienda,

considerando el consumo de energía y tiempo asociado a esta etapa de conminución, durante el periodo enero a diciembre del 2018, analizando los costos unitarios asociados a la etapa mina y planta.

2.8.1. Consideraciones de reservas

Las reservas consideradas durante el periodo 2018 fueron de 9'778,190 toneladas con leyes de Cu@0.97 % y Ag@15.65 gr/ton. El promedio de reservas durante el periodo 2005 al 2017 fue de 15'278,855.38 toneladas con leyes de Cu@01.12 % y Ag@19.08 gr/ton. La disminución de reservas y leyes durante el periodo de estudio, está relacionado a una menor inversión en exploraciones, de acuerdo a la situación contractual que atraviesa la empresa operadora de la mina Cobriza.



**Figura 11. Reservas promedio, periodo 2005 al 2018, Cobriza división
Tomado del Departamento de Geología**

Tabla 10. Resumen de reservas, periodo 2005 al 2018, Cobriza división

RESERVAS MINERALES AL 2018			
COBRIZA DIVISIÓN			
AÑO	TMS	%Cu	Gr. Ag
2005	9,173,780.00	1.34	17.86
2006	10,106,230.00	1.28	16.29
2007	13,279,180.00	1.19	15.38
2008	13,911,170.00	1.23	16.20
2009	16,616,520.00	1.17	16.81
2010	17,709,620.00	1.07	16.58
2011	18,409,690.00	1.01	17.06
2012	20,552,500.00	1.09	22.32
2013	20,822,130.00	1.14	21.72
2014	19,529,120.00	1.08	22.38
2015	19,763,140.00	1.03	21.32
2016	8,327,400.00	1.17	23.30
2017	10,424,640.00	1.00	17.35
2018	9,778,190.00	0.97	15.65

Tomado del Departamento de Geología

2.8.2. Consideraciones de producción

La producción generada durante el periodo 2002 al 2017 fue en promedio anual de 1,950,500 toneladas y producción diaria de 5,344 toneladas por día, con leyes de Cu@0.98 % y Ag@16.13 gr/t.

Durante el periodo 2018, la producción anual fue de 1,455,402 toneladas con leyes de Cu@0.87 % y Ag@21.51 gr/t.

La menor producción generada durante el periodo 2018 y menores leyes, nos permite realizar un análisis de las variables procesadas, que inciden directamente en un menor tonelaje de concentrados de cobre.

El mayor tonelaje producido durante el periodo 2018 comparado con el periodo 2017 generó un incremento en 169 toneladas y una disminución de leyes de cobre en 0.1 %.

Tabla 11. Resumen de producción, periodo 2002 al 2018, Cobriza división

PRODUCCIÓN ANUAL				
COBRIZA DIVISIÓN				
AÑO	TMS (ANUAL)	%Cu	Gr. Ag	TMS (DIA)
2002	1,629,000	1.02	13.27	4,463
2003	1,547,000	1.11	12.79	4,238
2004	1,445,000	1.08	12.94	3,959
2005	1,644,000	1.00	11.86	4,504
2006	1,816,000	1.01	12.43	4,975
2007	1,998,000	1.01	11.75	5,474
2008	2,274,000	0.97	12.76	6,230
2009	1,888,000	1.04	13.26	5,173
2010	2,155,000	0.97	13.77	5,904
2011	2,308,000	0.94	20.62	6,323
2012	2,419,000	0.89	17.71	6,627
2013	2,366,000	0.88	19.24	6,482
2014	2,409,000	0.94	20.70	6,600
2015	2,504,000	0.91	17.16	6,860
2016	1,376,000	1.06	23.55	3,770
2017	1,430,000	0.97	22.88	3,918
2018	1,455,402	0.87	21.51	4,087

Tomado del Departamento de Geología

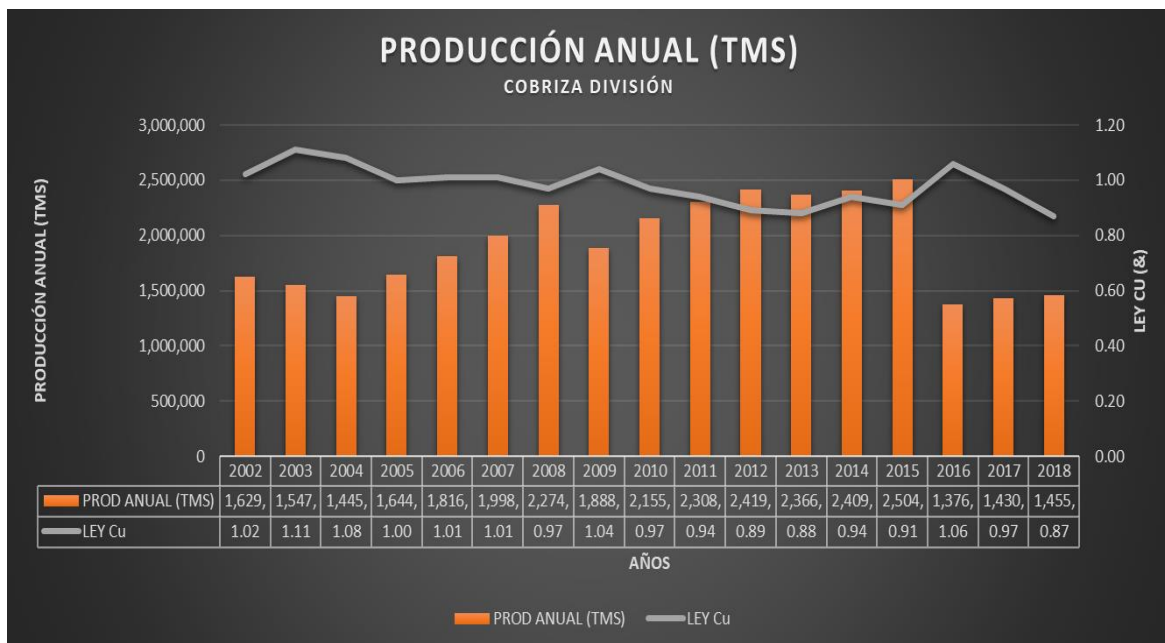


Figura 11. Producción anual, periodo 2002 al 2018
Tomado del Departamento de Planeamiento

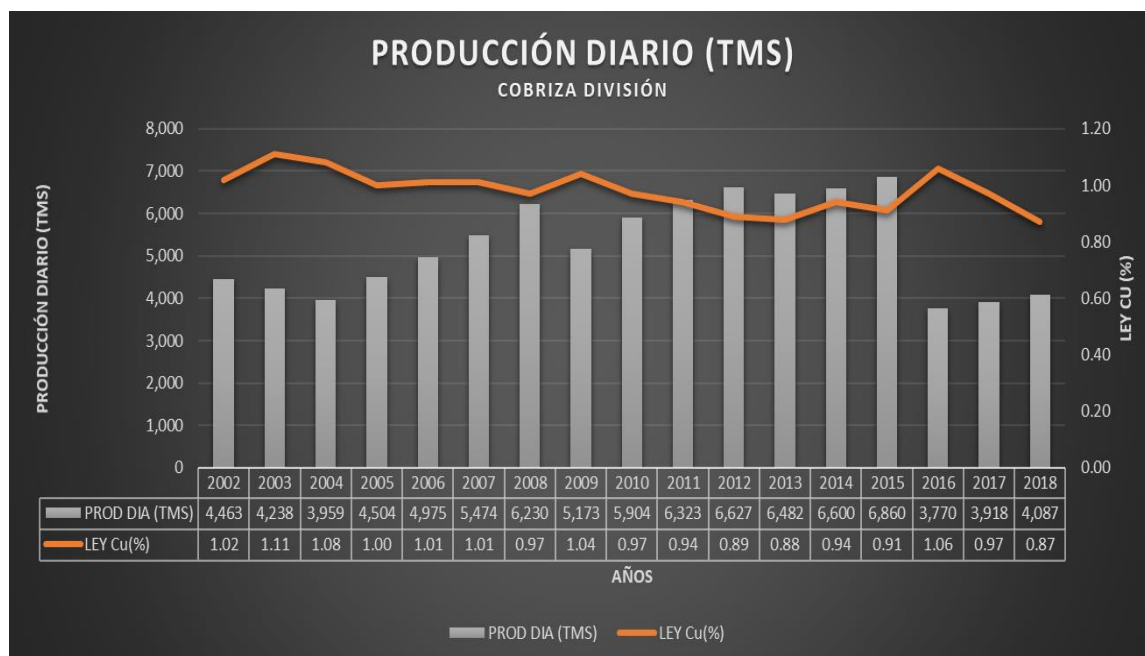


Figura 12. Producción diaria promedio, periodo 2002 al 2018

2.8.1. Consideraciones de procesamiento de mineral en planta

El total de mineral producido durante el periodo 2018 fue de 1,569,500 con una ley media de Cu@0.87 %, siendo el mineral tratado en planta concentradora el total de 1,461,765.00 toneladas con una ley media de Cu@0.86 %.

La disminución de producción de mineral procesado en 107,735 toneladas durante el periodo 2018, afectó directamente a un menor tonelaje de concentrado de Cu con una incidencia directa en los ingresos por venta de concentrado. Considerando un NSR de 51.71 \$/t para el periodo 2018, generó menores ingresos en US \$ 5,570,976.85.

La capacidad de planta instalada es de 9,100 t/día, con una producción mensual de 273,000 t/mes. El menor tonelaje tratado en la etapa de conminución (chancado y molienda), es producto de las paradas por mantenimiento y por la dureza y grado de fragmentación del mineral.

El mineral procesado en planta concentradora durante el periodo 2018, considera un total de 8,338.56 horas operativas considerando un total de 700.80 horas promedio por mes.

Tabla 12. Tonelaje procesado y horas operativa de planta concentradora, periodo 2018, Cobriza división

MES	PRODUCCIÓN MINA	PRODUCCIÓN PLANTA	LEY CABEZA MINA Cu %	LEY CABEZA PLANTA Cu %	PLANTA HRS OPERAT
Enero	133,300	118,413	0.84	0.88	695.84
Febrero	120,400	110,911	0.72	0.89	621.50
Marzo	133,300	127,831	0.84	0.83	716.00
Abril	129,000	137,526	0.88	0.88	729.18
Mayo	133,300	133,057	0.85	0.78	741.76
Junio	129,000	85,267	0.85	0.81	538.78
Julio	133,300	131,477	0.87	0.90	738.00
Agosto	133,300	121,498	0.84	0.79	684.00
Setiembre	129,000	120,072	0.83	0.82	716.00
Octubre	133,300	134,337	0.93	0.88	744.00
Noviembre	129,000	125,010	0.95	0.91	704.50
Diciembre	133,300	116,366	1.00	0.97	709.00
PROMEDIO	130,791.67	121,813.75	0.87	0.86	700.80
TOTAL	1,569,500.00	1,461,765.00			8,338.56

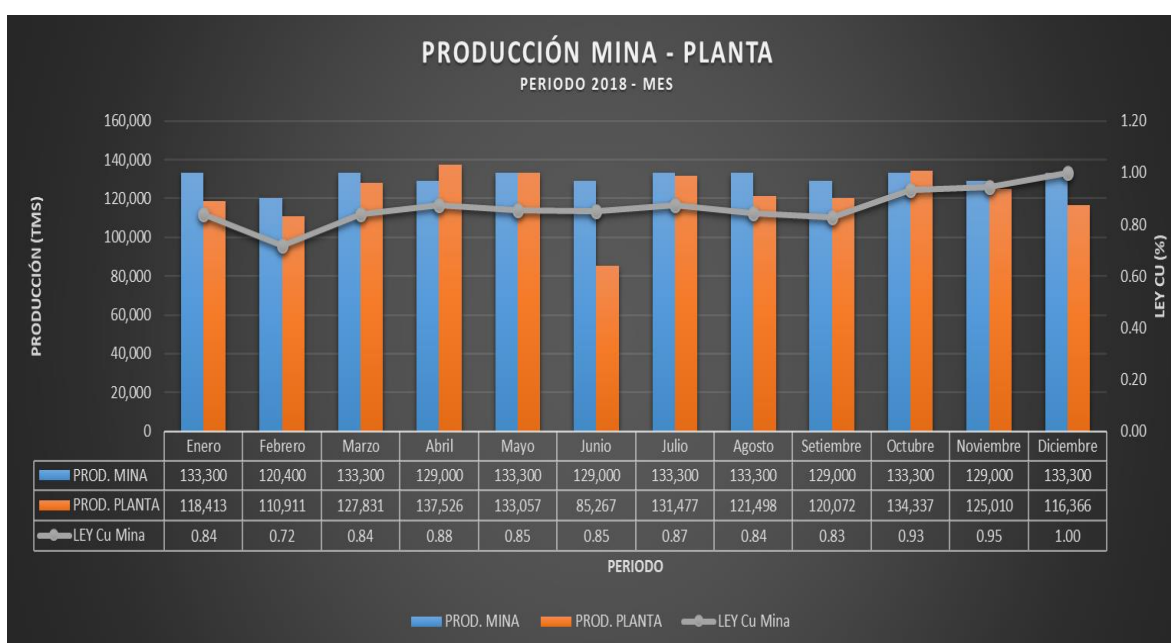


Figura 13. Relación de producción de mina y planta, asociada a la ley de Cu, periodo 2018 Tomado del Departamento de Planeamiento

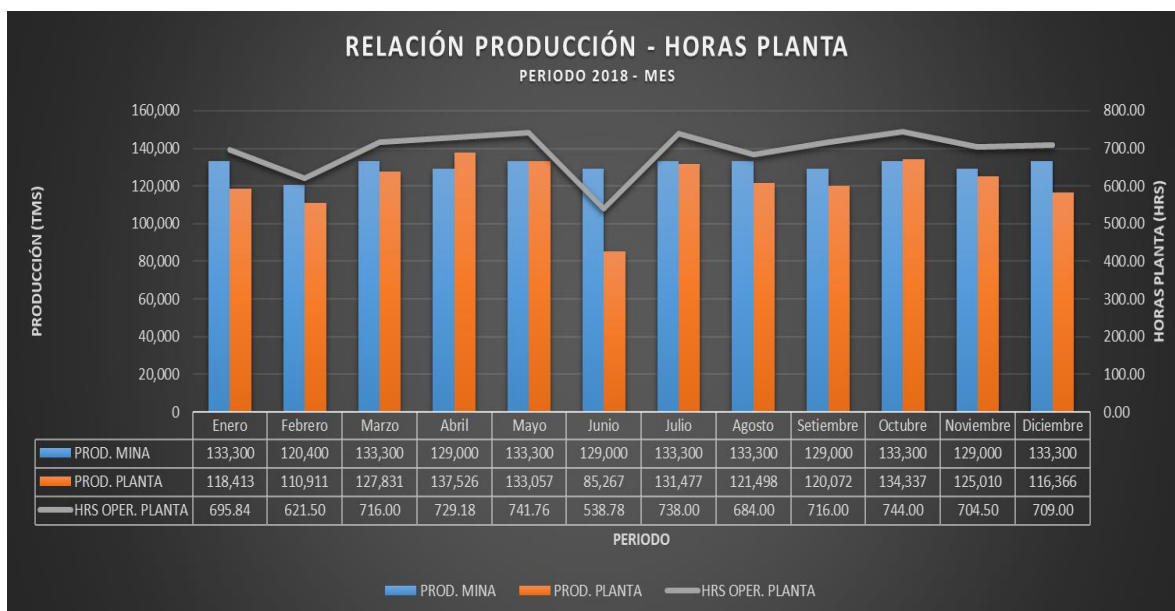


Figura 14. Relación de producción de mina y planta, asociada a las horas operativas en planta, periodo 2018
Tomado del Departamento de Planeamiento

2.8.2. Consideraciones de consumo de energía

El consumo de energía asociado al proceso mina a planta, asociado a las diferentes variables operacionales, incide directamente a los costos operacionales y una baja productividad en el proceso de conminución.

Durante el periodo 2017 se programó un consumo de energía presupuestado fue de 62,955,426.69 kWh y el consumo ejecutado fue de 59,282,971.91 kWh, considerando un ahorro de energía en 3,672,455 kWh, siendo el mes de agosto en mayor consumo en 10,985 kWh

Durante el periodo 2018 se programó un consumo de energía presupuestado fue de 62,159,982.76 kWh y el consumo ejecutado fue de 60,626,498.36 kWh, considerando un ahorro de energía en 1,533,484 kWh, siendo los meses de marzo, abril, mayo, julio y noviembre un mayor consumo de energía con un total de - 903,285 kWh.

El mayor consumo de energía está asociado principalmente al tonelaje de mineral alimentado en la chancadora, la dureza asociada y la granulometría. Esta relación entre el área mina y planta, involucra los diferentes niveles de gestión operacional desde la etapa de voladura hasta la etapa de chancado.

Tabla 13. Tonelaje procesado y horas operativa de planta concentradora, periodo 2018, Cobriza división

CONSUMO DE ENERGIA - COBRIZA DIVISIÓN													
PERIODO 2017													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Ejecutado (Kwh)	5,100,156.20	4,547,609.59	4,534,734.67	4,042,451.95	5,047,795.23	5,086,662.25	5,325,704.39	5,343,275.33	5,148,455.68	5,119,121.92	4,876,366.37	5,110,638.33	59,282,971.91
Presupuestado (Kwh)	5,332,290.24	4,988,271.51	5,332,290.24	5,160,280.88	5,332,290.24	5,160,280.88	5,332,290.24	5,332,290.24	5,160,280.88	5,332,290.24	5,160,280.88	5,332,290.24	62,955,426.69
DIFERENCIA	232,134	440,662	797,556	1,117,829	284,495	73,619	6,586	-10,985	11,825	213,168	283,915	221,652	3,672,455
TOTAL INCREMENTO	Kwh	-10,985											

CONSUMO DE ENERGIA - COBRIZA DIVISIÓN													
PERIODO 2018													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Ejecutado (Kwh)	5,002,305.09	4,429,952.81	5,574,398.66	5,498,166.31	5,428,599.30	4,333,074.17	5,236,470.07	4,888,637.78	4,748,840.36	5,171,062.75	5,131,186.44	5,183,804.63	60,626,498.36
Presupuestado (Kwh)	5,251,510.94	4,941,585.71	5,251,510.94	5,114,455.12	5,269,417.73	5,096,548.32	5,233,604.15	5,269,417.73	5,114,455.12	5,251,510.94	5,096,548.32	5,269,417.73	62,159,982.76
DIFERENCIA	249,206	511,633	-322,888	-383,711	-159,182	763,474	-2,866	380,780	365,615	80,448	-34,638	85,613	1,533,484
TOTAL INCREMENTO	Kwh	-903,285											

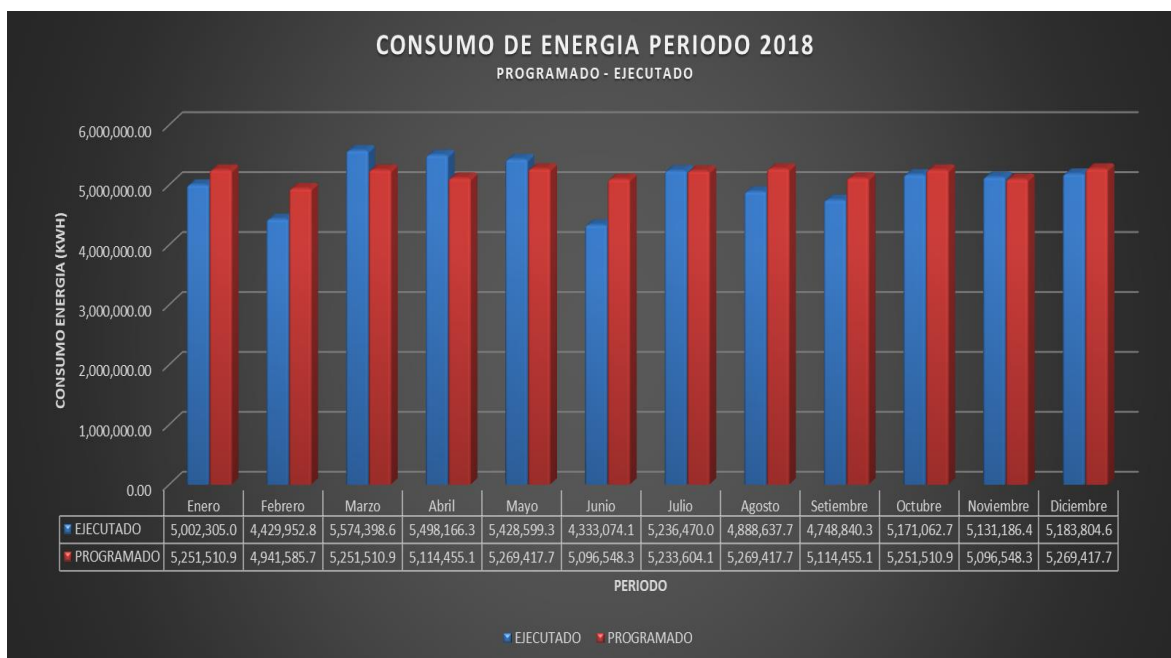


Figura 15. Consumo de energía programado y ejecutado, periodo 2018, Cobriza división Tomado del Departamento de Planeamiento

El consumo de energía por áreas considera mina, planta, compresoras, servicio y viviendas. Los mayores consumos de energía durante el periodo 2018 se genera en el área planta con 37,758,031.34 kWh con una incidencia del 62.28 % y en segundo orden de consumo es el área de mina con 20,841,949.89 kWh con una incidencia del 34.38 % y las otras áreas con un consumo de 2,026,517.13 Kwh con una incidencia del 3.34 %.

Es por tal motivo que la incidencia de consumo de energía estará asociado a las áreas de planta y mina con un total de 58,599,981.23 kWh que representa una incidencia del 96.66% del total de consumo de energía en la División Cobriza.

Es por tal motivo, analizar la incidencia que genera el consumo de energía y asociarlas a las áreas de mina y planta, sobre todo entre el tonelaje producido en mina y el tonelaje chancado en la primera etapa de conminución, considerando el tonelaje programado y el ejecutado, los kilowatts hora (kWh) consumido y el costo asociado a la etapa mina y planta.

Tabla 14. Consumo de energía asociada a las diferentes áreas, periodo 2018, Cobriza división

CONSUMO DE ENERGÍA - POR ÁREAS														
COBRIZA DIVISIÓN - PERIODO 2018														
CONSUMO ENERGÍA POR AREA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	INCIDENCIA(%)
Ejecutado (Kwh)	5,002,305.09	4,429,952.81	5,574,398.66	5,498,166.31	5,428,599.30	4,333,074.17	5,236,470.07	4,888,637.78	4,748,840.36	5,171,062.75	5,131,186.44	5,183,804.63	60,626,498.36	100.00%
PLANTA	3,088,124	2,628,369	3,639,446	3,589,675	3,496,851	2,502,710	3,284,463	2,961,420	2,869,126	3,224,464	3,225,739	3,247,644	37,758,031.34	62.28%
MINA	1,736,762	1,651,742	1,760,899	1,736,818	1,744,470	1,657,649	1,760,964	1,745,512	1,709,728	1,766,546	1,813,435	1,757,426	20,841,949.89	34.38%
COMPRESORAS	9,547	6,264	7,377	7,276	13,514	13,714	16,189	12,062	9,284	13,153	8,851	16,105	133,336.15	0.22%
SERVICIOS	92,978	80,804	90,467	89,230	94,669	86,024	95,564	94,857	91,992	95,247	28,809	91,543	1,032,182.87	1.70%
VIVIENDAS	74,894	62,774	76,209	75,167	79,095	72,978	79,291	74,786	68,711	71,654	54,353	71,087	860,998.11	1.42%

Tabla 15. Resumen de consumo de energía considerando las áreas, mina, planta y otros, periodo 2018, Cobriza división

CONSUMO DE ENERGÍA - POR ÁREAS														
COBRIZA DIVISIÓN - PERIODO 2018														
CONSUMO ENERGÍA POR AREA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	INCIDENCIA(%)
Ejecutado (Kwh)	5,002,305.09	4,429,952.81	5,574,398.66	5,498,166.31	5,428,599.30	4,333,074.17	5,236,470.07	4,888,637.78	4,748,840.36	5,171,062.75	5,131,186.44	5,183,804.63	60,626,498.36	100.00%
PLANTA	3,088,124	2,628,369	3,639,446	3,589,675	3,496,851	2,502,710	3,284,463	2,961,420	2,869,126	3,224,464	3,225,739	3,247,644	37,758,031.34	62.28%
MINA	1,736,762	1,651,742	1,760,899	1,736,818	1,744,470	1,657,649	1,760,964	1,745,512	1,709,728	1,766,546	1,813,435	1,757,426	20,841,949.89	34.38%
OTROS	177,419	149,842	174,053	171,673	187,278	172,716	191,043	181,705	169,987	180,053	92,012	178,735	2,026,517.13	3.34%

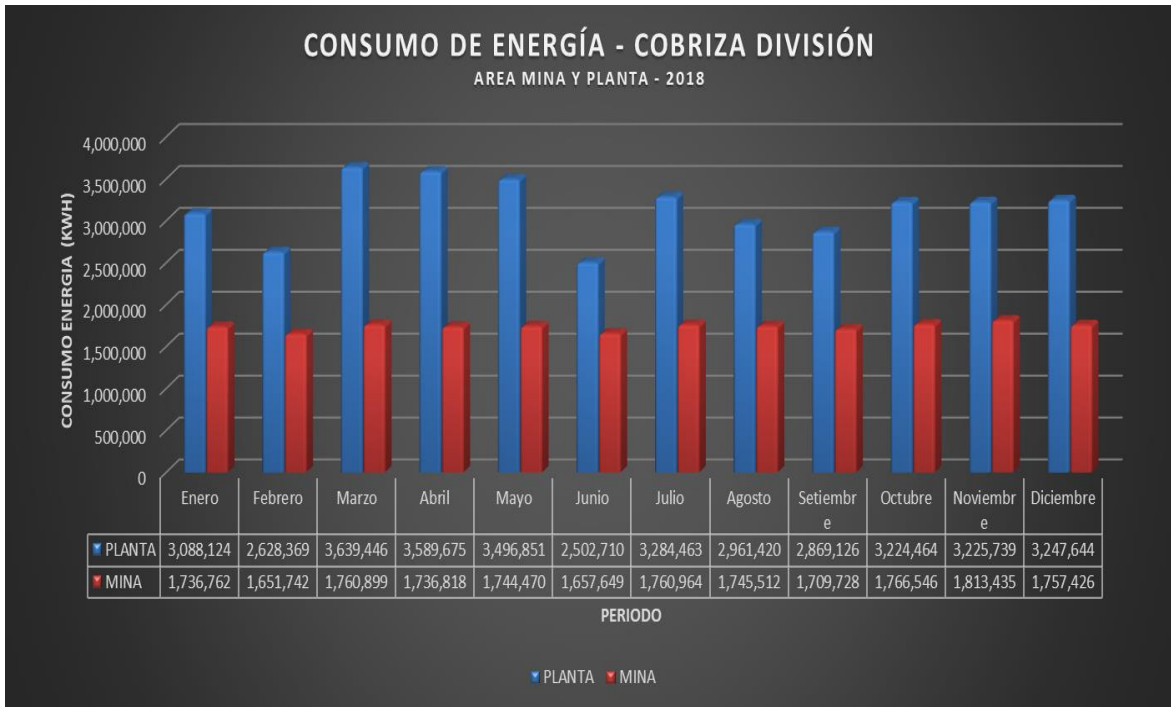


Figura 16. Consumo de energía de las áreas mina y planta, periodo 2018, Cobriza división Tomado del Departamento de Planeamiento

2.8.3. Consideraciones económicas

Las consideraciones económicas de los costos operacionales durante el periodo 2017 y 2018, siendo el costo operacional durante el periodo 2017 de US \$ 50,466,468 y un costo unitario de 35.72 \$/t y durante el periodo 2018 fue de US \$ 58,216,942 y un costo unitario de 39.97 \$/t.

El incremento de costo en US \$ 7,750,474 y el incremento del costo unitario en 4.24 \$/t están asociados a las áreas de mina, planta, mantenimiento, geología, ingeniería y otros, siendo el área de mina, planta y mantenimiento los que generan mayores incrementos.

El área de mina se incrementó de 14.11 a 14.99 \$/t, el área de planta de 8.20 a 8.74 \$/t y el área de mantenimiento de 7.81 a 8.10 \$/t. Estos incrementos operacionales se analizarán para determinar la incidencia bajo el concepto mina a planta (mine to mil).

Tabla 16. Costo de operación periodo 2017 y 2018, Cobriza división

COSTO DE OPERACIÓN					
PERIODO 2017 - 2018					
Area	Real_17	\$/ton	Real_18	\$/ton	DIFERENCIA (\$/ton)
MINA	19,931,859	14.11	21,837,628	14.99	0.88
MTTO	11,031,814	7.81	11,803,653	8.10	0.29
GEO ING	2,012,294	1.42	5,108,917	3.51	2.08
PLANTA	11,581,438	8.20	12,723,492	8.74	0.54
OTROS	5,909,064	4.18	6,743,252	4.63	0.45
TOTAL COSTO UNITARIO	50,466,468	35.72	58,216,942	39.97	4.24



Figura 17. Costo de operación periodo 2017 y 2018, en Cobriza división

El tonelaje asociado al periodo 2017 fue de 1,412,694 t/año, 117,724.50 t/mes y 3,870.39 t/día y durante el periodo 2018 fueron de 1,455,402 t/año, 121,283.50 t/mes y 3,987.40 t/día.

Tabla 17. Costo unitario asociado a los periodos 2017 y 2018, Cobriza división

COSTOS DE OPERACIÓN					
PERIODO 2017 - 2018					
AÑO	TMS/Año	TMS/Mes	TMS/día	COSTO UNITARIO (\$/ton)	INCREM. COSTO (\$)
2017	1,412,694	117,724.50	3,870.39	35.72	4.24
2018	1,455,402	121,283.50	3,987.40	39.97	

El incremento de los costos unitarios, con mayor incidencia, se observa en el área de mina y planta, por lo que es de vital importancia el análisis operacional bajo el concepto mina a planta (mine to mil), considerando el tonelaje producido en mina y el tonelaje procesado en planta, asociándolos al consumo de energía y su incidencia en los ingresos por concepto de venta de concentrados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El presente trabajo de investigación es del tipo aplicado, con un nivel de investigación de tipo explicativo, obteniendo la mejora de la producción en la gestión de las diferentes operaciones unitarias en el proceso mina a planta en Doe Run Perú SRL en liquidación - mina Cobriza 2021. El método a aplicar es cualitativo - cuantitativo, donde iniciamos de casos particulares a generales, donde se interpretará, buscando los resultados que mejoren la producción bajo el concepto mina a planta.

a) Método general

Este método está orientado a analizar los parámetros operacionales mina a planta para mejorar la producción en Doe Run Perú SRL en liquidación - mina Cobriza 2021.

b) Métodos específicos

Se describe el procedimiento de recolectar y procesar la información obtenida, para determinar los diferentes KPIs de las diferentes áreas operativas asociadas a las áreas de mina y planta, donde se considera:

- **Recopilación de informes anteriores.** Se recopiló información de los periodos anteriores de las áreas de mina, planta, geología y metalúrgia, donde se interpretará todas las variables operacionales asociadas al presente estudio.
- **Trabajo de campo.** Se realizará y tomará información de campo, para realizar los comparativos en las diferentes áreas unitarias operativas, con la finalidad de analizar e interpretar bajo el concepto mina a planta.
- **Trabajo de gabinete.** Se realizarán todos los trabajos asociados a interpretar las diferentes variables unitarias operacionales en las áreas de mina y planta.
- **Resultados.** Los parámetros de operación generados como resultado de la mejora del incremento de la producción, control y mejora del consumo de energía en la etapa de conminución (chancado y molienda) y la reducción de costos bajo el concepto mina a planta durante el periodo 2017 y 2018 en Doe Run Perú SRL en Liquidación - Mina Cobriza 2021.

3.1.2. Alcances de la investigación

3.2. Diseño de la investigación

Se realizará el análisis de las variables operacionales bajo el concepto mina a planta en Doe Run Perú SRL en liquidación - mina Cobriza 2021.

3.2.1. Tipo de diseño de investigación

El tipo de diseño de investigación es no experimental. Se realizó durante un tiempo de tres meses, donde se controlará y registrará las diferentes variables operacionales, los cuales se evaluarán a través del tiempo. Durante el estudio no se manipularán ni alterar las variables. Se enfocó en investigar las diferentes variables de gestión operacional bajo el concepto mina y planta, para posteriormente analizar en Doe Run Perú SRL en Liquidación - Mina Cobriza 2021.

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

02 (T1, T2, T3, T4)

GNO: 01 y 02

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Pertenece a la empresa Doe Run Perú SRL en liquidación - mina Cobriza 2021, en las diferentes áreas unitarias de la operación minera.

3.3.2. Muestra

Son los indicadores operacionales del área de mina y planta de la mina Cobriza, periodo 2017 y 2018.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- Recopilación de información de campo
- Recopilación de información bibliográfica
- Manejo de Software Minero

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- Manejo de hojas de cálculo.
- Papers y libros especializados en minería
- Fuentes diversas de internet
- Laptop
- Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En el presente capítulo se analizará las variables operacionales bajo el concepto mina a planta (*mine to mill*), considerando el tonelaje producido en mina y el tonelaje procesado en planta, analizando el consumo de energía asociado a los parámetros post voladura. La capacidad de planta instalada es de 9,100 t/día, considerando una producción mensual de 273,000 t/mes.

4.1.1. Análisis de la producción mina y planta

- **Producción mensual**

La producción anual durante el periodo 2018 fue de 1,569,500.00 toneladas, con una producción mensual promedio de 130,791.67 y el tonelaje procesado fue de 1,461,765.00 toneladas, con un tonelaje procesado mensual promedio de 121,813.75 toneladas.

Generando un déficit entre lo producido y lo procesado en 107,735.00 toneladas procesadas anual y de 8,977.92 toneladas diarias procesadas. El menor tonelaje procesado en la etapa de conminución (chancado y molienda), es producto de las paradas por mantenimiento, por la dureza y el grado de fragmentación del mineral.

Tabla 18. Producción mensual mina y planta periodo 2018, división Cobriza

MES	PRODUCCIÓN MINA - mes	PRODUCCIÓN PLANTA-mes	LEY Cu (%) Mina	LEY CU(%) Planta	PLANTA HRS OPERAT-MES	PLANTA HRS OPERAT-DIA
Enero	133,300	118,413	0.84	0.88	695.84	22.45
Febrero	120,400	110,911	0.72	0.89	621.50	22.20
Marzo	133,300	127,831	0.84	0.83	716.00	23.10
Abril	129,000	137,526	0.88	0.88	708.18	23.61
Mayo	133,300	133,057	0.85	0.78	728.76	23.51
Junio	129,000	85,267	0.85	0.81	464.78	22.13
Julio	133,300	131,477	0.87	0.90	738.00	23.81
Agosto	133,300	121,498	0.84	0.79	684.00	22.06
Setiembre	129,000	120,072	0.83	0.82	716.00	23.87
Octubre	133,300	134,337	0.93	0.88	744.00	24.00
Noviembre	129,000	125,010	0.95	0.91	689.50	22.98
Diciembre	133,300	116,366	1.00	0.97	703.00	22.68
PROMEDIO	130,791.67	121,813.75	0.87	0.86	691.56	23.09

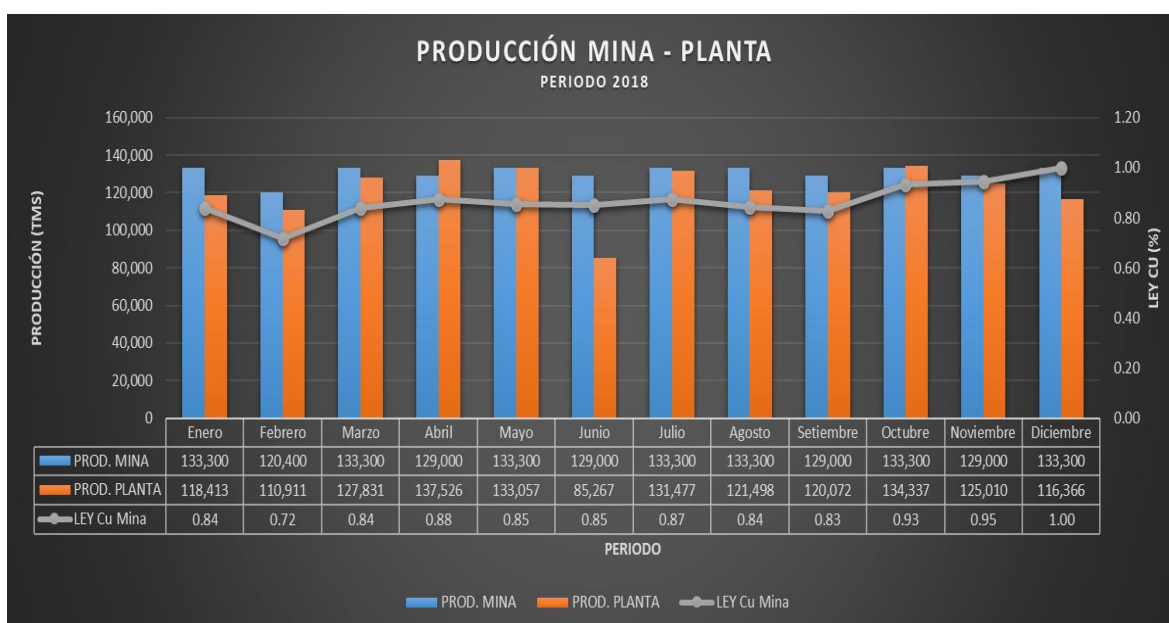


Figura 18. Relación producción mina, planta y ley Cu periodo 2018, en división Cobriza

Las horas planta mensual durante el periodo 2018 fueron de 8,209.56 horas operativas anual, considerando un promedio mensual de 691.56 horas y un promedio diario de 23.09 horas diarias.

Las horas operativas en planta está asociado directamente a las paradas por mantenimiento, por la dureza del mineral y el grado de fragmentación, los cuales inciden directamente en el mineral procesado en la etapa de conminución (chancado y molienda).

Durante el mes de junio hubo un descenso de las horas operativas de planta, por un menor tratamiento de mineral, considerando 464.78 horas y afectando la productividad en planta, con una producción de 85,267 toneladas.

Hay que considerar que el problema radicó en el mineral procesado en planta y no el tonelaje producido en mina que estuvo en la media mensual con una producción de 129,000 toneladas.

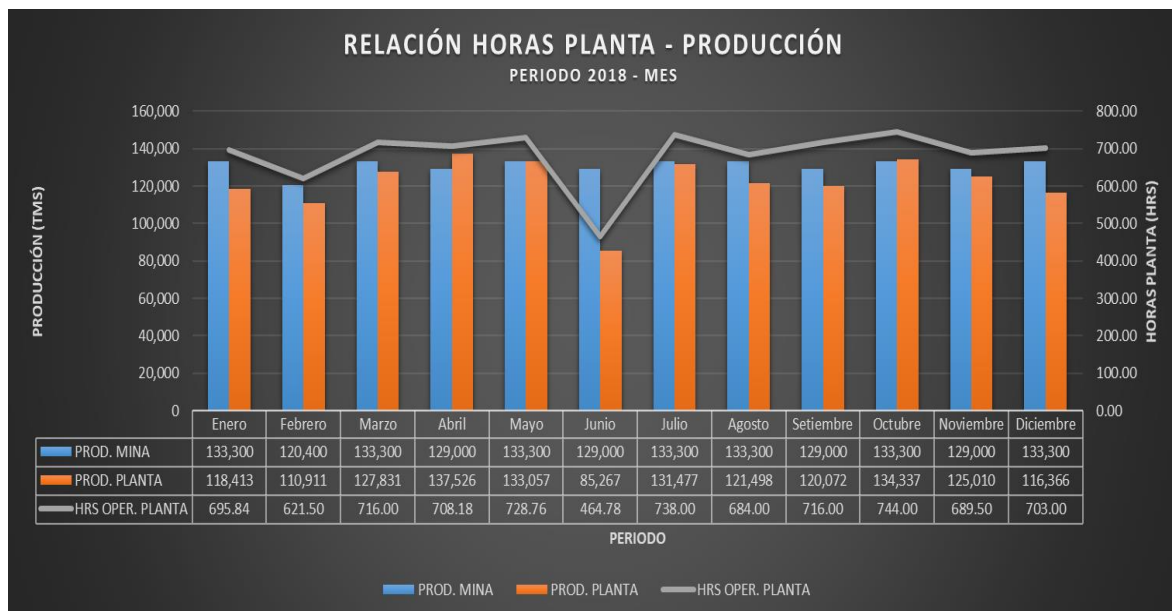


Figura 19. Relación horas planta y producción mina, planta periodo 2018, en división Cobriza

Las leyes de Cu en mina y planta fueron de 0.87 y 0.86 % respectivamente, esta disminución en las leyes del mineral procesado incidirá directamente en la cantidad de concentrados a obtener, disminuyendo los ingresos afectando la productividad en mina y planta.

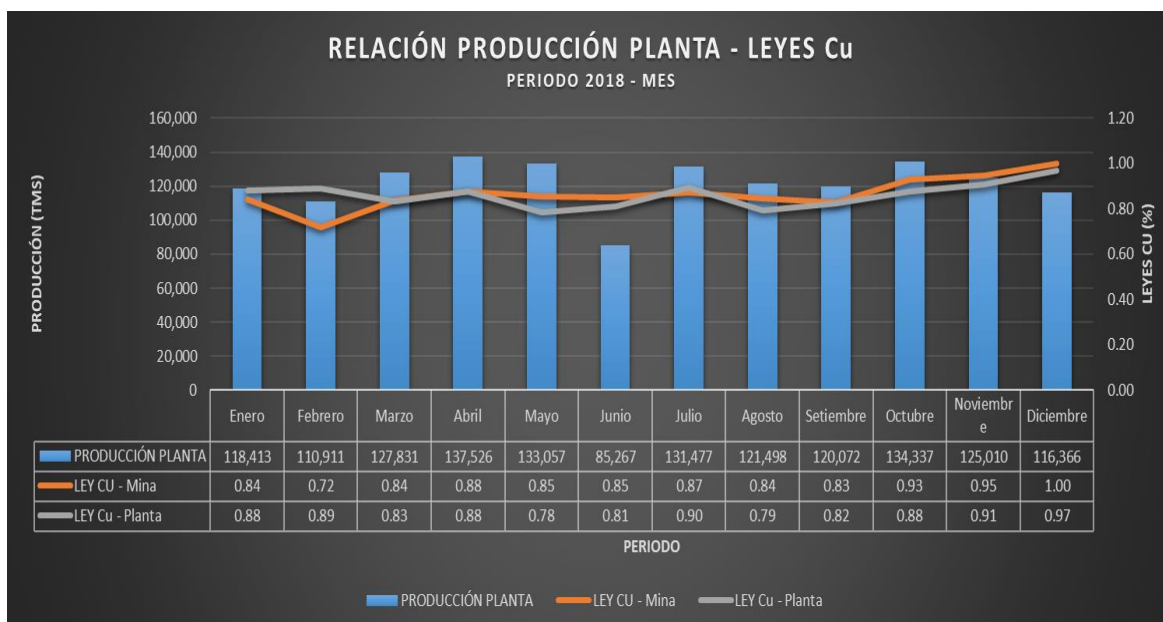


Figura 20. Relación producción planta y leyes de cobre periodo 2018, en división Cobriza

- **Producción diaria:**

La producción diaria considerada durante el periodo 2018 fue de 4,300 t/día y la producción procesada en planta fue de 4,003.34 t/día. Las horas operativas diarias promedio en planta fue de 23.08 horas/día, considerando una ley de Cu@0.87 % de mina y una ley de Cu@0.86 % en planta.

El menor tonelaje procesado diario fue de 296.66 toneladas, este menor tonelaje y la disminución de la ley de Cu en 0.01 %, influye directamente en la productividad de mina y planta.

El periodo que generó menor tonelaje procesado fue durante el mes de junio con una producción de 2,842.23 toneladas diarias y una ley media de Cu@0.81 % y 22.13 horas operativas de planta.

Estos indicadores asociados al tonelaje producido en mina y planta, considerando una disminución de la ley de Cu, afectaron directamente al proceso mina a planta (*mine to mill*).

Tabla 19. Producción diaria mina y planta periodo 2018, división Cobriza

MES	PRODUCCIÓN DIA		LEY Cu (%)		PLANTA Hrs. Oper. Día	DIFERENCIA Ley Cu (%)
	Mina	Planta	Mina	Planta		
Enero	4,300.00	3,819.77	0.84	0.88	22.45	-0.040
Febrero	4,300.00	3,961.11	0.72	0.89	22.20	-0.172
Marzo	4,300.00	4,123.58	0.84	0.83	23.10	0.005
Abril	4,300.00	4,584.20	0.88	0.88	23.61	0.000
Mayo	4,300.00	4,292.16	0.85	0.78	23.51	0.071
Junio	4,300.00	2,842.23	0.85	0.81	22.13	0.039
Julio	4,300.00	4,241.19	0.87	0.90	23.81	-0.022
Agosto	4,300.00	3,919.29	0.84	0.79	22.06	0.051
Setiembre	4,300.00	4,002.40	0.83	0.82	23.87	0.005
Octubre	4,300.00	4,333.45	0.93	0.88	24.00	0.056
Noviembre	4,300.00	4,167.00	0.95	0.91	22.98	0.037
Diciembre	4,300.00	3,753.74	1.00	0.97	22.68	0.030
PROMEDIO	4,300.00	4,003.34	0.87	0.86	23.08	0.01

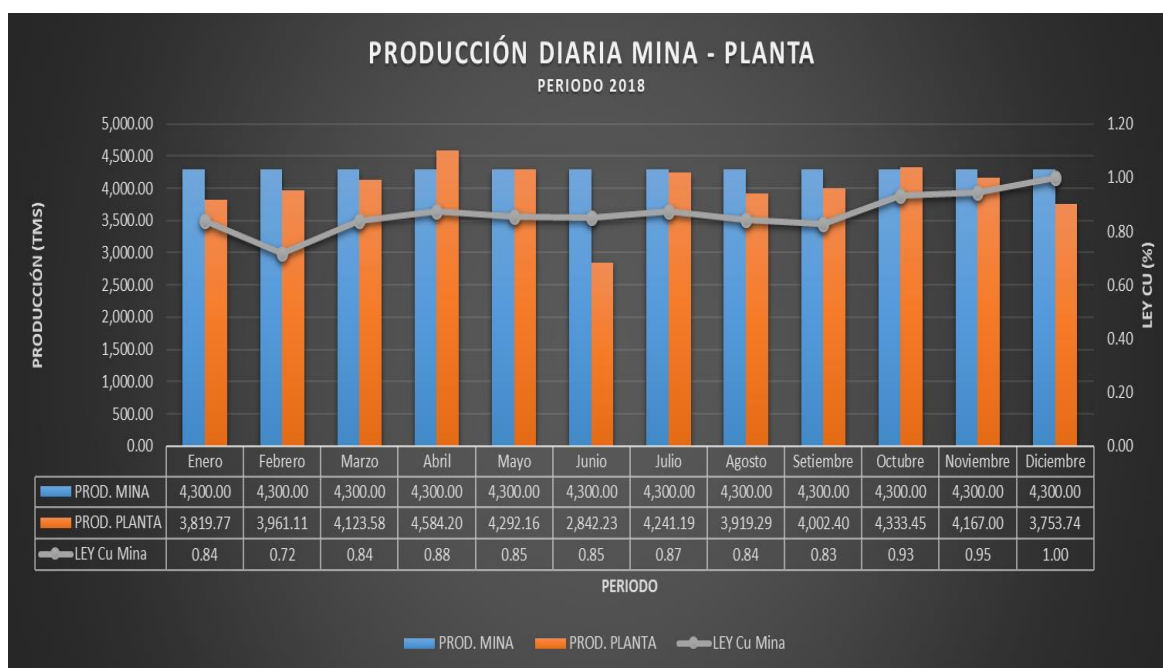


Figura 21. Relación producción diaria mina, planta y leyes de cobre periodo 2018, en división Cobriza

Las menores horas operativas en planta, se considera durante el mes de junio considerando un tonelaje procesado de 2,842.23 toneladas y 22.13 horas operativas de planta.

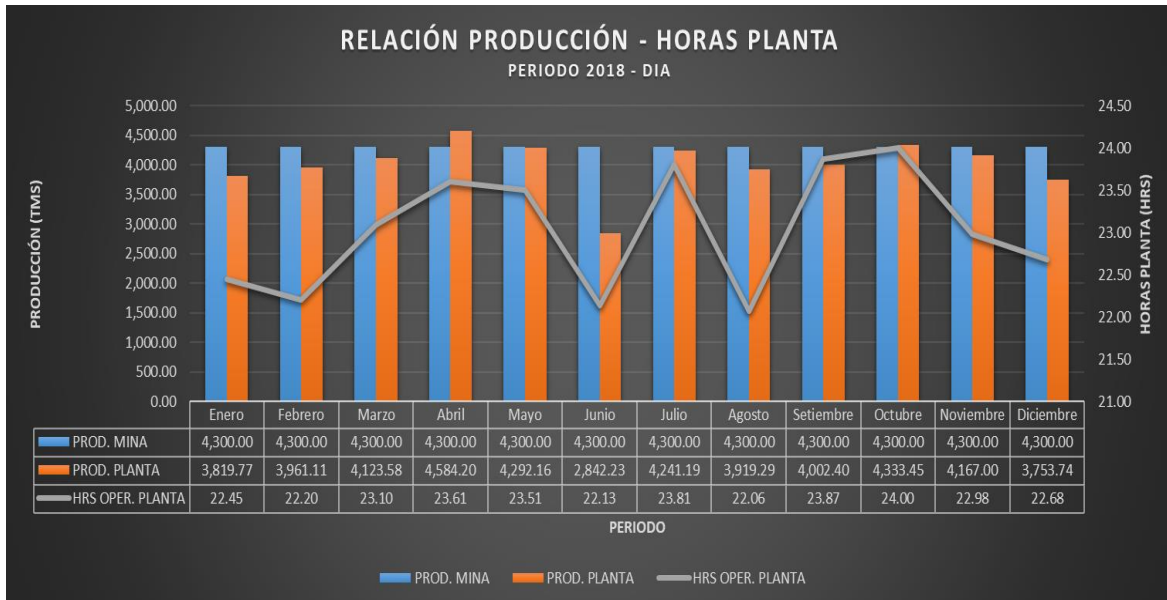


Figura 22. Relación producción diaria mina, planta y horas operativas periodo 2018, en división Cobriza

En cuanto a la conciliación de leyes de Cu entre mina y planta, hubo un déficit de 0.01 % de Cu, siendo los meses de mayo y agosto con una diferencia marcada de leyes entre 0.78 y 0.79 % Cu en planta, siendo las leyes de mina en 0.85 y 0.84 % respectivamente.

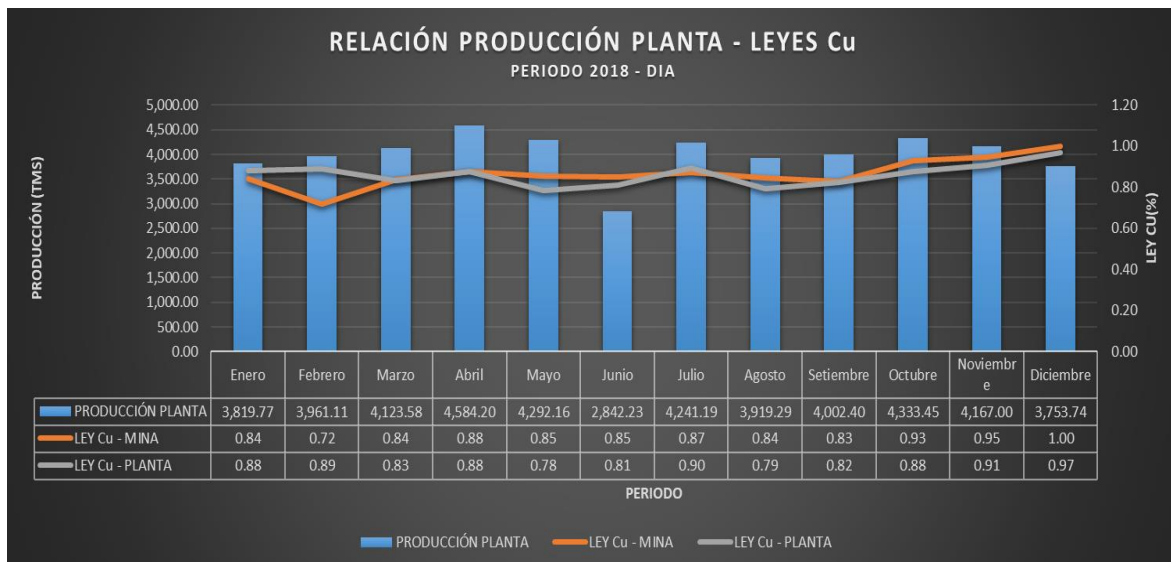


Figura 23. Relación producción diaria mina, planta y leyes de Cu periodo 2018, en división Cobriza

4.1.1. Análisis del consumo de energía

El consumo de energía asociado al proceso mina a planta (*mine to mill*) asociado a las diferentes variables operacionales incide directamente a la estructura de costos operacionales y genera una disminución de la productividad en la etapa de chancado y molienda.

Durante el periodo 2018, se programó un consumo de energía presupuestada de 62,159,982.76 kWh, siendo el consumo ejecutado fue de 60,626,498.36 kWh, considerando un ahorro de energía en 1,533,484 kWh. Los meses que generaron mayor consumo de energía a lo programado fue durante los meses marzo, abril, mayo, julio y noviembre con un excedente de 903,285 kWh.

El concepto mina a planta (*mine to mill*) está relacionado al consumo de energía producto del mineral procesado en la etapa de chancado y molienda, siendo esta área el de mayor sensibilidad, considerando la dureza y el grado de fragmentación producto de la voladura.

Las áreas operativas que se considera en el consumo de energía son: el área de mina con 20,841,949.89 kWh, el área de planta con 37,758,031.34 kWh, el área de compresoras con 133,336.15 kWh, el área de servicios con 1,032,182.87 kWh y el área de vivienda con 860,998.11 kWh.

El área que genera mayor consumo de energía en la división Cobriza, es el área de planta con una incidencia del 62.28 %, luego el área de mina con una incidencia del 34.38% y el resto de las áreas con el 3.34 %.

Es por tal motivo, que es importante la sincronización entre el mineral que envía mina a planta, considerando sus características de dureza, grado de fragmentación y su mineralogía, para un mejor control en los costos operacionales.

Tabla 20. Consumo de energía por áreas periodo 2018, división Cobriza

CONSUMO DE ENERGÍA - POR ÁREAS														
COBRIZA DIVISIÓN - PERIODO 2018														
CONSUMO ENERGÍA POR AREA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	INCIDENCIA(%)
Ejecutado (Kwh)	5,002,305.09	4,429,952.81	5,574,398.66	5,498,166.31	5,428,599.30	4,333,074.17	5,236,470.07	4,888,637.78	4,748,840.36	5,171,062.75	5,131,186.44	5,183,804.63	60,626,498.36	100.00%
PLANTA	3,088,124	2,628,369	3,639,446	3,589,675	3,496,851	2,502,710	3,284,463	2,961,420	2,869,126	3,224,464	3,225,739	3,247,644	37,758,031.34	62.28%
MINA	1,736,762	1,651,742	1,760,899	1,736,818	1,744,470	1,657,649	1,760,964	1,745,512	1,709,728	1,766,546	1,813,435	1,757,426	20,841,949.89	34.38%
COMPRESORAS	9,547	6,264	7,377	7,276	13,514	13,714	16,189	12,062	9,284	13,153	8,851	16,105	133,336.15	0.22%
SERVICIOS	92,978	80,804	90,467	89,230	94,669	86,024	95,564	94,857	91,992	95,247	28,809	91,543	1,032,182.87	1.70%
VIVIENDAS	74,894	62,774	76,209	75,167	79,095	72,978	79,291	74,786	68,711	71,654	54,353	71,087	860,998.11	1.42%

CONSUMO DE ENERGÍA - POR ÁREAS														
COBRIZA DIVISIÓN - PERIODO 2018														
CONSUMO ENERGÍA POR AREA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	INCIDENCIA(%)
Ejecutado (Kwh)	5,002,305.09	4,429,952.81	5,574,398.66	5,498,166.31	5,428,599.30	4,333,074.17	5,236,470.07	4,888,637.78	4,748,840.36	5,171,062.75	5,131,186.44	5,183,804.63	60,626,498.36	100.00%
PLANTA	3,088,124	2,628,369	3,639,446	3,589,675	3,496,851	2,502,710	3,284,463	2,961,420	2,869,126	3,224,464	3,225,739	3,247,644	37,758,031.34	62.28%
MINA	1,736,762	1,651,742	1,760,899	1,736,818	1,744,470	1,657,649	1,760,964	1,745,512	1,709,728	1,766,546	1,813,435	1,757,426	20,841,949.89	34.38%
OTROS	177,419	149,842	174,053	171,673	187,278	172,716	191,043	181,705	169,987	180,053	92,012	178,735	2,026,517.13	3.34%

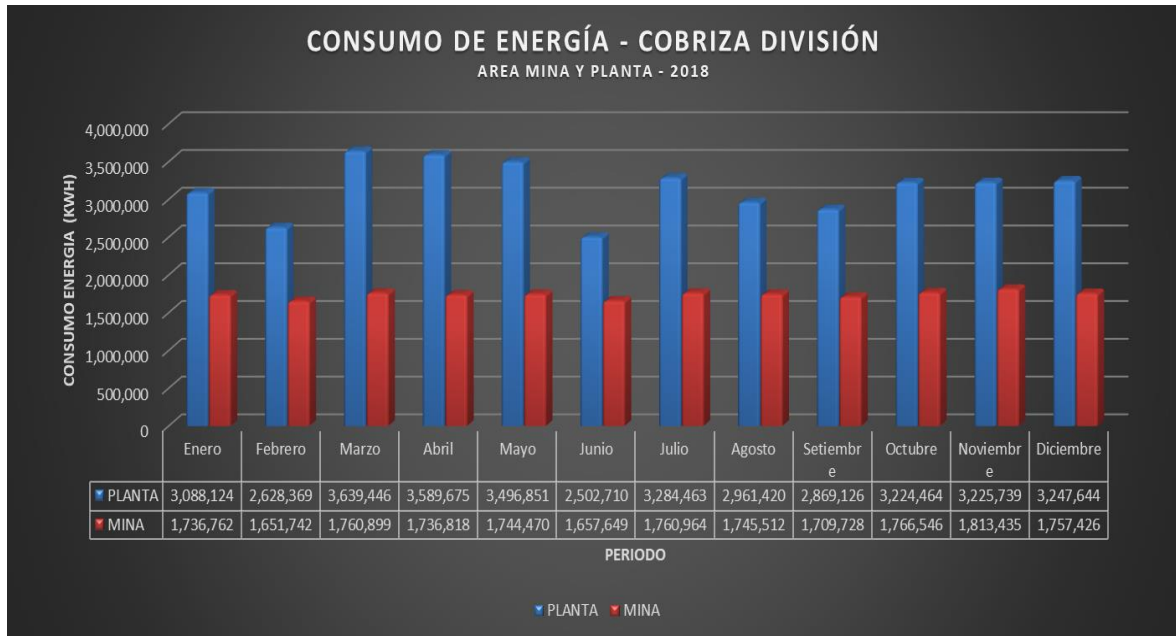


Figura 24. Consumo de energía áreas mina y planta periodo 2018, en división Cobriza

- **Consumo energía planta:**

El análisis de consumo de energía en planta durante el periodo 2018, considera las áreas de chancado, molienda, flotación, bombas de agua y talleres y planta de relaves.

El área de chancado consumió un total de 3,251,726.79 kWh con una incidencia del 7.82 %, el área de área de molienda consumió un total de 17,985,310.36 kWh con una incidencia del 47.70 %, el área de flotación consumió un total de 13,417,244.98 kWh con una incidencia del 36.21 %, el área de bombas de agua y talleres con un consumo de 1,142,165.70 kWh con una incidencia del 3 % y el área de planta de relaves consumió un total de 1,961,583.51 kWh con una incidencia del 5.28 %.

Las áreas que generan mayor consumo de energía están asociadas a las etapas de conminución (chancado y molienda) con un total de 21,237,037.15 kWh con una incidencia del 55.51 %.

Es por tal motivo el concepto mina a planta (mine to mill) donde relaciona los parámetros de granulometría, dureza, mineralogía, etc. a los procesos de chancado y molienda, asociando al consumo de energía.

Tabla 21. Consumo de energía en el área de planta periodo 2018, división Cobriza

CONSUMO DE ENERGÍA - AREA PLANTA														
COBRIZA DIVISIÓN - PERIODO 2018														
CONSUMO ENERGIA - PLANTA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	INCIDENCIA(%)
Ejecutado Panta (Kwh)	3,088,123.94	2,628,369.17	3,639,446.48	3,589,675.45	3,496,850.93	2,502,709.57	3,284,463.10	2,961,420.38	2,869,125.70	3,224,463.90	3,225,739.11	3,247,643.60	37,758,031.34	100.00%
Chancado	274,822	240,461	300,075	295,972	311,815	211,339	292,474	265,358	256,927	280,104	268,463	253,917	3,251,726.79	7.82%
Flotación	1,035,620	859,635	1,429,341	1,409,794	1,299,561	901,621	1,115,463	1,003,336	962,240	1,071,897	1,152,805	1,175,930	13,417,244.98	36.21%
Molinos	1,513,658	1,293,052	1,615,359	1,593,269	1,618,230	1,162,802	1,588,521	1,421,977	1,408,521	1,652,391	1,568,519	1,549,013	17,985,310.36	47.70%
Bombas de Agua y Talleres	98,438	96,406	102,397	100,996	110,390	93,173	96,882	102,833	99,509	71,975	71,848	97,320	1,142,165.70	3.00%
Planta de Relaves	165,586	138,815	192,274	189,644	156,856	133,775	191,122	167,916	141,928	148,098	164,104	171,464	1,961,583.51	5.28%

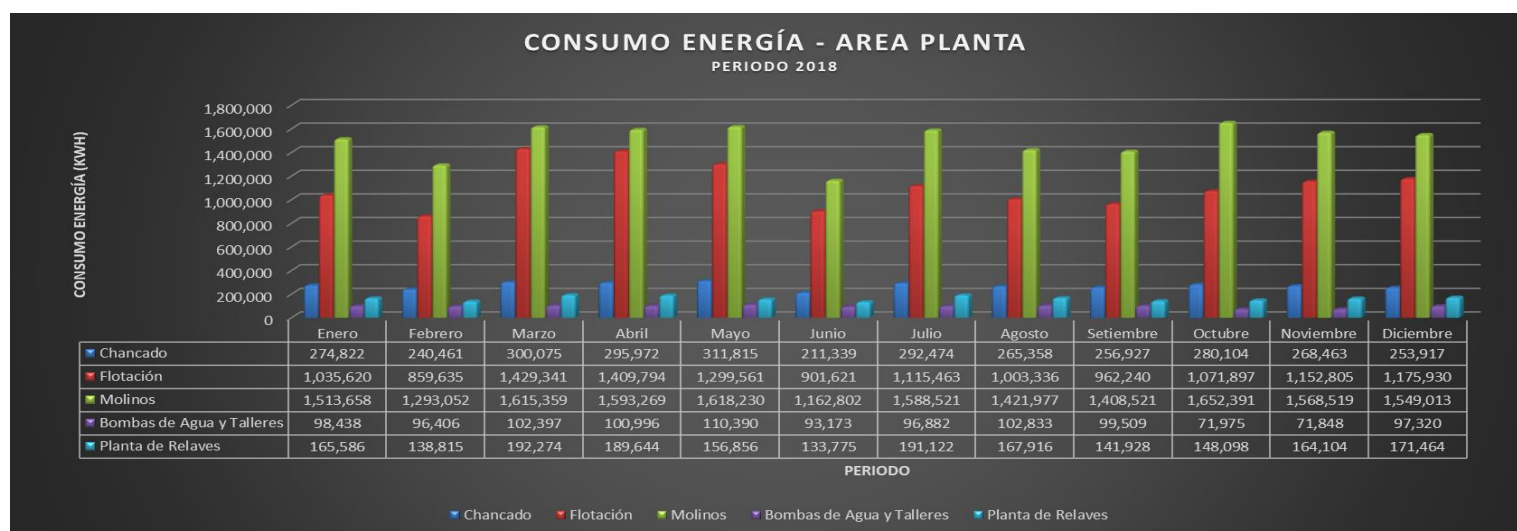


Figura 25. Consumo de energía área planta periodo 2018, en división Cobriza

- **Consumo energía mina:**

El análisis de consumo de energía en mina durante el periodo 2018 considera las áreas de: Izaje - Casa Wincha, Tracción - Locomotora Nyk, Perforación - Zona I, Perforación - Zona II, Perforación - Zona III, Agua Industrial y Doméstica, Relleno Hidráulico Zona III y Ventilación.

El área de Izaje – Casa Wincha consumió un total de 1,951,271.22 kWh con una incidencia del 9.36 %, el área de Tracción - Locomotora Nyk consumió un total de 1,393,283.69 kWh con una incidencia del 6.68 %, el área de Perforación - Zona I consumió un total de 643,242.13 kWh con una incidencia del 3.09 %, el área de Perforación - Zona II consumió un total de 1,286,474.91 kWh con una incidencia del 6.17 % kWh, el área de Perforación - Zona III consumió un total de 1,286,474.91 kWh con una incidencia del 6.17 %, el área de Agua Industrial y Doméstica consumió un total de 576,200.71 kWh con una incidencia del 2.76 %, el área de Relleno Hidráulico Zona III consumió un total de 996,296.50 kWh con una incidencia del 4.78% y el área de Ventilación consumió un total de 12,708,705.83 kWh con una incidencia del 60.98 %.

El total de consumo de energía en el área de perforación durante el periodo 2018 fue de 3,216,191.95 kWh con una incidencia del 15.43 %, siendo el área de ventilación el de mayor consumo con 12,708,705.83 kWh con una incidencia del 60.98 %.

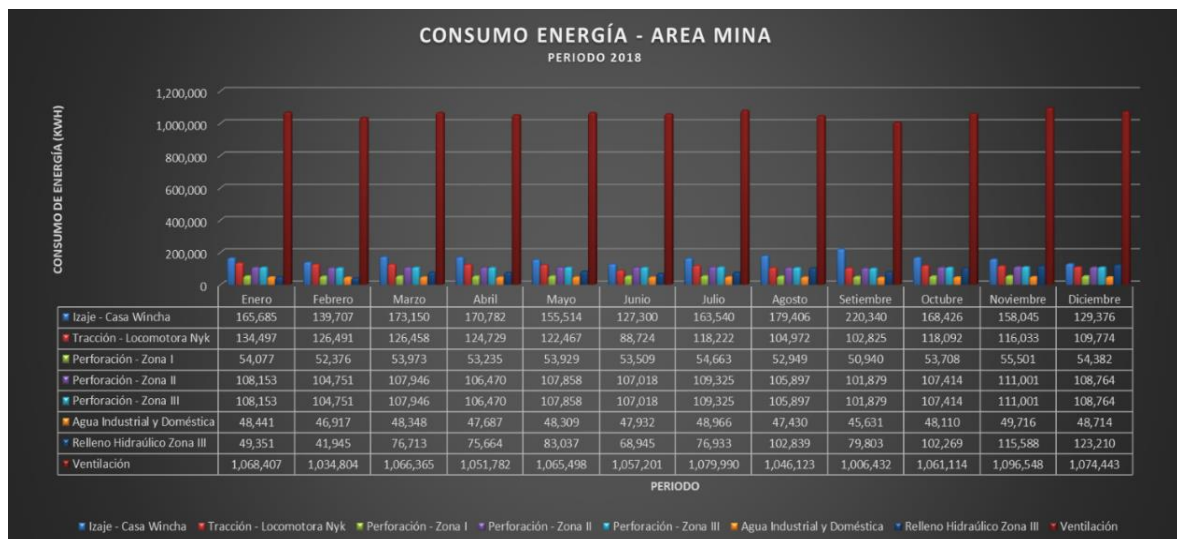


Figura 26. Consumo de energía área mina periodo 2018, en división Cobriza

Tabla 22. Consumo de energía en el área de mina periodo 2018, división Cobriza

CONSUMO DE ENERGÍA - AREA MINA														
COBRIZA DIVISIÓN - PERIODO 2018														
CONSUMO ENERGIA - PLANTA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	INCIDENCIA(%)
Ejecutado Panta (Kwh)	1,736,762.25	1,651,741.81	1,760,898.75	1,736,817.68	1,744,470.15	1,657,648.85	1,760,963.98	1,745,512.13	1,709,728.12	1,766,545.54	1,813,434.87	1,757,425.76	20,841,949.89	100.00%
Izaje - Casa Wincha	165,685	139,707	173,150	170,782	155,514	127,300	163,540	179,406	220,340	168,426	158,045	129,376	1,951,271.22	9.36%
Tracción - Locomotora Nyk	134,497	126,491	126,458	124,729	122,467	88,724	118,222	104,972	102,825	118,092	116,033	109,774	1,393,283.69	6.68%
Perforación - Zona I	54,077	52,376	53,973	53,235	53,929	53,509	54,663	52,949	50,940	53,708	55,501	54,382	643,242.13	3.09%
Perforación - Zona II	108,153	104,751	107,946	106,470	107,858	107,018	109,325	105,897	101,879	107,414	111,001	108,764	1,286,474.91	6.17%
Perforación - Zona III	108,153	104,751	107,946	106,470	107,858	107,018	109,325	105,897	101,879	107,414	111,001	108,764	1,286,474.91	6.17%
Agua Industrial y Doméstica	48,441	46,917	48,348	47,687	48,309	47,932	48,966	47,430	45,631	48,110	49,716	48,714	576,200.71	2.76%
Relleno Hidráulico Zona III	49,351	41,945	76,713	75,664	83,037	68,945	76,933	102,839	79,803	102,269	115,588	123,210	996,296.50	4.78%
Ventilación	1,068,407	1,034,804	1,066,365	1,051,782	1,065,498	1,057,201	1,079,990	1,046,123	1,006,432	1,061,114	1,096,548	1,074,443	12,708,705.83	60.98%

4.1.1. Análisis económico area mina y planta

El análisis económico de las áreas de mina y planta durante el periodo 2018 considera las diferentes actividades presentes en cada una de ellas.

El análisis económico de los costos operacionales durante el periodo 2017 fueron de US \$ 50,466,468, con un costo unitario de 35.72 \$/t y durante el periodo 2018 fue de US \$ 58,216,942 y un costo unitario de 39.97 \$/t.

El incremento de costo entre el periodo 2017 a 2018 fue de US \$ 7,750,474 y un costo unitario de 4.24 \$/t, estos costos están asociados a las áreas de mina, planta, mantenimiento, geología, ingeniería y otros, siendo el área de mina, planta y mantenimiento los que generan mayores incrementos.

- **Análisis económico área de mina:**

El área de mina considera las siguientes actividades: Distribución Energía, Extracción, Relleno, Sostenimiento, Transporte Mineral, Voladura, Otros, Perforación, Ventilación, Preparación, Administración Mina, Planeamiento y Agua de Mina.

El costo total considerado en el área de mina durante el periodo de análisis del 2018 fue de US \$ 21,837,628.00 siendo el detalle: el área de Distribución Energía considera un costo total de US \$ 1,719,342 y un costo unitario de 1.18 \$/t, el área de Extracción considera un costo total de US \$ 6,941,611 y un costo unitario de 4.77 \$/t, el área de Relleno considera un costo total de US \$ 1,475,799 y un costo unitario de 1.01 \$/t, el área de Sostenimiento considera un costo total US \$ 3,642,474 y un costo unitario de 2.50 \$/t, el área de Transporte Mineral considera un costo total de US \$ 495,713 y un costo unitario de 0.34 \$/t, el área de Voladura considera un costo total de US \$ 1,649,808 y un costo unitario de 1.13 \$/t, Otros considera un costo total de US \$ 129,404 y un costo unitario de 0.09 \$/t, el área de Perforación considera un costo total de US \$ 2,008,055 y un costo unitario de 1.38 \$/t, el área de Ventilación considera un costo total de US \$ 634,889 y un costo unitario de 0.44 \$/t, el área de Preparación considera un costo total de

US \$ 1,604,964 y un costo unitario de 1.10 \$/t, el área de Administración Mina considera un costo total de US \$ 1,036,749 y un costo unitario de 0.71 \$/t, el área de Planeamiento considera un costo total de US \$ 318,618 y un costo unitario de 0.22 \$/t y Agua de Mina considera un costo total de US \$ 180,203 y un costo unitario de 0.12 \$/t.

Tabla 23. Costo unitario área mina, periodo 2018, división Cobriza

COSTO UNITARIO - AREA MINA						
PERIODO 2017 - 2018						
Area	Detalle	Real_17 (\$)	\$/ton	Real_18 (\$)	\$/ton	Diferencia (\$/ton)
MINA	Distribucion Energia	1,645,730	1.16	1,719,342	1.18	0.02
	Extraccion	6,100,539	4.32	6,941,611	4.77	0.45
	Relleno	2,261,770	1.60	1,475,799	1.01	-0.59
	Sostenimiento	3,346,684	2.37	3,642,474	2.50	0.13
	Transporte Mineral	495,228	0.35	495,713	0.34	-0.01
	Voladura	1,662,888	1.18	1,649,808	1.13	-0.04
	Otros	35,602	0.03	129,404	0.09	0.06
	Perforacion	1,590,791	1.13	2,008,055	1.38	0.25
	Ventilacion	186,068	0.13	634,889	0.44	0.30
	Preparacion	1,135,929	0.80	1,604,964	1.10	0.30
	Administracion Mina	1,032,492	0.73	1,036,749	0.71	-0.02
	Planeamiento	248,437	0.18	318,618	0.22	0.04
	Agua de Mina	189,702	0.13	180,203	0.12	-0.01
TOTAL MINA		19,931,859	14.11	21,837,628	14.99	0.88

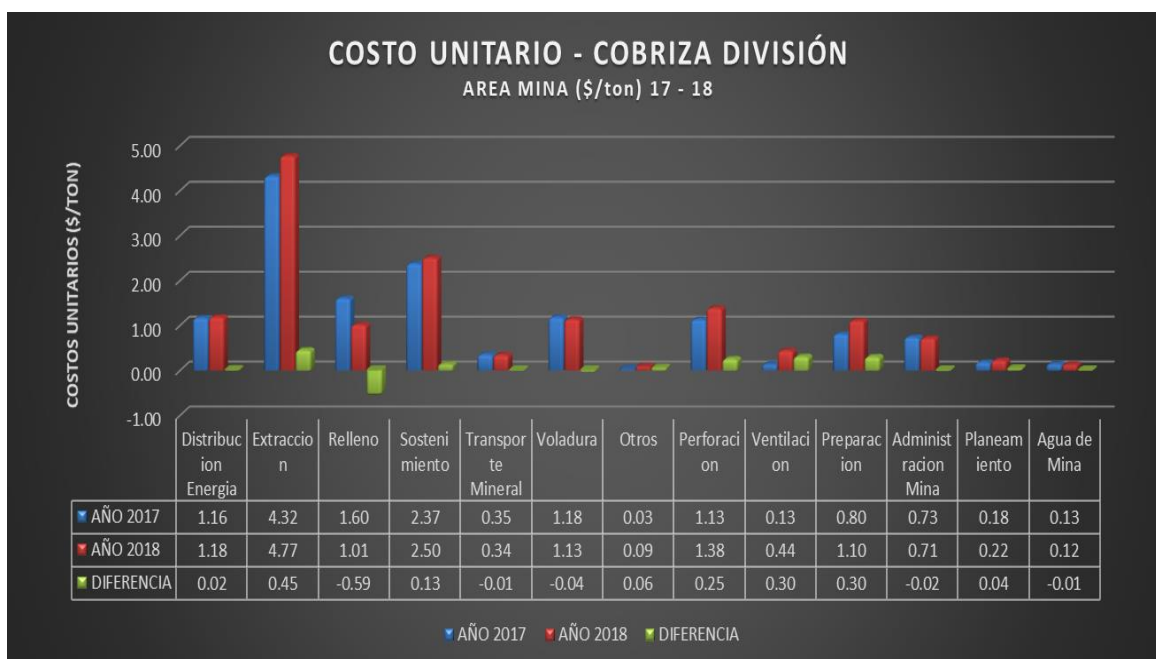


Figura 27. Costo unitario, área mina periodo 2018, en división Cobriza

Las áreas unitarias, asociadas al concepto mina a planta (*mine to mill*) en el área mina considera las actividades: perforación, voladura y transporte de mineral considera un costo total de US \$ 4,153,576 y un costo unitario de 2.85 \$/t durante el periodo 2018.

Asimismo, el costo total en las mismas actividades durante el periodo 2017 fue de US \$ 3,748,907 con un costo unitario de 2.65 \$/t.

El incremento de costo en las áreas de perforación, voladura y transporte de mineral entre el periodo 2017 al 2018 fue de US \$ 404,669 y un incremento en el costo unitario de 0.20 \$/t.

- **Análisis económico área de planta:**

El área de planta considera las siguientes actividades: Administración Planta, Chancado, Molienda, Flotación, Filtrado, Disp. Relaves, Distribución Energía, Talleres y Otros.

El costo total considerado en el área de planta durante el periodo de análisis del 2018 fue de US \$ 12,723,492.00 siendo el detalle: el área de Administración Planta considera un costo total de US \$ 465,023 y un costo unitario de 0.32 \$/t, el área de Chancado considera un costo total de US \$ 959,074 y un costo unitario de 0.66 \$/t, el área de Molienda considera un costo total de US \$ 1,720,606 y un costo unitario de 1.18 \$/t, el área de Flotación considera un costo total de US \$ 931,298 y un costo unitario de 0.64 \$/t, el área de Filtrado considera un costo total de US \$ 84,048 y un costo unitario de 0.06 \$/t, el área de Disp. Relaves considera un costo total de US \$ 4,322,191 y un costo unitario de 2.97 \$/t, el área de Distribución Energía considera un costo total de US \$ 3,177,266 y un costo unitario de US \$ 2.18 \$/t, el área de Talleres considera un costo total de US \$ 865,276 y un costo unitario de 0.59 \$/t y Otros considera un costo total de US \$ 198,708 y un costo unitario de 0.14 \$/t.

Las áreas unitarias, asociadas al concepto mina a planta (*mine to mill*) en el área planta considera las actividades: de chancado y molienda.

Los costos asociados a las actividades de chancado y molienda consideran un costo total de US \$ 2,660,712 y un costo unitario de 1.88 \$/t durante el periodo 2017. Asimismo, el costo total de las actividades chancado y molienda durante el periodo 2018 fueron de US \$ 2,679,680.23 y un costo unitario de 1.84 \$/t.

El incremento de los costos operacionales, entre ambos periodos fueron de US \$ 18,968.48 y una disminución del costo unitario en 0.04 \$/t, esto está asociado al incremento de producción entre ambos periodos en 43,891.00 toneladas.

Tabla 24. Costo unitario área planta, periodo 2018, división Cobriza

COSTO UNITARIO - AREA PLANTA						
PERIODO 2017 - 2018						
Area	Detalle	Real_17	\$/ton	Real_18	\$/ton	DIFERENCIA (\$/ton)
PLANTA	Adm. Planta	433,515	0.31	465,023	0.32	0.01
	Chancado	1,057,923	0.75	959,074	0.66	-0.09
	Molienda	1,602,789	1.13	1,720,606	1.18	0.05
	Flotacion	938,031	0.66	931,298	0.64	-0.02
	Filtrado	101,529	0.07	84,048	0.06	-0.01
	Disp. Relaves	3,585,131	2.54	4,322,191	2.97	0.43
	Distribucion Energia	2,828,062	2.00	3,177,266	2.18	0.18
	Talleres	863,558	0.61	865,276	0.59	-0.02
	Otros	170,900	0.12	198,708	0.14	0.02
TOTAL COSTO UNITARIO - AREA PLANTA		11,581,438	8.20	12,723,492	8.74	0.54

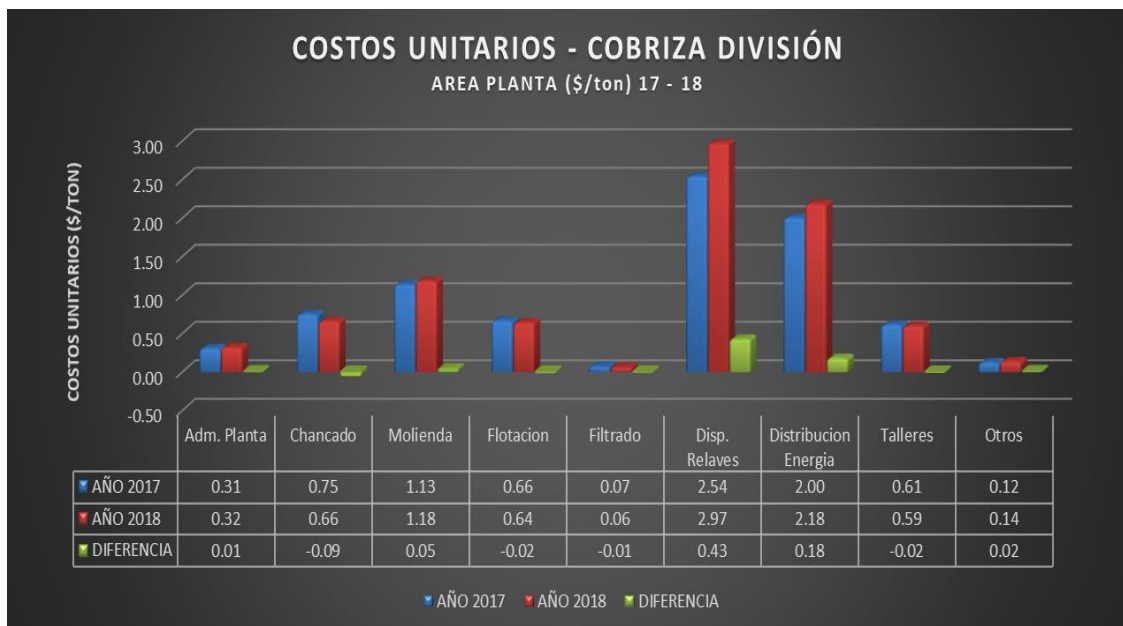


Figura 28. Costo unitario área planta, periodo 2018, en división Cobriza

El tonelaje producido durante el periodo 2017 fue de 1,412,694 toneladas por año, 117,724.50 toneladas por mes y de 3,870.39 toneladas por día. Asimismo, el tonelaje producido durante el periodo 2018 fue de 1,456,585.00 toneladas por año, 121,382.08 toneladas por mes y de 3,990.64 toneladas por día.

- **Análisis económico concepto *mine to mill*:**

Se relaciona el concepto mina a planta (*mine to mill*) considerando las siguientes actividades mina: perforación, voladura y transporte de mineral y en el área planta: chancado y molienda, durante los periodos 2017 y 2018.

El costo mina a planta considera un total de US \$ 6,409,619, con un costo unitario de 4.54 \$/t durante el periodo 2017, y un costo total de US \$ 6,833,256, con un costo unitario de 4.69 \$/t durante el periodo 2018, considerando un incremento de 0.15 \$/t entre ambos periodos.

El incremento de costo de mina (considerando las actividades perforación, voladura y transporte de mineral) durante el periodo 2017 a 2018 fue de US \$ 404,668.79 y un incremento del costo unitario en 0.20 \$/t, así mismo el costo de planta (considerando las actividades de chancado y molienda) durante el mismo periodo fue de US \$ 18,968.48 y una disminución del costo unitario de 0.04 \$/t.

Tabla 25. Costo unitario mine to mill, periodo 2017 y 2018, división Cobriza

COSTO UNITARIO - MINE TO MILL						
PERIODO 2017 - 2018						
Area	Detalle	Real_17 (\$)	\$/ton	Real_18 (\$)	\$/ton	Diferencia (\$/ton)
MINA	Perforacion	1,590,791	1.13	2,008,055	1.38	0.25
	Voladura	1,662,888	1.18	1,649,808	1.13	-0.04
	Transporte Mineral	495,228	0.35	495,713	0.34	-0.01
PLANTA	Chancado	1,057,923	0.75	959,074	0.66	-0.09
	Molienda	1,602,789	1.13	1,720,606	1.18	0.05
TOTAL MINA - PLANTA		6,409,619	4.54	6,833,256	4.69	0.15
SUB TOTAL	MINA	3,748,906.97	2.65	4,153,575.76	2.85	0.20
	PLANTA	2,660,711.75	1.88	2,679,680.23	1.84	-0.04

Tabla 26. Costo de producción mine to mill, periodo 2017 y 2018, división Cobriza

COSTOS DE PRODUCCIÓN - MINE TO MILL					
PERIODO 2017 - 2018					
AÑO	TMS/Año	TMS/Mes	TMS/día	COSTO MINE TO MILL(\$)	INCREM. COSTO (\$)
2017	1,430,000.00	119,166.67	3,917.81	6,409,618.72	423,637.27
2018	1,455,402.00	121,283.50	4,086.82	6,833,255.99	
COSTO UNITARIO (\$/ton)					0.15

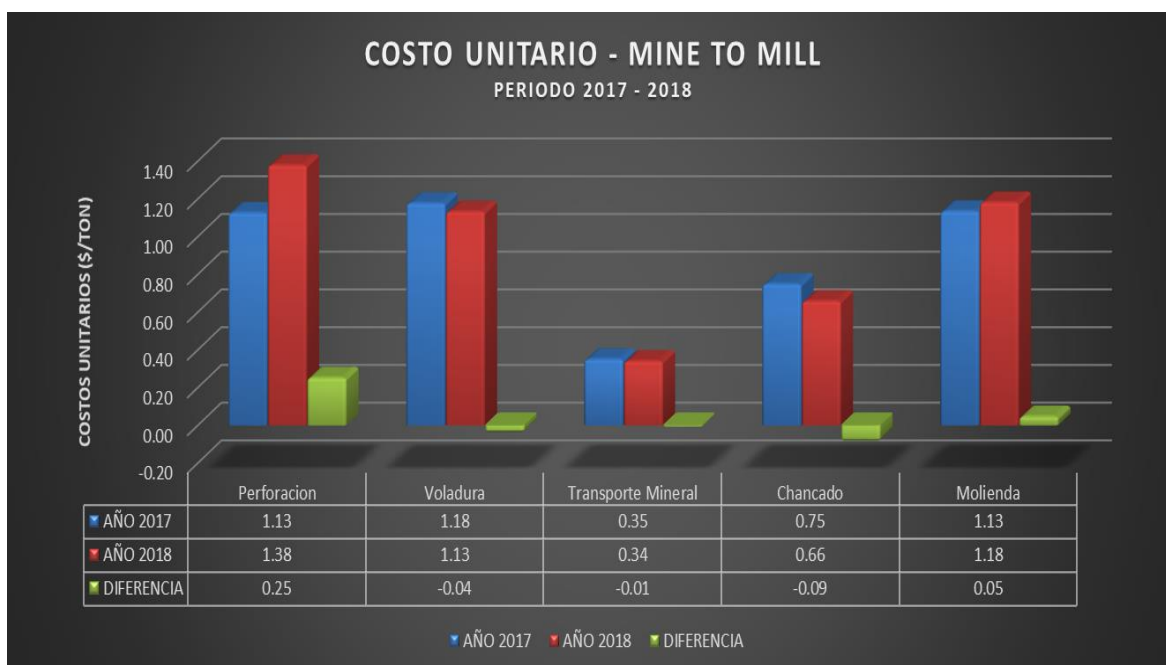


Figura 29. Costo unitario mine to mil, periodo 2017 y 2018, en división Cobriza.

4.1.1. Análisis producción bajo concepto *mine to mill*

La producción generada durante el periodo 2018 fue de 1,569,500 toneladas producidas y el tonelaje procesado fue de 1,461,765.00 toneladas, generando un déficit de mineral procesado en 107,735 toneladas.

Los costos asociados al mineral no procesado, genera un sobrecosto en planta considerando las actividades chancado y molienda, considera un costo unitario de 1.84 \$/t y un costo total de 198,200.14 en ambas actividades durante el periodo 2018.

El consumo de energía asociado a las etapas de chancado y molienda considera un total ejecutado de 21,237,037.15 kWh y el programado en 21,491,563.94 kWh durante el periodo 2018, generando un sobre consumo de 592,023.53 kWh.

Este mayor consumo de energía está asociado a los parámetros de dureza y grado de fragmentación, por lo que sería necesario tener un control detallado de estas dos variables para la optimización del mineral procesado.

El costo de energía adicional que generó este mayor consumo de energía durante el periodo 2018 es de US \$ 39,073.55.

El tonelaje producido durante el periodo 2018, genera radios de concentración entre 24.81 a 31.46 con un promedio mensual de 28.60. Esta variabilidad en el radio de concentración está relacionado directamente a las leyes de cabeza de Cu producidas en este periodo, por lo que es importante conocer las variables de recuperación y dilución en los diferentes frentes operacionales como tajeos y labores de desarrollo y preparación.

Finalmente, la variabilidad de producción mensual generada durante el periodo 2018 varía desde 120,400 toneladas a 133.300, con un promedio mensual de 130,792 toneladas. Es importante relacionar el tonelaje producido con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, mediante sus variables de utilización y disponibilidad, analizando las diferentes actividades relacionadas a cada uno de los equipos mediante la herramienta de Pareto y poder generar programas de optimización y reducción de costos.

Tabla 27. Análisis de la producción mina y planta, periodo 2018, división Cobriza
ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN MINA - PLANTA

PERIODO 2018

MES	PRODUCCIÓN MINA	PRODUCCIÓN PLANTA	RADIO DE CONCENTRACIÓN	CONSUMO ENERGÍA Real	CONSUMO ENERGÍA Programado	DIFERENCIA Kwh
Enero	133,300	118,413	28.47	1,788,480	1,815,688.78	27,208.94
Febrero	120,400	110,911	28.88	1,533,512	1,708,533.38	175,020.89
Marzo	133,300	127,831	29.17	1,915,435	1,815,688.78	-99,745.86
Abril	129,000	137,526	27.59	1,889,240	1,768,302.28	-120,937.95
Mayo	133,300	133,057	30.63	1,930,044	1,821,879.98	-108,164.47
Junio	129,000	85,267	30.54	1,374,140	1,762,111.08	387,970.77
Julio	133,300	131,477	27.55	1,880,996	1,809,497.58	-71,498.10
Agosto	133,300	121,498	31.46	1,687,335	1,821,879.98	134,544.78
Setiembre	129,000	120,072	29.90	1,665,448	1,768,302.28	102,854.02
Octubre	133,300	134,337	27.86	1,932,495	1,815,688.78	-116,805.82
Noviembre	129,000	125,010	26.35	1,836,982	1,762,111.08	-74,871.32
Diciembre	133,300	116,366	24.81	1,802,929	1,821,879.98	18,950.91
TOTAL	1,569,500.00	1,461,765.00	28.60	21,237,037.15	21,491,563.94	-592,023.53
DIFERENCIA - \$	107,735	198,200.14				

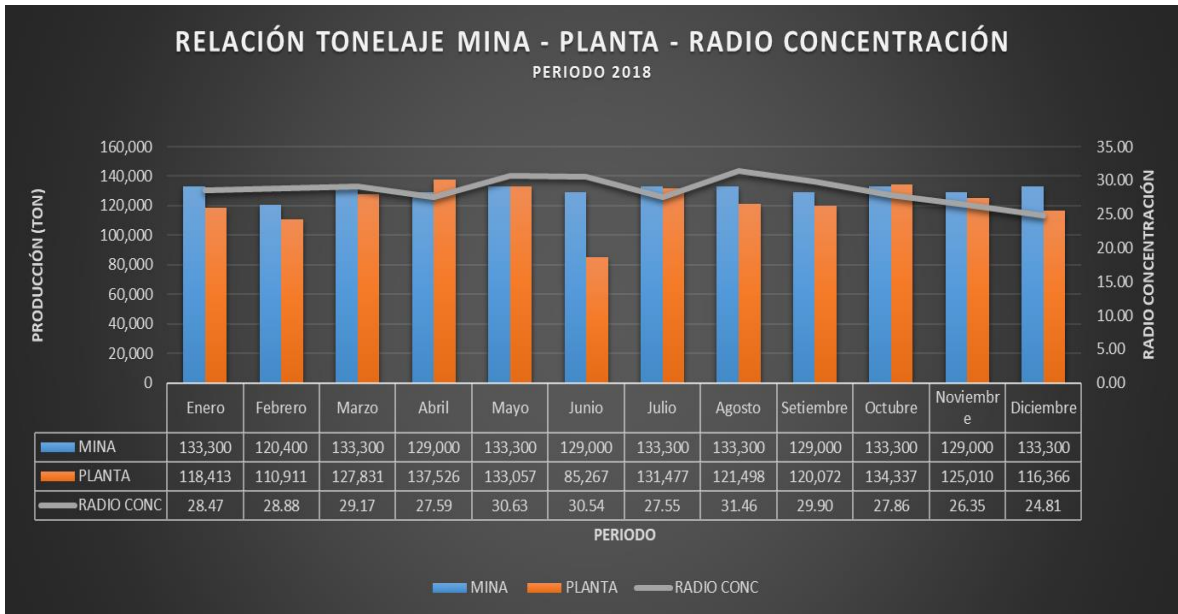


Figura 30. Relación tonelaje mina, planta y radio de concentración, periodo 2018, en división Cobriza.

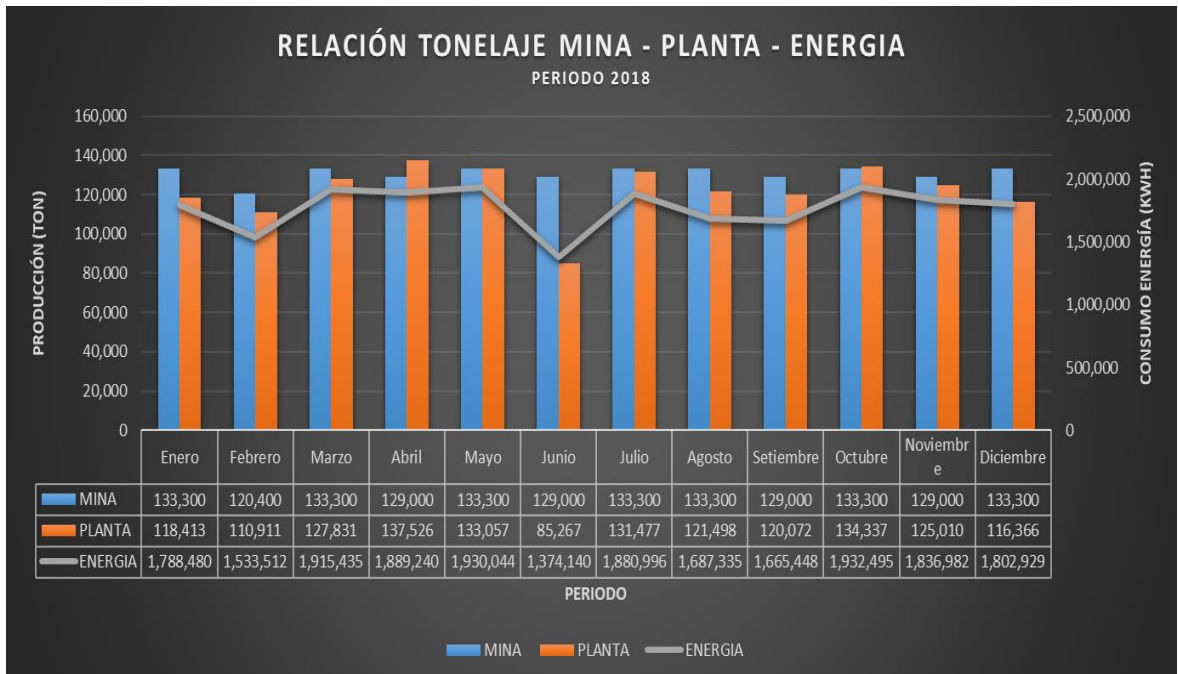


Figura 31. Relación tonelaje mina, planta y consumo de energía, periodo 2018, en división Cobriza

CONCLUSIONES

1. La producción anual durante el periodo 2018 fue de 1,569,500.00 toneladas, con una producción mensual promedio de 130,791.67 y el tonelaje procesado fue de 1,461,765.00 toneladas, con un tonelaje procesado mensual promedio de 121,813.75 toneladas, generando un déficit anual de 107,735.00 toneladas procesadas. El menor tonelaje procesado en la etapa de chancado y molienda, es producto de los parámetros de dureza y el grado de fragmentación del mineral.
2. Los costos asociados al mineral no procesado generan un sobrecosto en planta considerando las actividades chancado y molienda, el que considera un costo unitario de 1.84 \$/t y un costo total de 198,200.14 en ambas actividades durante el periodo 2018.
3. Las horas planta mensual durante el periodo 2018 fueron de 8,209.56 horas operativas anual, considerando un promedio mensual de 691.56 horas y un promedio diario de 23.09 horas diarias. Las horas operativas en planta está asociado directamente a las paradas por mantenimiento, por la dureza del mineral y el grado de fragmentación, los cuales inciden directamente en el mineral procesado en la etapa de chancado y molienda. Siendo el mes de junio el periodo de menor tratamiento con 464.78 horas y una producción de 85,267 toneladas.
4. El consumo de energía asociado a las etapas de chancado y molienda considera un total ejecutado de 21,237,037.15 kWh y el programado en 21,491,563.94 kWh durante el periodo 2018, generando un sobre consumo de 592,023.53 kWh. Este mayor consumo de energía está asociado a los parámetros de dureza y grado de fragmentación, por lo que sería necesario tener un control detallado de estas dos variables para la optimización del mineral procesado.

5. El costo de energía adicional durante el periodo 2018 que generó este mayor consumo fue de US \$ 39,073.55, considerando un costo unitario de energía de 6.6 centavos de dólar por kWh.

6. El tonelaje producido durante el periodo 2018, genera radios de concentración entre 24.81 a 31.46 con un promedio mensual de 28.60. Esta variabilidad en el radio de concentración está relacionado directamente a las leyes de cabeza de Cu producidas en este periodo, por lo que es importante conocer las variables de recuperación y dilución en los diferentes frentes operacionales como tajeos y labores de desarrollo y preparación, para poder controlar el radio de concentración.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios geológicos y geomecánicos de mayor detalle en el yacimiento, ya que a medida que se profundiza las operaciones las propiedades del macizo rocoso varían ya que se categoriza el yacimiento como un *Skarn* de alta temperatura.
2. Se recomienda realizar estudios del grado de fragmentación post voladura y definir su relación con el consumo de energía en la etapa de chancado y molienda.
3. Se recomienda estudiar las variables de recuperación y dilución en los diferentes frentes operacionales como tajeos y labores de desarrollo y preparación, para la mejora de la producción.
4. Se recomienda relacionar el tonelaje producido con el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, mediante sus variables de utilización y disponibilidad para la mejora del rendimiento de los equipos.
5. Se recomienda analizar las diferentes actividades relacionadas a cada uno de los equipos de carguío y acarreo, mediante la herramienta de Pareto y poder identificar las principales actividades que generan pérdidas de tiempo operacional.

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.
6. MINERIA CHILENA. *Proyectos Mineros* [En línea] 2017, Chile. [Fecha de consulta: 20 de enero de 2020] Disponible en: <https://www.mch.cl/#>

ANEXOS

Anexo A

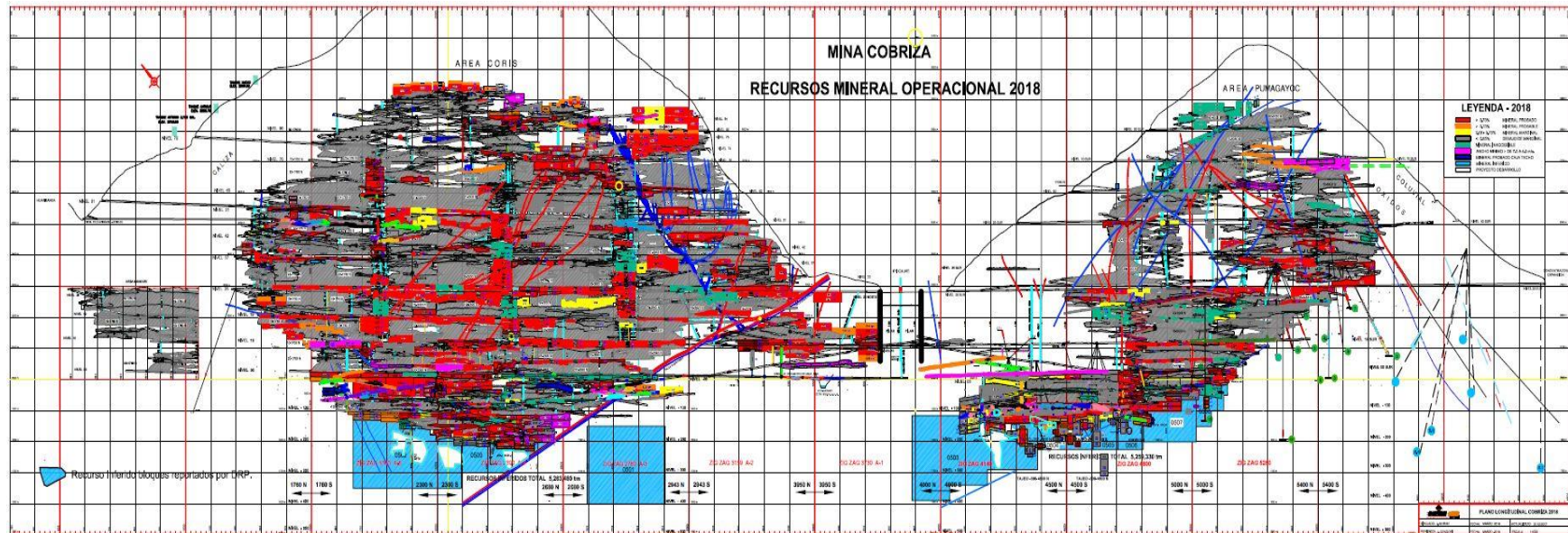
Matriz de operacionalización de variables

Tabla 28. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Concepto mina a planta.	Es una filosofía que integra y optimiza las operaciones de mina y planta, considerando el tonelaje producido en mina y el tonelaje procesado en planta, considerando el consumo de energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Factores geológicos • Factores geomecánicos • Factores operacionales 	Variable geológica Variable geomecánica Productividad	Leyes, potencia estructura, mineralización, etc. Propiedades del macizo rocoso Tonelaje producido y tonelaje procesado.
VD: Análisis de variables operacionales.	La relación de variables asociados a las áreas de mina y planta que involucra el tonelaje producido y el tonelaje procesado.	<ul style="list-style-type: none"> • Variables técnicas • Variables económicas 	Análisis de factores operacionales Análisis de costos	Actividades relacionadas a las áreas de mina y planta. Costos asociados a las áreas de mina y planta.

Anexos B

Planos en sección planta y transversal



**Figura 32. Perfil de labores y recursos minerales periodo 2018, en división Cobriza
Tomado del Departamento de Planeamiento**

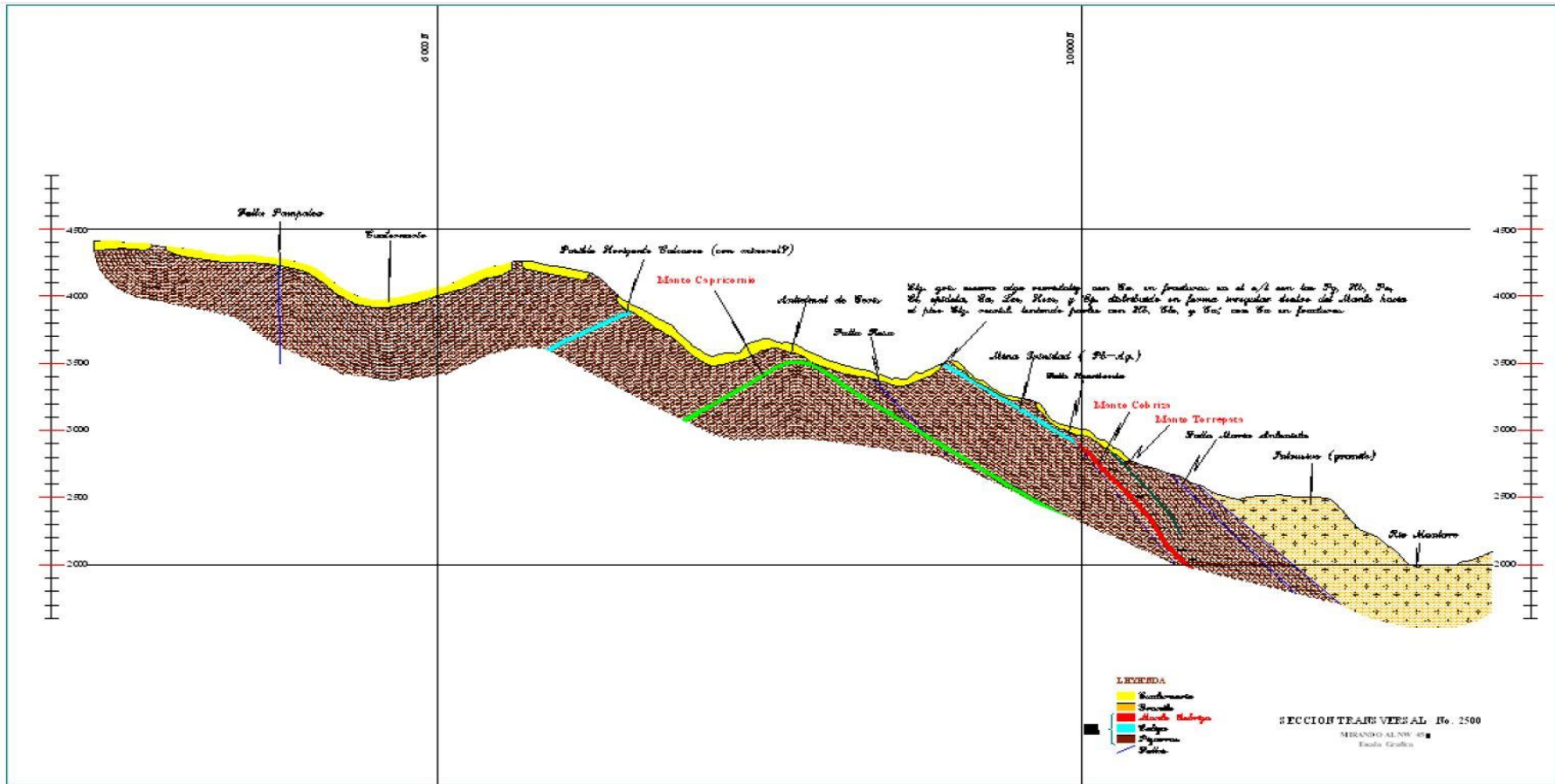
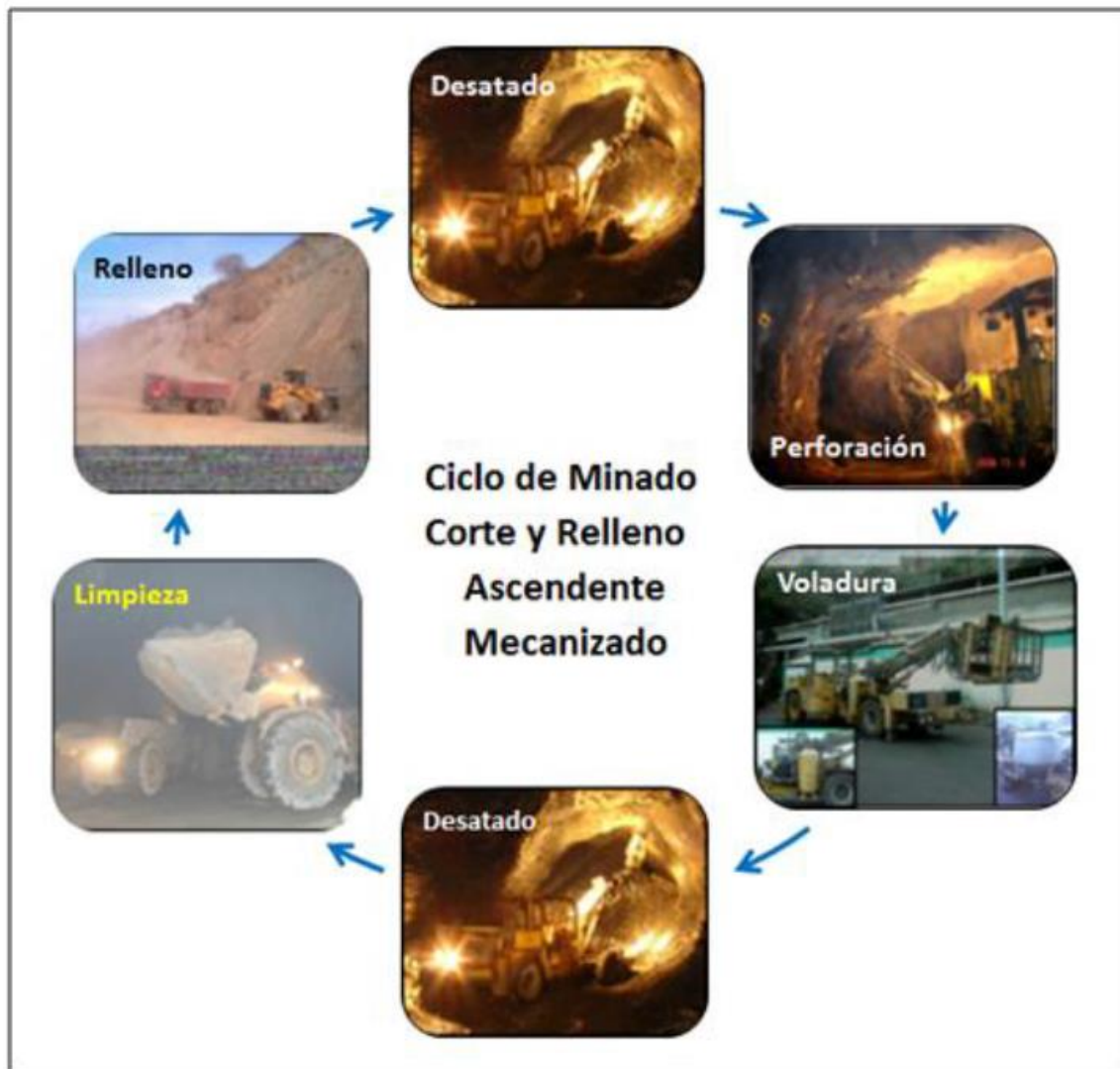


Figura 33. Perfil geológico, asociado a las principales estructuras mineralizadas en división Cobriza Tomado del Departamento de Geología

PROCESO DE MINADO-MINA COBRI



*Figura 34. Proceso de minado en división Cobriza
Tomado del Departamento de Planeamiento*

Anexos C
Formatos de análisis de riesgos

G. ANALISIS DE RIESGOS PARA LA RECUPERACION DE ESCUDOS
ANALISIS DE TAREAS CRITICAS

Departamento: MINA	Nombre del trabajo: RECUPERACION DE ESCUDOS CAJA TECHO	Fecha: NOVIEMBRE 2011
Nro. Personas: 01 Operador 01 o 02 Ayudantes	Equipo de protección: PROTECTOR, LENTES, RESPIRADOR, MAMELUCO, GUANTES, CORREA, BOTAS, LAMPARA, CHALECO REFLECTIVO	Equipo y herramientas a usar: SCOOPTRAMS SCALER - JUMBO ANFOLOADER

Nro.	Pasos de la tarea	Riesgo asociado más significativo	Factores de Análisis		VEP	Rango de Criticidad	Estándar correspondiente
			Consecuencia	Probabilidad			
Acondicionamiento de la recuperación							
T1	Rehabilitación del acceso	Caída de roca	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T2	Sostenimiento	Caída de roca	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
Preparación							
T3	Perforación chimeneas y DTH	Caída de roca Gaseamiento	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T4	Subnivel	Caída de roca Gaseamiento	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T5	Cruceros	Caída de roca	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T6	Sostenimiento de Caja Techo	Caída de roca	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T7	Ventilación	Caída a desnivel	3	4	12	Super Critico	Procedimiento de Trabajo
Explotación							
T8	Desatado	Caída de roca Daños a equipo	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T9	Perforación	Caída de roca Daños a equipo	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T10	Voladura	Explosión Gaseamiento	4 4	4 4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T11	Extracción	Caída de roca Choque contra roca	4	4	16	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo
T12	Relleno Hidráulico o Convencional	Caída a desnivel	3	4	12	Super Critico	Procedimiento de Trabajo

Figura 35. Formato de análisis de riesgos para la recuperación de escudos, en división Cobriza
Tomado del Departamento de Planeamiento

ANÁLISIS DE RIESGO OCUPACIONAL

Departamento: <p style="text-align: center;">MINA</p>	Nombre del trabajo: <p style="text-align: center;">RECUPERACION DE ESCUDOS CAJA TECHO</p>	Fecha: <p style="text-align: center;">NOVIEMBRE 2011</p>
Nro. Personas: <p style="text-align: center;">01 Operador 01 o 02 Ayudantes</p>	Equipo de protección: PROTECTOR, LENTES, RESPIRADOR, MAMELUCO, GUANTES, CORREA, BOTAS, LAMPARA, CHALECO REFLECTIVO	Equipo y herramientas a usar: <p style="text-align: center;">SCOOPTRAMS SCALER - JUMBO ANFOLOADER</p>

Nro.	Pasos de la tarea	Riesgo asociado más significativo	Acción preventiva
Acondicionamiento de la recuperación			
T1	Rehabilitación del acceso	Caída de roca al momento de la inspección Caída de roca en la limpieza y/o trabajos previos	Desatado de roca manual y/o con equipo Continuar en avanzada el desatado con la limpieza
T2	Sostenimiento	Caída de roca al personal y/o equipo de shotcrete	Iluminación del área a sostener Desatado de roca manual y/o con equipo
Preparación			
T3	Perforación chimeneas y DTH	Caída de roca luego de un disparo Gaseamiento por mala ventilación en la chimeneas	Lavar la roca con agua a presión, desatado manual Uso de fósforos y/o ventilación forzada
T4	Subnivel	Caída de roca, en la perforación y/o limpieza Gaseamiento	Desatado de roca manual y/o con equipo Instalación de ventilación forzada, para mas de 100m
T5	Cruceros	Caída de roca durante la operación	Desatado de roca manual y/o con equipo
T6	Sostenimiento de Caja Techo	Caída de roca durante el lanzado de shotcrete	Desatado de roca manual y/o con equipo
T7	Ventilación	Caída a desnivel en la instalación de ventiladores y mangas	Uso de escaleras, equipo baskelift y/o Payloader Uso obligatorio de arnés de seguridad
Explotación			
T8	Desatado	Caída de roca durante la operación Daños a equipo	Iluminación en áreas riesgosas Buscar una buena ubicación para un desatado seguro
T9	Perforación	Caída de roca durante la operación Daños a equipo	Iluminación en áreas riesgosas, repasar el desatado de rocas Inclinación de taladros según buzamiento del manto.
T10	Voladura	Detonación prematura por fallas en el manipuleo o transporte Gaseamiento por falta de ventilación	Capacitación y certificación del uso y manipuleo de explosivos Voladura en tramos de 30m a 100m, con anfo de menor potencia Uso del fosforo, respirador y ventiladores
T11	Extracción	Caída de roca durante la operación Choque contra roca	Iluminación en áreas riesgosas, repasar el desatado de rocas Manejo defensivo
T12	Relleno Hidráulico o Convencional	Caída a desnivel	Transito de personal en terreno firme

**Figura 36. Formato de análisis de riesgos ocupacional, en división Cobriza.
Tomado del Departamento de Planeamiento**

FRECUENCIA DE CONTROL Y DEDICACION

RECUPERACION DE ESCUDOS CAJA TECHO

Nro.	Pasos de la tarea	Riesgo asociado más significativo	Rango de Criticidad	Estándar Correspondiente	Dedicación	Frecuencia de Control
Acondicionamiento de la recuperación						
T1	Rehabilitación del acceso	Caída de roca	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T2	Sostenimiento	Caída de roca	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
Preparación						
T3	Perforación chimeneas y DTH	Caída de roca Gaseamiento	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T4	Subnivel	Caída de roca Gaseamiento	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T5	Cruceros	Caída de roca	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T6	Sostenimiento de Caja Techo	Caída de roca	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T7	Ventilación	Caída a desnivel	Super Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
Explotación						
T8	Desatado	Caída de roca Daños a equipo	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T9	Perforación	Caída de roca Daños a equipo	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T10	Voladura	Explosión Gaseamiento	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T11	Extracción	Caída de roca Choque contra roca	Altamente Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria
T12	Relleno Hidráulico o Convencional	Caída a desnivel	Super Critico	Procedimiento de Trabajo	Permanente	Diaria

**Figura 37. Formato de frecuencia de control y dedicación, en división Cobriza
Tomado del Departamento de Planeamiento**