

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Optimización de costos unitarios en el transporte de
mineral y desmonte en la zona Esperanza de la
Compañía Minera Raura**

Johan David Tomás Porras
Carlos León Huamán

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la vida y guiarnos en el transcurso de nuestras vidas.

Gracias a nuestros padres: Teodoro y Eunice, Joselito y Delfina, por ayudarnos a persistir y luchar por cumplir nuestros sueños, por creer y confiar en nosotros, inculcándonos principios y valores.

Agradecemos a nuestros docentes de la EAP de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental por sus enseñanzas y consejos, quienes nos forjaron para lograr ser buenos profesionales, y de manera especial al Ing. Javier Córdova Blancas quien nos ha guiado con esmero y rectitud en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

DEDICATORIA

A nuestros padres, por todos estos años de sacrificio, trabajo y amor hacia nosotros, gracias al apoyo de ustedes vamos logrando cada una de nuestras metas y convertirnos en lo que somos.

ÍNDICE

| | |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| Asesor | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Índice..... | v |
| Lista de tablas | viii |
| Lista de figuras..... | ix |
| Resumen..... | xii |
| Abstract..... | xiv |
| Introducción..... | xvi |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO----- | 18 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 18 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema----- | 18 |
| 1.1.2. Formulación del problema----- | 19 |
| 1.2. Objetivos..... | 20 |
| 1.2.1. Objetivo general----- | 20 |
| 1.2.2. Objetivos específicos----- | 20 |
| 1.3. Justificación e importancia | 20 |
| 1.3.1. Justificación social - práctica----- | 20 |
| 1.3.2. Justificación académica----- | 21 |
| 1.3.3. Justificación económica----- | 21 |
| 1.4. Hipótesis de la investigación..... | 21 |
| 1.4.1. Hipótesis general----- | 21 |
| 1.4.2. Hipótesis específicas----- | 21 |
| 1.5. Identificación de las variables | 22 |
| 1.5.1. Variable independiente----- | 22 |
| 1.5.2. Variables dependientes----- | 22 |
| 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables----- | 23 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO----- | 25 |
| 2.1. Antecedentes del problema | 25 |
| 2.1.1. Antecedentes nacionales----- | 25 |
| 2.2. Generalidades de la compañía minera Raura..... | 27 |
| 2.2.1. Ubicación accesibilidad y generalidades----- | 27 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3. Clima, flora, fauna y relieve..... | 28 |
| 2.4. Historia..... | 28 |
| 2.5. Geología | 29 |
| 2.5.1. Geología regional----- | 29 |
| 2.5.2. Geología estructural ----- | 31 |
| 2.5.3. Geología económica----- | 32 |
| 2.5.4. Mineralización en vetas----- | 32 |
| 2.5.5. Mineralización en cuerpos----- | 33 |
| 2.5.6. Sección Esperanza----- | 33 |
| 2.6. Reservas minerales | 35 |
| 2.6.1. Recursos y reservas de minerales----- | 35 |
| 2.6.2. Reservas----- | 36 |
| 2.7. Método de explotación sublevel stoping – taladros largos (cuerpo Esperanza – niv. 250) | 37 |
| 2.7.1. Análisis de los esfuerzos de la veta Esperanza----- | 37 |
| 2.7.2. Parámetros geomecánicos----- | 40 |
| 2.8. Bases teóricas del estudio | 41 |
| 2.8.1. Gestión del transporte y acarreo de mineral----- | 41 |
| 2.8.2. Transporte en minería subterránea----- | 42 |
| 2.8.3. Clasificación de los equipos de transporte----- | 44 |
| 2.8.4. Descripción de flota actual----- | 45 |
| 2.9. Plan de minado largo plazo unidad minera Raura | 48 |
| 2.10. Plan de producción periodo de estudio 2019..... | 51 |
| 2.11. Evaluación económica periodo de estudio 2019..... | 54 |
| 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 investigación----- | 61 |
| 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 utilizados en la recolección de datos----- | 61 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN----- | 63 |
| 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información | 63 |
| 4.1.1. Cálculos plan de producción – periodo de estudio ----- | 63 |
| 4.1.2. Análisis de transporte de desmonte y mineral, periodo de estudio - | 72 |
| 4.1.3. Análisis de transporte de desmonte y mineral, periodo de estudio - | 85 |
| Conclusiones..... | 98 |
| Recomendaciones..... | 100 |
| Lista de referencias | 101 |
| Anexos | 102 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Dimensión de variables | 23 |
| Tabla 2. Operacionalización de variables..... | 24 |
| Tabla 3. Ruta geográfica | 27 |
| Tabla 4. Reporte de recursos medido, indicado e inferido | 36 |
| Tabla 5. Reporte de reservas probadas y probables..... | 36 |
| Tabla 6. Gestión de transporte de material | 42 |
| Tabla 7. Factor de elección | 44 |
| Tabla 8. Características técnicas del volquete Mercedes Benz, model Actros 2144, unidad minera Raura | 46 |
| Tabla 9. Descripción de flota actual | 47 |
| Tabla 10. Características técnicas del volquete Mercedes Benz, model Actros 2144, unidad minera Raura | 49 |
| Tabla 11. Dimensión de variables | 103 |
| Tabla 12. Operacionalización de variables..... | 104 |
| Tabla 13. Unidad minera Raura | 105 |
| Tabla 14. Cuerpo Esperanza, unidad minera Raura | 106 |
| Tabla 15. Plano en planta y perfil del tajo Santa Rosa, de U. M. Raura..... | 107 |
| Tabla 16. Plano en planta de zonificación geomecánica, unidad minera Raura | 108 |
| Tabla 17. Ficha de mapeo geomecánico, unidad minera Raura | 109 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Ubicación de la mina..... | 27 |
| Figura 2. Plano geológico local de Raura..... | 31 |
| Figura 3. Columna estratigráfica local..... | 32 |
| Figura 4. Plano de ubicación de sectores de la unidad minera Raura..... | 35 |
| Figura 5. Orientación de esfuerzos de la zona Esperanza..... | 38 |
| Figura 6. Esfuerzo horizontal y perpendicular a la labor..... | 39 |
| Figura 7. Esfuerzo mayor disipado en la labor actuando los esfuerzos menores (σ_2 y σ_3) sin generar deformación..... | 39 |
| Figura 8. Orientación de los esfuerzos con respecto a la veta Esperanza..... | 40 |
| Figura 9. Costo de operación unitaria por área, tipo largo plazo en unidad minera Raura..... | 50 |
| Figura 10. Costo de operación versus producción, tipo largo plazo en unidad minera Raura..... | 51 |
| Figura 11. Capex y opex versus producción, tipo largo plazo en unidad minera Raura..... | 51 |
| Figura 12. Producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 52 |
| Figura 13. Producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 53 |
| Figura 14. Ingresos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 54 |
| Figura 15. Ingresos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 55 |
| Figura 16. Costos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 56 |
| Figura 17. Costos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 57 |
| Figura 18. Evaluación económica del plan de producción, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 58 |
| Figura 19. Evaluación económica del plan de producción, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 64 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 20. Producción de mineral versus valor de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 65 |
| Figura 21. Costo de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 66 |
| Figura 22. Cash cost del plan de producción, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 67 |
| Figura 23. Tonelaje de desmonte transportado programado, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 68 |
| Figura 24. Tonelaje de desmonte programado, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 69 |
| Figura 25. Tonelaje de desmonte transportado programado, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 70 |
| Figura 26. Costo de transporte de desmonte programado, labores de desarrollo, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 71 |
| Figura 27. Total de material transportado ejecutado, periodo enero 2019, unidad minera Raura | 72 |
| Figura 28. Total de material transportado ejecutado, periodo febrero 2019, unidad minera Raura | 74 |
| Figura 29. Total de material transportado ejecutado, periodo marzo 2019, unidad minera Raura | 75 |
| Figura 30. Total de material transportado ejecutado, periodo abril 2019, unidad minera Raura..... | 77 |
| Figura 31. Total de material transportado ejecutado, periodo mayo 2019, unidad minera Raura..... | 78 |
| Figura 32. Total de material transportado ejecutado, periodo junio 2019, unidad minera Raura..... | 80 |
| Figura 33. Total de material transportado ejecutado, periodo julio 2019, unidad minera Raura..... | 81 |
| Figura 34. Total de material transportado ejecutado, periodo agosto 2019, unidad minera Raura | 83 |
| Figura 35. Total de material transportado ejecutado, periodo setiembre 2019, unidad minera Raura | 84 |
| Figura 36. Tonelaje transportado de mineral y desmonte, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura | 86 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 37. Resumen de material transportado, periodo enero 2019, unidad minera Raura..... | 87 |
| Figura 38. Resumen de material transportado, periodo febrero 2019, unidad minera Raura..... | 88 |
| Figura 39. Resumen de material transportado, periodo marzo 2019, unidad minera Raura..... | 89 |
| Figura 40. Resumen de material transportado, periodo abril 2019, unidad minera Raura..... | 90 |
| Figura 41. Resumen de material transportado, periodo mayo 2019, unidad minera Raura..... | 91 |
| Figura 42. Resumen de material transportado, periodo junio 2019, unidad minera Raura..... | 92 |
| Figura 43. Resumen de material transportado, periodo julio 2019, unidad minera Raura..... | 93 |
| Figura 44. Resumen de material transportado, periodo agosto 2019, unidad minera Raura..... | 94 |
| Figura 45. Resumen de material transportado, periodo setiembre 2019, unidad minera Raura..... | 95 |

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo analizar variables operacionales y económicas para la optimización de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza en la unidad minera Raura.

Se aplicó el método analítico para la ejecución de la presente tesis, que es de carácter descriptivo - explicativo. El trabajo de investigación es preexperimental, de tal forma que se observaron los resultados del transporte de mineral y desmonte desde los diferentes puntos de carguío (áreas de desarrollo, preparación, explotación y superficie) hacia los puntos de descarga (planta concentradora y desmontera), considerando las distancias transportadas y los costos de transporte de material, durante el periodo enero a setiembre 2019. La forma para la recolección de datos fue la revisión documental y el acopio de información pertenecientes a la unidad minera.

Luego se concluyó con el análisis operacional y económico del sistema de gestión de transporte de mineral y desmonte desde los diferentes puntos de carguío hacia los puntos de descarga en superficie, también se realizó el análisis del plan de producción Budget (programado) y la producción real asociada a sus distancias de transporte y su costo operacional correspondiente de mineral y desmonte.

El análisis de las variables operacionales y económicas influyeron positivamente en la optimización de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte, se considera un costo unitario por tonelada de 84.11 US \$/t, el incremento de producción ejecutada versus el programado en 9,768.10 toneladas mejora la productividad del costo de mina, que está asociada al costo de transporte reduciendo significativamente el costo unitario en transporte de material. Así mismo, el mejoramiento de producción permite mejorar el incremento del valor actual neto en 312,500 US \$ y un incremento de la tasa interna de retorno de 12% a 13% durante el periodo de estudio.

El total de transporte de mineral programado durante el periodo de estudio fue de 739,575 toneladas, siendo el real de 798,518 toneladas, generando una diferencia adicional de transporte de mineral de 58,943 toneladas. Así mismo, el total de transporte de desmonte programado fue de 86,074 toneladas, siendo el real de 140,705 toneladas, generando una diferencia de 54,631 toneladas. Este mayor incremento de tonelaje en mineral y desmonte redujeron los costos de transporte unitario de mineral de 4 US \$/t a 3.71 US \$/t y en el costo de transporte unitario de desmonte de 3 US \$/t a 2.46 US \$/t.

Finalmente, el incremento de tonelaje transportado influyó directamente en las distancias transportadas de mineral y desmonte desde las labores de carguío hacia los puntos de descarga. El plan de producción del periodo 2019 considera, dentro de la estructura del *cash cost*, una distancia programada de transporte de 7.9 kilómetros de transporte para el mineral y de 3.11 kilómetros de transporte para el desmonte, mientras que la distancia ejecutada de transporte es de 4.88 kilómetros de transporte de mineral y de 4.54 kilómetros de transporte para el desmonte. El mayor incremento de distancia de transporte de desmonte está directamente relacionado al tonelaje transportado, pero indirectamente al precio unitario.

Palabras clave: budget, Capex, Cash Cost, costos de operación, costos de transporte, optimización, plan de minado, producción, TIR, VAN

ABSTRACT

The objective of this thesis is to analyze operational and economic variables for the optimization of unit costs of ore transport and waste in the Esperanza area at the Raura mining unit.

The analytical method was applied for the execution of this thesis, which is descriptive - explanatory. The research work is pre-experimental, in such a way that the results of the transport of ore and waste were observed from the different loading points (areas of development, preparation, exploitation and surface) to the discharge points (concentrator plant and clearing plant), considering the distances transported and the costs of transporting material, during the period January to September 2019. The form for data collection was the documentary review and the collection of information pertaining to the mining unit.

Afterwards, the operational and economic analysis of the mineral transport management system and waste removal from the different loading points to the surface unloading points was concluded, the analysis of the Budget production plan (scheduled) and the actual production was also carried out. associated with their transport distances and their corresponding operational cost of ore and waste.

The analysis of the operational and economic variables had a positive influence on the optimization of unit costs of ore transport and waste, a unit cost per ton of 84.11 US \$ / t is considered, the increase in executed production versus the programmed one in 9,768.10 tons improves the productivity of the mine cost, which is associated with the cost of transportation, significantly reducing the unit cost of material transportation. Likewise, the production improvement allows an increase in the net present value to be improved by 312,500 US \$ and an increase in the internal rate of return from 12% to 13% during the study period.

The total scheduled ore transportation during the study period was 739,575 tons, the actual one being 798,518 tons, generating an additional mineral

transportation difference of 58,943 tons. Likewise, the total scheduled wastewater transport was 86,074 tons, the real being 140,705 tons, generating a difference of 54,631 tons. This greater increase in ore and stripping tonnage reduced unit ore transportation costs from US \$ 4 / t to US \$ 3.71 / t and in stripping unit transportation costs from US \$ 3 / t to US \$ 2.46 / t.

Finally, the increase in transported tonnage had a direct influence on the transported distances of ore and waste from loading tasks to unloading points. The production plan for the 2019 period considers, within the cash cost structure, a programmed transport distance of 7.9 kilometers of transport for the mineral and 3.11 kilometers of transport for dismantling, while the executed transport distance is 4.88 kilometers of ore transport and 4.54 kilometers of transport for the waste. The largest increase in wasteland transport distance is directly related to the tonnage transported, but indirectly to the unit price.

Keywords: budget, Capex, Cash Cost, mining plan, operating costs, optimization, production, TIR, transportation costs, VAN

INTRODUCCIÓN

La mina Raura es un yacimiento polimetálico (cobre, zinc, plomo y plata). La mineralización se manifiesta primordialmente como relleno de fracturas, reemplazamientos metasomáticos de contacto (bolsonadas en *Skarn*) y depósitos tipo *Stock Work* (pórfido) con minerales presentes de galena, esfalerita, calcopirita, entre otros.

El presente estudio está asociado a la optimización de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la unidad minera Raura.

La estructura de costos operacionales involucra las diferentes áreas unitarias operacionales como geología, mina, planta, energía, mantenimiento, apoyo, estudios y optimizaciones. Siendo el área de mina la que representa los mayores costos operacionales, de los cuales el área de transporte y acarreo de mineral y desmonte genera el incremento de costos unitarios, considerando la distancia de transporte, la que incide directamente en el incremento de costos. El estudio de la presente tesis analiza las variables operacionales y económicas del transporte de mineral y desmonte desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga y permiten tener una idea más detallada de los costos que involucra el incremento de costos unitario de transporte en mineral y desmonte.

La presente tesis considera los siguientes criterios, en el Capítulo I se considera el planteamiento del problema, objetivos de investigación, justificación correspondiente, hipótesis de investigación e identificación de variables.

En el Capítulo II se representa el marco teórico, antecedentes del problema, generalidades de la empresa, las bases teóricas para la optimización de los costos de transporte de mineral y desmonte en el sector Esperanza de la unidad minera Raura.

En el Capítulo III se describe la metodología de investigación, donde se especifica el método, el alcance de la investigación, el diseño a desarrollar, el nivel de investigación, población, muestra, la técnica de recolección y tratamiento de información.

En el Capítulo IV se muestran los resultados obtenidos mediante el análisis de los diferentes resultados de las variables operacionales relacionadas al transporte de mineral y desmonte, del sector Esperanza y su implicancia en la reducción de costos unitarios de transporte en la unidad minera Raura.

Los Autores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

El proceso productivo minero es de alto costo en sus diferentes etapas de explotación, por lo que se ve necesario asegurar un entorno de operación capacitado a fin de obtener altos rendimientos de cada equipo involucrado en la operación, a partir del talento humano (operadores, supervisores, personal de soporte de *dispatch*, etc.), asimismo, de la parte física (material, equipos, mantención, disponibilidad, insumos, etc.). En consecuencia, si se llegara a optimizar la productividad de los equipos realizando un proceso de control de tiempos en sus distintos procesos de las operaciones, además de tener una mejor planificación del programa de mantenimiento de los equipos involucrados con la finalidad de no tener demoras operativas en el transcurso del proceso, a fin de realizar una operación eficiente, logrando aminorar los costos de producción e incrementar el porcentaje de beneficio. Las principales vías de acceso a interior de mina para los volquetes a veces se vuelven intransitables para estos mismos, aminorando las velocidades de las unidades, por lo que se incrementan las demoras operativas, y se ve reducida la producción que se tenía proyectada, considerando estos factores principales en las condiciones inseguras del proceso que son generadas. En consecuencia, reducir los costos unitarios de operación implica verificar, rechazar o aprobar aspectos teóricos referidos a las operaciones unitarias en un método de explotación subterránea

por las características del yacimiento, teniendo conocimiento de que la industria minera por las labores realizadas necesita de equipos idóneos para desempeñarse en las condiciones de la unidad minera de manera continua durante el periodo de su vida económica, por lo que se considera que la baja actividad o inactividad de los equipos continuamente produce una desestimación en la producción, con el fin de evitar la reducción de la disponibilidad del equipo, se debe realizar una selección con parámetros específicos de las reales condiciones de trabajo, por lo que la optimización de costos unitarios en el centro minero está en función del carguío y transporte de los minerales para el incremento de la producción que se espera alcanzar, en función de la vanguardia tecnológica y el adelanto en el mejoramiento de maquinaria pesada, de una considerable potencia y componentes con mayor tecnología que permitan la circulación en buena medida de minerales, encontrando como consecuencia que las operaciones unitarias sean menos costosas y se llegue a optar por esta alternativa, siendo una regla general que para incrementar la producción necesariamente se tiene que recurrir a la utilización y disponibilidad de dichos equipos.

Ante esta situación, en el marco de la Ingeniería de Minas, los autores de la presente investigación abordan las variables: transporte / mineral, desmonte y optimización de costos unitarios, que al operacionalizarlas y correlacionarlas respectivamente, darán una nueva perspectiva de las metodologías que permitan incrementar la productividad del acarreo y transporte de mineral y desmonte en los diferentes puntos de carguío de la operación.

1.1.2. Formulación del Problema

Problema general

¿Cómo optimizar los costos unitarios en el transporte de mineral y desmonte mediante el análisis de variables operacionales y económicas en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.?

Problemas específicos

¿Cómo reducir el costo unitario de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento del tonelaje transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.?

¿Cómo determinar la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento de tonelaje de transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar el análisis de las variables operacionales y económicas para optimizar los costos unitarios en el transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el incremento del tonelaje transportado para reducir costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona esperanza de la compañía minera Raura S. A.
- Determinar la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento del tonelaje transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.

1.3. Justificación e Importancia

1.3.1. Justificación Social - Práctica

La elaboración de la presente tesis permitirá el análisis y la interpretación de variables operacionales que permitan solucionar la problemática en la unidad minera, la presente investigación servirá como guía para problemas similares en otras unidades. A partir del desarrollo y aplicación de esta se asignará veracidad a la teoría propuesta por la presente tesis.

1.3.2. Justificación Académica

El presente trabajo constituirá un aporte para la investigación, a través del diseño, elaboración de instrumentos de recolección de datos, de la misma manera se propone lograr dar con resultados apropiados a fin de que los ingenieros de minas planteen estrategias metodológicas para construir un modelo teórico que permita definir el comportamiento de los costos en el tiempo del programa de producción en la compañía minera Raura S. A.

La realización de la presente investigación tiene como magnitud ayudar, a manera de un antecedente científico, a quienes tienen como investigación el área de transporte de mineral a partir de las cuales, según su criterio respecto a sus unidades de análisis, puedan realizar algunos cambios.

1.3.3. Justificación Económica

La justificación económica radica en que la optimización del acarreo, transporte y desmonte en un centro minero va a optimizar los costos unitarios, siendo necesario realizar complementariamente un rediseño de las fases y el posterior plan de producción, luego de una evaluación económica para determinar la secuencia de entrada de las fases.

1.4. Hipótesis de la Investigación

1.4.1. Hipótesis General

El análisis de las variables operacionales y económicas influye positivamente en la optimización de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- El incremento del tonelaje transportado influye positivamente en la reducción de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.
- El incremento del tonelaje transportado influye positivamente en la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.

1.5. Identificación de las Variables

1.5.1. Variable Independiente

Análisis de las operaciones de transporte de mineral y desmonte: conceptualmente se define como la actividad operativa minera que consiste en utilizar maquinaria pesada en las que se carga el material para que lo transporten y descarguen en el lugar de la obra que corresponda o en un vertedero, siendo el accionamiento el mecanismo para trasladar el mineral o desmonte desde la zona de carguío hasta la zona de descarga, que es su destino final.

1.5.2. Variables Dependientes

Reducción de costos en la compañía minera Raura S. A.: conceptualmente se define como la reducción de los costos operativos en una mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de transporte, teniendo como finalidad explicar la posibilidad de la reducción de los costos operativos de una determinada empresa minera, utilizando para estos, estándares óptimos de trabajo en las operaciones primordiales.

1.5.3. Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 1. *Dimensión de variables*

| Problemas | Objetivos | Hipótesis |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Problema Principal | Objetivos Principal | Hipótesis Principal |
| ¿Cómo optimizar los costos unitarios en el transporte de mineral y desmonte mediante el análisis de variables operacionales y económicas en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.? | Determinar el análisis de las variables operacionales y económicas para optimizar los costos unitarios en el transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. | El análisis de las variables operacionales y económicas influye positivamente en la optimización de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. |
| Problemas Secundarios | Objetivos Específicos | Hipótesis Secundarios |
| 1. ¿Cómo reducir el costo unitario de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento del tonelaje transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.? | 1. Determinar el incremento del tonelaje transportado para reducir costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona esperanza de la compañía minera Raura S. A. | 1. El incremento del tonelaje transportado influye positivamente en la reducción de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de compañía minera Raura S. A. |
| 2. ¿Cómo determinar la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento de tonelaje de transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.? | 2. Determinar la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento del tonelaje transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. | 3. El incremento del tonelaje transportado influye positivamente en la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. |

Tabla 2. Operacionalización de variables

| Variable | Definición | Definición Operacional | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Dimensiones | Subdimensiones | Indicadores |
| VI: Transporte | Conceptualmente se define como la actividad operativa minera que consiste en utilizar maquinaria pesada en la que se carga el material para que lo transporten y descarguen en el lugar de la obra que corresponda o en un vertedero, siendo el accionamiento el mecanismo para trasladar el mineral o desmonte desde la zona de carguío hasta la zona de descarga que es su destino final. | Operaciones mineras | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nivel de producción ✓ Tiempo de acarreo ✓ Tiempo de transporte ✓ Eficiencia de carguío ✓ Tránsito y señales | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Porcentaje de cumplimiento (%) ✓ Disponibilidad mecánica (%) ✓ Utilización mecánica (%) ✓ Consumo de combustible de equipos (Gal/h) ✓ Producción diaria (m³/día) ✓ Producción por equipo (m³/volq) |
| VD: Optimización de costos unitarios | Conceptualmente se define como la reducción de los costos operativos en una mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de carguío y transporte, teniendo como finalidad explicar la posibilidad de la reducción de los costos operativos de una determinada empresa minera, utilizando para esto, estándares óptimos de trabajo en las operaciones primordiales. | Valor Monetario | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos de acarreo ✓ Costos de transporte ✓ Costos de equipos LHD (<i>Scoop</i>) ✓ Costos de volquete ✓ Horas hombre trabajados | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos de carguío (US\$/t) ✓ Costo de transporte (US\$/t) |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Nacionales

En la tesis titulada “Ampliación de producción de la unidad minera Chungar de 2000 tm/día a 3000 tm/día”. (4) Se hace referencia al aumento en la producción de concentrados para así conservar los márgenes operativos que requiere la empresa tras la baja en los precios en el mercado internacional de los metales, realizando un programa de producción que considera la centralización de los tajos en dos vetas (Principal y María Rosa) y la mecanización de las operaciones unitarias; además, a través de las medidas propuestas se puede incrementar la producción de 2000 a 3000 tm/día y la reducción de costo de minado de 33.09 a 22 US\$/ tm.

En la tesis titulada “Optimización de la operación unitaria de acarreo por la carretera Atacocha Machcan – compañía minera Milpo – U. O. Atacocha” (3) Se menciona que, frecuentemente, es indispensable estimar la producción del equipo que moverá lo tronado a fin de seleccionarlo para una determinada operación, para lo cual se deberán tener presentes variables como la resistencia al rodamiento, resistencia a la gradiente, resistencia total, tracción, altitud de operación y eficiencia del trabajo; esto requiere de algún sistema de clasificación o agrupación de los diferentes tipos de equipo; donde, la distinción entre

unidades discretas y flujo continuo de material es importante para calcular las capacidades de producción.

En la tesis titulada “Perforación y voladura en minería a cielo abierto”. (2), Se menciona que es indispensable tener en cuenta las características del macizo rocoso con las que se toman las decisiones, mostrando, de manera iterativa, el cálculo de la malla de perforación de una práctica que se basa en la caracterización del macizo por Lilly y el modelo matemático de Kuz-Ram, por lo que es primordial realizar la caracterización del macizo rocoso: caracterización de la mina para el propósito de tronadura, donde, las características físicas de las rocas están en función a su génesis y a la meteorización, según el módulo de Young.

En la tesis titulada “Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400 k a 1000 k BCM - U. E. A. El Brocal consorcio Pasco Stracon GYM”. (5), donde se menciona que, primero, se planificó una extracción mensual de 1 000 k BCM de material de volado, que por motivos de fallas en el planeamiento de minado y por la alta y caída en los precios de los metales del mercado, cayeron los índices de producción a 400 k BCM. Luego, con la realización del replanteamiento de elecciones y prioridades de minado se determinó incrementar la producción a 1000 k BCM; para lograr este aumento, es indispensable una evaluación técnica y económica que permita la óptima selección de equipos de carguío y acarreo y así alcanzar la meta de incrementar la producción de material volado, considerando que lo primordial es realizar los seguimientos a los tiempos de ciclo y cantidad de pases para conservar un rendimiento óptimo de los equipos de carguío y acarreo.

En la tesis titulada “Aplicación del principio de la velocidad pico de partícula (PPV) para minimizar el daño al macizo rocoso, utilizando tecnología electrónica, minera aurífera Retamas S. A., yacimiento El Gigante – La Libertad”. (1), se realizó una evaluación del macizo rocoso para una aplicación de la voladura controlada con los objetivos de minimizar los daños indebidos a la estructura de la roca, al respecto considera: de acuerdo a las características

particulares de la compañía minera aurífera Retamas S. A., se logró determinar que el costo radica en la operación unitaria de perforación y voladura.

2.2. Generalidades de la Compañía Minera Raura

2.2.1. Ubicación Accesibilidad y Generalidades

La unidad minera Raura, geográficamente localizada en la Cordillera Occidental, precisamente entre los departamentos de Lima (en el distrito de Oyón) y de Huánuco (en el distrito San Miguel de Cauri) a una altitud de 4 300 a 4 700 m s. n. m. Las coordenadas U. T. M. son:

8' 845, 500 N 309,700 E

Se llega al área de estudio de la mina Raura por la Panamericana Norte (103 km), hacia el desvío de Río Seco a Sayán (50 km), a partir de allí hacia la carretera a Churín y Raura (124 km), con un total de 277 km.

Tabla 3. Ruta geográfica

| Tramo | Distancia |
|--------------------------------|-----------|
| Desde Lima a Río Seco | 103 km |
| Desde Río Seco a Sayán | 50 km |
| Desde Sayán a Churín y a Raura | 124 km |
| Total | 277 km |



Figura 1. Ubicación de la mina. Tomada del Departamento de Geología

2.3. Clima, Flora, Fauna y Relieve

El asentamiento minero Raura posee un clima frío y seco, característico de la región Puna y la cordillera, la temperatura oscila entre los -10° durante la noche y en el día llega hasta los 15 °C. La climatología de Raura está dividida en dos estaciones: la primera que va desde abril hasta noviembre que se manifiesta como un clima frío y seco, es en esta temporada donde se tendrán las temperaturas más bajas; la segunda estación va desde diciembre hasta marzo que se manifiesta como húmeda y lluviosa, en esta temporada se tiene la presencia de precipitaciones constantes, donde se incrementa el nivel del agua.

La flora es limitada debido al clima frío que es característica de la región Puna y la cordillera, y tiene la siguiente vegetación: *Huila – Huila*, *Stipa lcho*, *Yareta* y pastos silvestres.

La fauna característica de esta región se representa con algunos camélidos como alpaca, llama y vicuña; ovinos como la oveja; roedores como la vizcacha y chinchillas y algunas aves como los patos, huachua y gaviotas.

El relieve de la región es accidentada y abrupta, con grandes pendientes y quebradas profundas. Por su altitud la zona se encuentra ubicada a 4500 m s. n. m. y 4800 m s. n. m. correspondientes a la región Puna.

2.4. Historia

La compañía minera Raura es una empresa minera peruana de mediana minería polimetálica. Sus principales actividades son la exploración, explotación y procesamiento de minerales de Cu, Pb, Ag y Zn.

La producción de la compañía minera Raura se da desde hace 58 años, considerándose una de las empresas de mayor importancia y de clase mundial, todo esto por el nivel de sostenibilidad de sus operaciones en el tiempo. Actualmente, Raura tiene una capacidad de planta de 2550 toneladas por día.

2.5. Geología

2.5.1. Geología Regional

Se manifiestan las rocas sedimentarias en torno al asentamiento minero de Raura y se integran a las secuencias estratigráficas del Cretáceo. En la zona Oeste y Sur Oeste se encuentran las más primitivas, las cuales conforman el grupo Goyllarisquizga, representadas por las formaciones Carhuaz y de otro lado la Chimú. La franja calcárea de las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín inferior se presentan mediante sobreescurreamiento con un espesor de 1, 200 metros. La formación Jumasha aloja los principales yacimientos con un espesor de 800 metros.

- **Formación Chimú**

Compuesta principalmente por cuarcitas blancas y grises de grano fino a medio, con presencia de capas delgadas con intercalación de lutitas grises a negras y con estratificaciones de carbón, ubicándose en la cuenca carbonífera de Oyón.

- **Formación Carhuaz**

Se encuentran en roce con las calizas Jumasha por sobreescurreamiento. Se ubican entre la edad Valanginiano Superior a Aptiano. Esta fase continental se compone de areniscas, lutitas y cuarcitas que reposan encima de la formación Chimú.

- **Formación Jumasha**

Se ubican bajo las formaciones explicadas precedentemente en contacto por sobreescurreamiento, cuenta con un rumbo regional del plegamiento andino N 30° W, mediante el intemperismo, las rocas calizas que se encuentran entre capas medianas y gruesas llegan a modificarse de color gris a un gris claro, se encuentran entre la edad Albiano y Superior a Turoniano.

En el asentamiento minero Raura, las rocas calizas al pasar por un proceso llegaron a ser obstruidas por un stock de composición granodiorítica llegando a producir halos con distintos grados de alteración metamórfica que se pronuncian al estar en contacto con una aureola de silicatos verde amarillentos

de grano muy fino (*hornfels*) seguidamente un halo de mármol. Se consideran importantes receptivos a las rocas calizas de esta formación para la constitución de los cuerpos de *skarn* con emplazamientos de plomo, zinc y cobre.

- **Rocas ígneas**

La actividad ígnea comprende un lapso geológico entre 8 a 11 millones de años. (7) Durante la primera fase, está compuesta por andesitas, dacitas y riodacitas y tobas riodacíticas de carácter explosivo. Así mismo, está en contacto con las calizas Jumasha generando zonas de reemplazamiento metasomático con mineralización de Pb – Zn, como es el caso del cuerpo Gretty – Brunilda.

Durante la segunda fase está asociada al intrusivo granodiorítico, con una edad radiométrica de 11 millones de años. Así mismo en contacto con la caliza genera un halo de alteración metamórfica, zona de *hornfels*, seguido de mármol como una zona de *exoskarn*. Los cuerpos mineralizados presentan una alteración supérgena con minerales tipo hidróxidos de hierro, por efecto del intemperismo.

Finalmente, la fase final asociada a la intrusión del pórfido cuarzo monzonítico, con una edad de 7 millones de años, originando también columnas de brechas y diques asociados a un sistema de fallas de rumbo E - W. En esta fase se asocia a fases minerales de Pb – Zn en cuerpos y vetas tipo *skarn*.

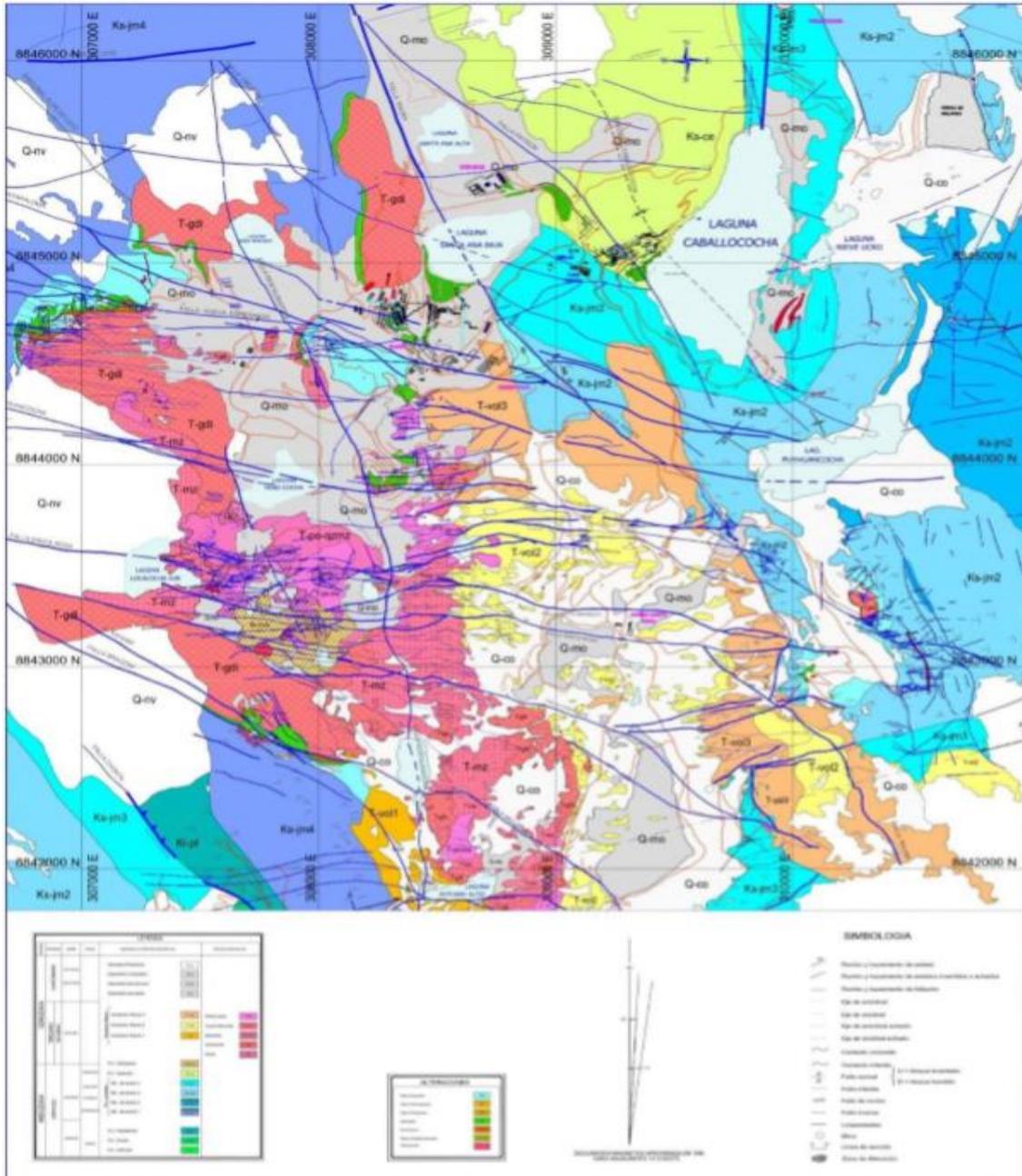


Figura 2. Plano geológico local de Raura. Tomada del Departamento de Geología

2.5.2. Geología Estructural

Considerando la reseña estructural de los Andes centrales del Perú, los plegamientos principales de la extensión con rumbo $20^{\circ}\text{N} - 30^{\circ}\text{W}$ son: Caballococha (sinclinal) y Santa Ana (anticlinal).

Los esfuerzos compresivos E – W, generaron vetas de rumbo 65°N a 80°W como: vetas Gianina, Abundancia, Roxana, Torre de Cristal, Flor de Loto. Las fallas locales en bloques generan un patrón estructural importante en Catuva.

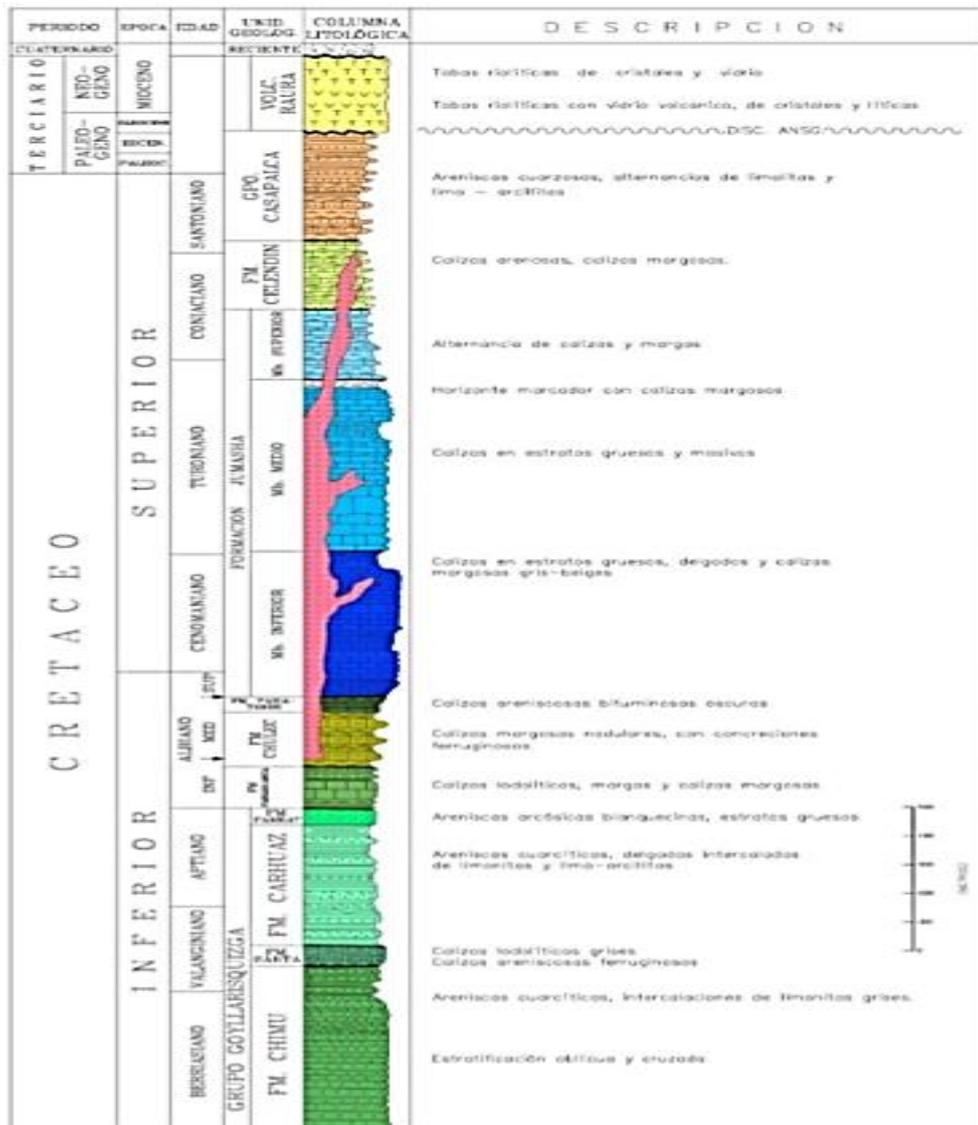


Figura 3. Columna estratigráfica local. Tomada del Departamento de Geología

2.5.3. Geología Económica

La duración de la mineralización del asentamiento minero Raura se ocasionó posiblemente de los 8 a 10 millones de años, llegándose a formar un yacimiento polimetálico (Cu, Zn, Pb y Ag). La ocurrencia de mineral se manifiesta primordialmente como vetas, cuerpos asociados a yacimientos tipo *skarn* y sistemas diseminados con fracturas tipo *stock work*.

2.5.4. Mineralización en Vetas

Existen dos sistemas de fracturas, las cuales son los que incluyen en su totalidad la mineralización en vetas en el asentamiento minero Raura. El primer sistema, a su vez el más significativo, posee un rumbo de N60 °W a E-W. El

segundo sistema posee un rumbo N65°- 80 °E. Existe un zoneamiento marcado en la mineralización de Raura, en la parte norte de las vetas se cuenta con los minerales como cobre y plata, (freibergita) a su vez, en la parte sur, se suman los minerales como la galena y esfalerita con contenido de Pb y Zn.

2.5.5. Mineralización en Cuerpos

Producto de la mineralización y diversos procesos se tienen cuerpos o bolsionadas con mineralogía de Zn, Pb y Ag, está presente en la zona de *exoskarn* formado por el contacto de las calizas Jumasha y el intrusivo pórfido cuarcífero.

La mineralización de Pb, Zn y Ag que representa a los cuerpos más importantes en la mina Raura con un rumbo N 30 °E y un buzamiento de 70 °W, con potencias de 50 a 60 metros y longitudes entre 900 a 1000 metros. Estos cuerpos mineralizados se emplazan en la zona de alteración metasomática, siendo las principales estructuras de Sur a Norte (Primavera, Betsheva, Catuva y Niño Perdido), estos cuerpos mineralizados están compuestos por minerales tipo blenda rubia, marmatita, galena, calcopirita y pirita diseminada.

Existe un zoneamiento vertical muy marcado en el yacimiento, considerando concentraciones importantes de Zn, Pb y Ag, disminuyendo las concentraciones de plomo hacia la zona central (nivel 490) e incrementando valores de Cu hacia la profundidad.

Mineralización tipo *stock work*

La mineralización tipo *stock work* se asocia a la presencia de sistemas pórfidos, los cuales generan un grado de diseminación importante y relleno de fracturas, como es el caso de la zona o cuerpo Gayco, que se emplaza en rocas metamórficas (*hornfels* de diópsida).

2.5.6. Sección Esperanza

Veta Torre de Cristal: esta veta genera un sigmoide con la veta Nancy y se ramifica hacia la profundidad, tiene un rumbo de N70 °W y una potencia de 0.9 metros, con mineralización principal de esfalerita, galena, cuarzo y pirita.

Veta Esperanza: una de las estructuras principales en la operación es la veta Esperanza, la cual forma dos clavos mineralizados, la reactivación tectónica permite el fracturamiento secundario generando *splits* con diseminaciones de tipo *stock work*. El alejamiento de la falla principal de 5 a 10 metros de las estructuras es más potente y con mineral económico, compuesto principalmente de esfalerita, freibergita y en menor proporción galena, cuarzo, calcita y pirita. La mineralización económica se ubica en los niveles altos, mayor al nivel 630, hacia los niveles más profundos, las leyes disminuyen, siendo la roca encajonante el mármol y caliza, con relictos de monzonita cuarcífera hacia el oeste de la operación.

Veta Flor de Loto: esta veta está asociada a la estructura de tipo rosario, con un rumbo de N 65 °E y un buzamiento de 80° S, hacia los niveles superiores al niv. 630 se generan ramificaciones secundarias, formando un lazo sigmoide de 150 metros de longitud.

El control de mineralización en la zona de *exo skarn*, es la alteración de la roca encajonante compuesta por mármol con granate y epidota, asociando a una potencia mayor de la estructura y en sentido contrario cuando no hay alteración. La mineralización principal está compuesta por freibergita, blenda rubia, galena, cuarzo, pirita, rodocrosita, yeso y fluorita.

La unidad minera está compuesta por las zonas Catuva, Gayco, Esperanza y Hadas.

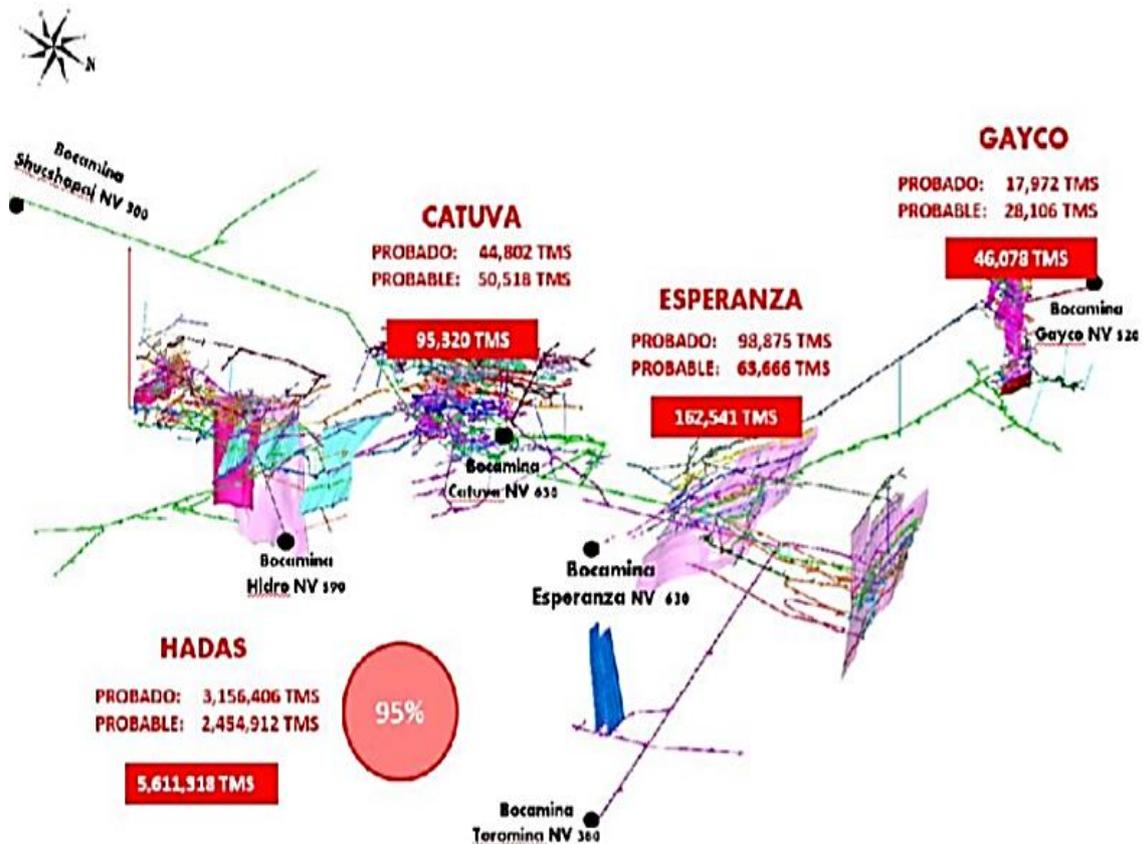


Figura 4. Plano de ubicación de sectores de la unidad minera Raura. Tomada del Departamento de Geología

2.6. Reservas Minerales

2.6.1. Recursos y Reservas de Minerales

Los recursos minerales consideran los medidos, indicados e inferidos, generando un total de 25´ 397,100 toneladas con una potencia promedio de 16.60 metros, leyes promedio de Zn@ 5.76%, Pb@ 1.60%, Ag@ 2.42 Oz y Cu@ 0.32%, y un valor de mineral promedio de 183 US \$/t.

Los recursos minerales se subdividen, en orden de confianza geológica creciente en las categorías de inferido, indicado y medido. Para el año 2019 se tienen los siguientes recursos:

Tabla 4. Reporte de recursos medido, indicado e inferido

| CERTEZA | SECCION | TMS_RECURSOS | A.V. | Cu% | Pb% | Zn% | AgOz | US\$ |
|-----------------------|-----------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| MEDIDO | CATUVA | 186,100 | 5.14 | 0.93 | 0.75 | 1.49 | 2.58 | 88 |
| | ESPERANZA | 309,800 | 1.46 | 0.50 | 1.94 | 3.45 | 5.42 | 181 |
| | GAYCO | 15,800 | 1.58 | 1.50 | 4.80 | 7.33 | 13.67 | 430 |
| | HADAS | 4,662,500 | 31.28 | 0.23 | 2.29 | 5.35 | 2.59 | 188 |
| Total MEDIDO | | 5,174,200 | 28.46 | 0.27 | 2.22 | 5.11 | 2.79 | 185 |
| INDICADO | CATUVA | 159,700 | 4.53 | 0.80 | 1.34 | 2.41 | 3.16 | 124 |
| | ESPERANZA | 166,100 | 1.18 | 0.48 | 1.95 | 3.25 | 5.22 | 175 |
| | GAYCO | 13,900 | 2.08 | 1.26 | 3.83 | 7.83 | 14.63 | 432 |
| | HADAS | 3,516,200 | 11.68 | 0.22 | 1.62 | 4.04 | 2.31 | 145 |
| Total INDICADO | | 3,855,900 | 10.89 | 0.26 | 1.63 | 3.96 | 2.52 | 147 |
| INFERIDO | ABRA | 23,700 | 2.65 | 1.01 | 0.47 | 2.06 | 2.14 | 90 |
| | CATUVA | 413,800 | 3.38 | 0.32 | 1.45 | 3.77 | 3.15 | 148 |
| | ESPERANZA | 446,200 | 1.36 | 0.49 | 2.23 | 3.62 | 5.48 | 191 |
| | GAYCO | 5,200 | 1.92 | 1.19 | 4.49 | 8.42 | 14.98 | 460 |
| | HADAS | 15,478,100 | 14.87 | 0.35 | 1.37 | 6.54 | 2.16 | 192 |
| Total INFERIDO | | 16,367,000 | 14.19 | 0.35 | 1.40 | 6.39 | 2.28 | 191 |
| Total general | | 25,397,100 | 16.60 | 0.32 | 1.60 | 5.76 | 2.42 | 183 |

Tomada del Departamento de Planeamiento

2.6.2. Reservas

Las reservas minerales probadas y probables, generan un total de 5' 641,470 toneladas con una dilución de 13%, leyes promedio de Zn@ 4.59%, Pb@ 1.95%, Ag@ 2.62 Oz y Cu@ 0.22%, y un valor de mineral promedio de 146 US \$/t.

Tabla 5. Reporte de reservas probadas y probables

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Reserva Probable | CPO HADAS-1 | 1,181,878 | 11% | 0.17 | 1.01 | 4.30 | 2.06 | 118 |
| | CPO MARGOT | 532,450 | 6% | 0.34 | 1.77 | 3.54 | 3.36 | 134 |
| | CPO VANESSA | 413,427 | 7% | 0.11 | 1.01 | 5.27 | 2.91 | 144 |
| | VETAS HADAS 4 | 82,895 | 22% | 0.05 | 3.91 | 2.19 | 1.58 | 123 |
| | CPO_SANTA ROSA | 77,945 | 9% | 0.28 | 2.48 | 4.69 | 1.78 | 149 |
| | BREKA | 77,825 | 25% | 0.32 | 1.05 | 5.04 | 1.05 | 122 |
| | VETA _KAROL 1 | 63,804 | 0% | 0.18 | 2.79 | 4.59 | 1.87 | 151 |
| | CPO BRENDA | 59,613 | 3% | 0.20 | 4.99 | 5.33 | 2.36 | 207 |
| | VETA _KAROL | 43,526 | 8% | 0.14 | 2.71 | 3.07 | 2.36 | 128 |
| | VETA BRUNILDA | 38,856 | 29% | 0.06 | 3.67 | 2.49 | 1.43 | 123 |
| | CATUVA (CUERPO NIÑO PERDIDO) | 36,400 | 10% | 1.18 | 1.61 | 2.37 | 3.96 | 125 |
| | VETA RUBI | 34,300 | 28% | 0.28 | 9.16 | 6.76 | 3.41 | 315 |
| | VETA GAYCO | 31,546 | 3% | 0.71 | 1.99 | 4.03 | 7.97 | 201 |
| | VETA LEAD HILL SUR | 30,100 | 25% | 0.09 | 5.10 | 2.19 | 2.06 | 149 |
| | BOLSONADA MARGOT | 27,300 | 8% | 0.34 | 1.41 | 2.47 | 2.88 | 103 |
| | VETA ESPERANZA | 22,669 | 7% | 0.43 | 1.60 | 3.33 | 4.91 | 145 |
| | CUERPO BALILLAS PISO | 19,700 | 23% | 0.07 | 2.73 | 2.01 | 3.45 | 121 |
| | VETA BRUNILDA TECHO | 19,500 | 29% | 0.14 | 3.50 | 3.94 | 5.11 | 187 |
| | CPO_FARALLON | 18,357 | 5% | 0.39 | 2.16 | 4.00 | 2.79 | 142 |
| | VETA PALOMA | 17,800 | 31% | 0.17 | 3.69 | 4.40 | 2.02 | 164 |
| | VETA 05 | 17,400 | 30% | 0.04 | 4.13 | 2.84 | 1.39 | 136 |
| | VETA KAREN | 17,000 | 17% | 0.22 | 1.64 | 7.47 | 2.24 | 187 |
| | VETA TOROMINA NO.4 | 14,900 | 57% | 0.65 | 2.24 | 3.91 | 6.55 | 187 |
| | VETA TOROMINA NO.3 | 12,200 | 50% | 0.58 | 2.62 | 4.84 | 7.65 | 221 |
| | CUERPO BALILLAS TECHO | 11,900 | 28% | 0.11 | 0.70 | 3.08 | 4.02 | 112 |
| | VETA VERONICA | 10,000 | 17% | 0.34 | 2.81 | 8.46 | 2.77 | 232 |
| | VETA FLOR DE LOTO | 9,839 | 35% | 0.58 | 1.54 | 1.29 | 4.14 | 101 |
| | RAMAL_FARALLON | 9,548 | 38% | 0.09 | 1.31 | 2.63 | 1.17 | 83 |
| | VETA BETSHEVA | 7,877 | 14% | 2.03 | 0.04 | 0.71 | 3.62 | 74 |
| | VETA NANCY | 6,200 | 32% | 0.24 | 2.13 | 3.63 | 4.47 | 153 |
| | CUERPO BETSHEVA PISO | 4,200 | 20% | 0.64 | 0.11 | 2.89 | 1.68 | 78 |
| | VETA SUSAN | 3,700 | 45% | 0.67 | 0.41 | 2.51 | 3.88 | 101 |
| | VETA LA COLORADA | 3,700 | 22% | 0.05 | 5.04 | 2.81 | 1.20 | 149 |
| | VETA TORRE DE CRISTAL | 3,500 | 40% | 0.19 | 1.83 | 1.80 | 4.20 | 112 |
| | CUERPO BALILLA N-S | 3,300 | 25% | 0.37 | 0.33 | 3.78 | 4.48 | 126 |
| | CPO_KATTY | 2,610 | 5% | 0.52 | 1.99 | 5.58 | 2.22 | 163 |
| Total Reserva Probable | | 2,967,767 | 0.11 | 0.23 | 1.70 | 4.17 | 2.60 | 134 |
| Total Reservas | | 5,641,470 | 0.13 | 0.22 | 1.95 | 4.59 | 2.62 | 146 |

| CATEG | AZONE | (t) | Dil % | %Cu | %Pb | %Zn | Oz Ag | VM \$ |
|------------------------------|------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Reserva Probada | BREKA | 678,982 | 0.20 | 0.32 | 2.36 | 6.99 | 1.96 | 189 |
| | CPO VANESSA | 417,912 | 0.10 | 0.12 | 1.29 | 5.35 | 4.22 | 165 |
| | CPO HADAS-1 | 346,333 | 0.15 | 0.10 | 0.87 | 3.48 | 2.04 | 100 |
| | VETA_KAROL 1 | 230,659 | - | 0.22 | 3.92 | 6.58 | 2.73 | 216 |
| | VETAS HADAS 4 | 113,724 | 0.17 | 0.05 | 4.44 | 2.53 | 1.70 | 139 |
| | CPO MARGOT | 111,125 | 0.07 | 0.31 | 1.84 | 2.86 | 3.40 | 123 |
| | RAMAL_FARALLON | 106,085 | 0.04 | 0.14 | 2.65 | 5.38 | 1.53 | 159 |
| | CPO_FARALLON | 100,877 | 0.21 | 0.14 | 1.21 | 3.64 | 1.18 | 100 |
| | CPO_SANTA ROSA | 96,378 | 0.07 | 0.23 | 2.75 | 5.91 | 1.84 | 174 |
| | VETA FLOR DE LOTO | 74,468 | 0.21 | 0.48 | 1.64 | 2.34 | 4.02 | 119 |
| | VETA BRUNILDA TECHO | 53,400 | 0.27 | 0.11 | 2.13 | 2.85 | 3.61 | 128 |
| | VETA_KAROL | 44,052 | 0.24 | 0.14 | 2.72 | 3.48 | 2.17 | 133 |
| | VETA BRUNILDA | 42,081 | 0.23 | 0.06 | 3.70 | 2.53 | 1.57 | 126 |
| | CPO BRENDA | 36,744 | 0.05 | 0.20 | 4.42 | 6.42 | 1.93 | 212 |
| | VETA ESPERANZA | 28,099 | 0.04 | 0.33 | 2.31 | 3.04 | 5.23 | 155 |
| | VETA SUSAN | 26,200 | 0.30 | 0.86 | 0.65 | 3.92 | 4.70 | 142 |
| | VETA GAYCO | 25,068 | 0.11 | 0.56 | 1.92 | 2.39 | 4.02 | 125 |
| | VETA KAREN | 18,900 | 0.16 | 0.18 | 1.66 | 7.63 | 1.66 | 184 |
| | CUERPO BALILLAS PISO | 15,800 | 0.23 | 0.07 | 2.72 | 2.06 | 3.45 | 122 |
| | VETA TOROMINA NO.3 | 14,400 | 0.47 | 0.59 | 2.56 | 4.94 | 7.90 | 225 |
| | VETA LEAD HILL SUR | 13,300 | 0.29 | 0.09 | 5.34 | 2.53 | 2.51 | 164 |
| | VETA TOROMINA NO.4 | 12,500 | 0.57 | 0.67 | 2.28 | 4.02 | 6.79 | 192 |
| | CUERPO BALILLAS TECHO | 12,200 | 0.26 | 0.11 | 0.70 | 3.06 | 4.03 | 112 |
| | VETA 05 | 9,000 | 0.39 | 0.01 | 4.71 | 0.27 | 1.42 | 100 |
| | VETA VERONICA | 8,600 | 0.17 | 0.34 | 2.81 | 8.46 | 2.77 | 232 |
| | CPO_KATTY | 7,673 | 0.05 | 0.45 | 3.78 | 8.74 | 3.07 | 258 |
| | VETA PALOMA | 6,800 | 0.32 | 0.05 | 3.04 | 3.46 | 1.95 | 135 |
| | VETA NANCY | 5,600 | 0.31 | 0.24 | 2.12 | 3.61 | 4.47 | 152 |
| | CPO CATUVA | 3,945 | 0.66 | 0.70 | 0.51 | 2.05 | 3.60 | 92 |
| | VETA TORRE DE CRISTAL | 3,900 | 0.40 | 0.19 | 1.83 | 1.80 | 4.20 | 112 |
| | VETA LA COLORADA | 3,800 | 0.21 | 0.05 | 5.17 | 2.78 | 1.20 | 150 |
| | CATUVA (CUERPO NIÑO PERDIDO) | 2,600 | 0.36 | 1.08 | 1.03 | 1.92 | 6.94 | 140 |
| | VETA RUBI | 2,500 | 0.21 | 0.35 | 11.83 | 13.76 | 6.98 | 525 |
| Total Reserva Probada | | 2,673,704 | 0.15 | 0.22 | 2.22 | 5.05 | 2.65 | 159 |

Tomada del Departamento de Planeamiento

2.7. Método de Explotación *sublevel stoping* – Taladros Largos (Cuerpo Esperanza – niv. 250)

2.7.1. Análisis de los Esfuerzos de la Veta Esperanza

A) Análisis del Comportamiento Estructural

Se definen dos sistemas de fallamiento, el primero tiene una orientación de NNE – SSW con un buzamiento de 85° y dirección de 115° y el segundo sistema con una orientación de NE – SW y un buzamiento de 75° y dirección de 163°.

B) Cálculo de las Orientaciones de Esfuerzo ($\Sigma 1$, $\Sigma 2$ Y $\Sigma 3$)

Se determinaron los parámetros tensores de esfuerzo, mediante el método de diedros rectos o fallas conjugadas de la zona Esperanza, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 5. Orientación de esfuerzos de la zona Esperanza. Tomada del Departamento de Geomecánica

Según estos resultados la zona de Esperanza niv. 250 presenta una orientación de esfuerzo mayor (σ_1) al NE-SW tangencial, con un ángulo de 16° y la zona de deformación al NW-SE (σ_3), estos esfuerzos considerados como esfuerzos *in situ* de origen tectónico. Al realizar análisis locales, estas orientaciones pueden variar ligeramente según las áreas abiertas generadas y estas van formando los esfuerzos inducidos (que son mayores al esfuerzo *in situ*).

C) Análisis de la orientación de las labores con respecto a la dirección de esfuerzos

Cuando las orientaciones de las labores son perpendiculares al esfuerzo mayor (σ_1) estas tendrán una alta deformación a lo largo de toda su longitud, si el esfuerzo es horizontal, la deformación se presentará en la corona mostrándose como relajamientos tipo costra, dicha labor buscará su estabilidad en relación a esa condición, como se ve en la Figura 6.

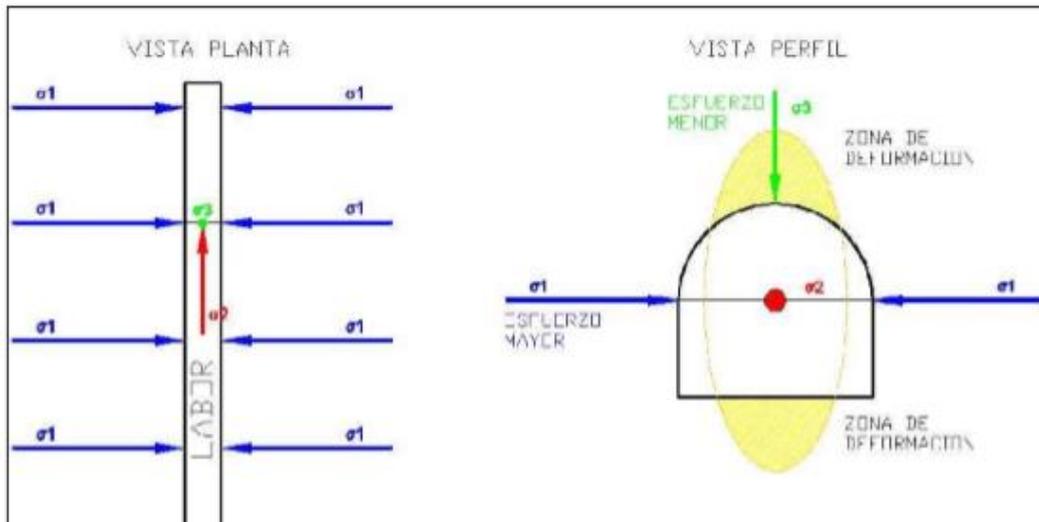


Figura 6. Esfuerzo horizontal y perpendicular a la labor. Tomada del Departamento de Geomecánica

En el caso que el esfuerzo mayor (σ_1) sea paralelo a la labor, esta se disipa en la excavación quedando solo los esfuerzos menores (σ_2 y σ_3) sin generar mucho daño a la labor, siendo más estable, tal como se muestra en la Figura 7.

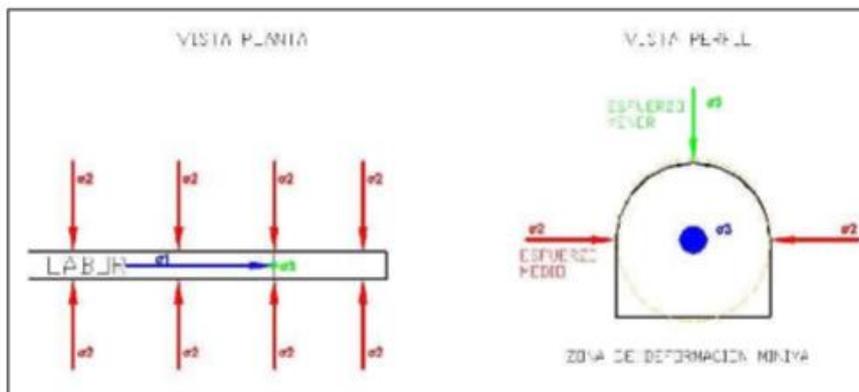


Figura 7. Esfuerzo mayor disipado en la labor actuando los esfuerzos menores (σ_2 y σ_3) sin generar deformación. Tomada del Departamento de Geomecánica

D) Análisis de presiones para el desarrollo de la galería Esperanza niv. 250

La veta Esperanza presenta un rumbo N66°W, que, al sobreponer los tensores de esfuerzos, se nota que el esfuerzo principal incide diagonalmente a las labores, generando menor presión dando más estabilidad con ligeros relajamientos en la corona del vértice de la caja techo de la labor.

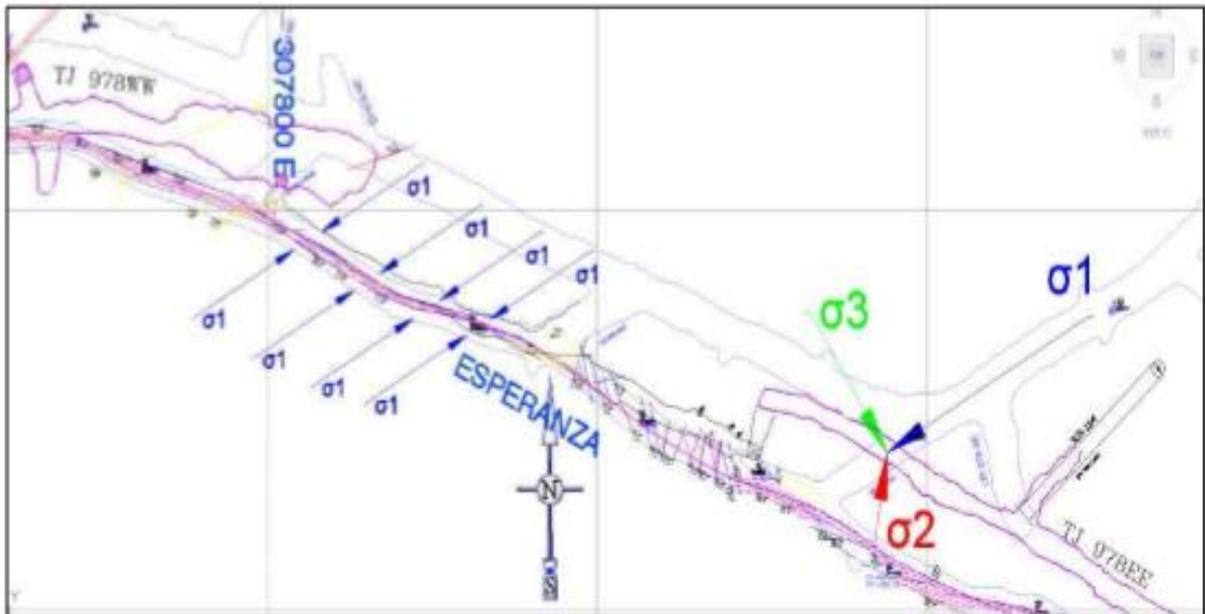


Figura 8. Orientación de los esfuerzos con respecto a la veta Esperanza. Tomada del Departamento de Geomecánica

Cabe recalcar que la veta Esperanza contiene la anhidrita, cuyo comportamiento típico es inestable al medio ambiente, además es hidrocópica (tiene la propiedad de absorber agua e hincharse generando presiones a lo largo de la veta produciendo descostramientos de roca e inclusive podría producirse una explosión violenta), dicho efecto es ajeno a las presiones o tensores de esfuerzo *in situ* de la zona. En forma general, la resistencia del macizo rocoso encajonante corresponde a un R5, presentando como resistencia de macizo rocoso a 20.71 MPa, comparando con la presión del macizo rocoso a una profundidad de 600m es de 16.20 Mpa según el cálculo de Shorey (1994).

2.7.2. Parámetros Geomecánicos

A) Litología: litológicamente está compuesto como roca encajonante entre *Skarn* y mármol.

B) Condiciones geomecánicas: las variables geomecánicas en el área de estudio considera la presencia de parámetros en la roca encajonante con un RMR de 55, tipo de roca IIIA, un Q de Barton de 4.2 y un GSI de MF/R (muy fracturada a regular). En el área mineralizada las propiedades son: RMR de 44, un Q de Barton de 2.67 y un GSI de MF/R (muy fracturada a regular).

2.8. Bases Teóricas del Estudio

Dentro de las operaciones unitarias en minería, la actividad de gestión de transporte de mineral y desmonte es la que genera una mayor incidencia en el costo de producción, principalmente por la cantidad de recursos involucrados en ella.

La presente tesis aborda conceptos básicos para analizar temas de transporte de mineral y desmonte en operaciones mineras, y así asociarlas a las variables económicas, mediante los análisis de gestión operacional de transporte de material tipo Budget y de material ejecutado.

El trabajo de investigación entrega diversos conceptos importantes en la gestión de transporte, los que podrán ser utilizados en forma independiente de los avances tecnológicos que se mejoren con el tiempo, lo cual es sin duda uno de los alcances de la tesis.

La gestión de transporte de materiales en general busca optimizar los diferentes recursos para lograr un objetivo simple, pero a su vez complejo, el cual es el traslado de material desde los puntos de cámaras de carguío hacia los puntos de descarga (planta o desmontera) cumpliendo con el plan de producción programado en un periodo de tiempo definido y a un mínimo costo.

2.8.1. Gestión del Transporte y Acarreo de Mineral

La operación de acarreo de mineral es primordial para la continuidad de la producción debido a que, sin mineral extraído, la planta de producción no tendrá material para la producción, el sistema de acarreo y transporte de mineral tiene diversas áreas de oportunidad las cuales se integran a continuación.

Tabla 6. Gestión de transporte de material

| Elementos de mejora | Acciones propuestas |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Registro del número de acarreo realizados | Cambio de un registro manual en hojas de reporte a un registro en la red de Intranet desarrollada por el área de sistemas. Ventaja: cotejo para el número de acarreo realizados entre la planta de beneficio y el área de mina de forma inmediata. |
| Gestión de tráfico vehicular al interior de la mina. | El uso de ratios de frecuencia que permitan identificar la posición de los camiones de acarreo en primera instancia disminuirá el tráfico interno y los tiempos de recorrido al conocerse la posición y por decisión del operador decidir el momento de avanzar o detenerse. Se señala la importancia de realizar un estudio específico y detallado del funcionamiento interno de transporte que permita identificar zonas de mayor tráfico. Un estudio con el uso de la microsimulación que permita visualizar el movimiento de los camiones al interior de la mina permitirá identificar las zonas de mayor tráfico e identificar soluciones viables. |
| Contratación de un sistema de apoyo de acarreo y transporte | Teniendo en cuenta el incremento de producción por parte de la minera. Uso de tecnología de la información que permita la comunicación dentro y fuera de la mina. |

Ventajas

- Reducción de pérdidas económicas asociadas al registro incorrecto de acarreo y transporte de mineral.
- Disminución de tiempos de ciclo de acarreo y transporte.
- Incremento viable de toneladas procesadas en la planta de beneficio.

2.8.2. Transporte en Minería Subterránea

Se toma en cuenta la ubicación de las zonas mineralizadas de interés, así como los accesos complicados a estos, y también ha de haber ingenio para llegar a ellos con el costo más bajo posible y obtener la mayor ganancia posible, esto hace que todas las operaciones mineras estén en constante cambio. El transporte del mineral es de vital importancia y tiene primordialmente dos funciones:

- 1) Trasladar el mineral de un punto a otro en el interior de la mina.
- 2) Transportar el mineral hacia el exterior de la mina para ser procesado.

La elección del sistema de transporte, personal, equipos, diseño de rutas y accesos, indispensablemente deben ser evaluados examinando el costo

económico, así como la seguridad que este brinda para el personal a diario. Los sistemas de transporte en minería se clasifican en dos:

- A) Minas poco profundas con niveles de carreteras o gradientes.
- B) Mina subterránea con ejes verticales o largos e inclinadas pendientes.

En las minas subterráneas es necesario tener un sistema de transporte específico desde el nivel donde se está explotando los minerales y la superficie de esta. Cabe mencionar que en minería de baja profundidad se puede comparar con los sistemas de transporte a cielo abierto o superficial y se considera que el sistema de transporte es directo. El sistema de transporte en minería subterránea es tan diverso que puede tener seccionadas sus rutas, personal o equipo, esto va a depender de la profundidad y método de minado, así mismo, analizar el vínculo entre la ganancia económica generada y el costo que se invirtió en esta operación en el interior de la mina.

Los elementos que se deben tener en cuenta para elegir correctamente el sistema de transporte que se aplica en la mina subterránea son:

- ✓ Cantidad y peso del material
- ✓ Maquinaria por transportar
- ✓ Acceso al lugar de destino
- ✓ Dimensiones de las vías como altura y ancho
- ✓ Distancia de recorrido
- ✓ Puntos de carguío y descarga
- ✓ Condiciones del camino (pendiente vibraciones, tipo de suelo, estabilidad del talud, etc.)
- ✓ Transporte para el personal

Tabla 7. Factor de elección

| Factor de elección | Descripción |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Producción | <p>Tasa de producción diaria: considerando proyección de ventas, reservas disponibles, contratos y actividades alternas de la compañía. La tasa de producción diaria se verá afectada por el porcentaje de recuperación, ley del mineral y la razón de sobrecarga. Las tasas de producción de carguío y transporte deben considerar el mineral de interés y la cantidad de mineral estéril que es necesario remover.</p> |
| Alcance y recorridos de transporte | <p>Alcance: equipos de base fija que cargan en un punto y luego giran sobre su eje para descargar en otro punto. La máxima distancia horizontal sobre la cual el equipo puede cargar o descargar se define como el alcance. Recorrido: distancias y pendientes que deben de recorrer los equipos de transporte, considerando no solo los que transportan el mineral sino las que combinan carguío y transporte. Mina subterránea: la configuración de las excavaciones determinará la distancia total a recorrer.</p> |
| Tiempo de ciclo | <p>Intervalos de tiempo fijo: virar, cambiar de posición, cargar y descargar. Intervalos de tiempo variables: distancia al punto de cargado del mineral.</p> |
| Capacidad | <p>Tasa de producción $\frac{\text{Capacidad} * (\text{Ciclos})}{\text{Unidad de tiempo}}$</p> |
| Iteración | <p>Calcular la disponibilidad de equipos de una flota para satisfacer la producción y con base en ello calcular las modificaciones necesarias en selección y número de equipo.</p> |

2.8.3. Clasificación de los Equipos de Transporte

Los equipos de transporte en una unidad minería se pueden dividir según su función:

- ✓ Equipo de acarreo
- ✓ Equipo de transporte mixto

a) Equipo de acarreo: la labor principal que tienen estos equipos es de transportar el mineral o desmonte desde el punto de explotación hacia donde generalmente se procesa el mineral. El transporte puede seguir una ruta fija o una ruta variable, un ejemplo de una ruta fija los trenes que requieren una vía férrea o bien pueden desplazarse libremente por caminos ya construidos en interior mina, este es el caso de los camiones de carga. También es el caso las bandas transportadoras que tienen la capacidad de soportar mineral de granulometría elevada dentro de la unidad minera.

b) Equipo de transporte mixto: efectúan en una sola operación el transporte y carguío del mineral o desmonte. Un ejemplo de esto es el equipo *Scoop* cargador LHD, que consta de una cuchara de bajo perfil para minería subterránea, que tiene autonomía de realizar eficientemente traslados de 300 m de distancia, pasando esta distancia el equipo deja de ser óptimo.

2.8.4. Descripción de Flota Actual

El número de vehículos con los que cuenta la unidad minera Raura es de 18 volquetes, de marca Mercedes Benz, modelo Actros 2144 de 7.9 metros de largo x 2.5 metros de ancho y 3.2 metros de alto.

Tabla 8. Características técnicas del volquete Mercedes Benz, model Actros 2144, unidad minera Raura

ACTROS 4 144K Euro V

MOTOR

| | |
|------------|-------------------------------------|
| Modelo | OM 501 LA EURO V |
| Tipo | 6 cil. en V con Turbo e Intercooler |
| Potencia | 435CV (470HP) @ 1800 r.p.m. |
| Torque | 2.100 Nm @ 1080 r.p.m. |
| Cilindrada | 11.946 c.c. |
| Alternador | 28/80 V/A |
| Batería | 2x12/165 V/Ah |
| Arranque | 8.42/24 CV/V |

DESEMPEÑO DEL VEHÍCULO

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Reducción eje trasero | 6,00 |
| Velocidad máxima | 85 km/h Limitada Electronicamente |
| Pendiente superable con 45.000 kg | 46,3% |

CHASIS

| | |
|-----------------------|-------------------|
| Llantas | 8.5x24 |
| Neumáticos delanteros | 325/95 R 24 |
| Neumáticos traseros | 325/95 R 24 |
| Dirección hidráulica | LS 6/LS8 |
| Tanque combustible | 1 x 400 lts Acero |

PESOS Y CAPACIDADES KG.

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 1er eje delantero | 3.533 kg |
| 2do eje delantero | 3.533 kg |
| 1er eje trasero | 1.930 kg |
| 2do eje trasero | 1.930 kg |
| Total | 10.926 kg |
| Capacidad de Carga Chasis Cabina | 39.074 kg |

SISTEMA DE FRENOS TELLIGENT

| | |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Cuenta con tambor en todas las ruedas. Incluye adicionalmente retardador hidráulico Voith R 115 Sistema Telligent Proporciona una alta deceleración por frenado armonización de la distribución de la presión de frenado y del desgaste del forro de freno, regulaciones precisas de ABS/ASR, así como una división conveniente del trabajo de frenado sobre el vehículo en todas las condiciones de carga.</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

TRANSMISIÓN

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Embrague | MFZ 400 |
| Caja de cambios | Bidisco Seco ServoAsistido |
| Marchas sincronizadas | G 240-16 / 11.7 - 0,69 |
| | 16 Sistema Telligent EPS II |

Con EPS II el conductor puede acoplar las marchas de forma cómoda y sin esfuerzo, lo que repercute en su estado físico. Al mismo tiempo, una selección de marchas óptima proporciona un modo de conducir económico y reduce el consumo de combustible

EJES

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1er Eje delantero | MB VL 5/ 1 D - 9 |
| 1do Eje delantero | MB VL 5/ 1 D - 9 |
| 1er Eje trasero | MB HD 7/ 053 DGS - 16 |
| 2er Eje trasero | MB HL 7/053 DS - 16 |
| Reducción eje trasero | Con Reductor de Cubos |

SUSPENSIÓN

| | |
|-----------|-------------------------------|
| Delantera | Resortes parabólicos |
| | Capacidad 9.000 Kgs |
| Trasera | Resortes Parabólicos |
| | Capacidad 18.000 Kgs cada uno |

PESOS ADMISIBLES

| | |
|-------------------------------|-----------|
| Capacidad 1er Eje Delantero | 9.000 kg |
| Capacidad 2do Eje Delantero | 9.000 kg |
| Capacidad 1er Eje Trasero | 16.000 kg |
| Capacidad 2do eje trasero | 16.000 kg |
| Peso bruto vehicular (P.B.V.) | 50.000 kg |

Tabla 9. Descripción de flota actual

| ITEM | MARCA DEL VEHICULO | MODELO DEL VEHICULO | TIPO DE VEHICULO | PLACA | CODIGO | AÑO DE FABRICACION | KILOMETRAJE | RUTA DE TRANSITO DEL SERVICIO ORDINARIO |
|------|--------------------|---------------------|------------------|---------|--------|--------------------|-------------|-----------------------------------------|
| 1 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AMV-916 | 201 | 2016 | 95432 | SUPERFICIE- MINA |
| 2 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWG-871 | 204 | 2018 | 46995 | SUPERFICIE- MINA |
| 3 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWG-842 | 205 | 2018 | 46923 | SUPERFICIE- MINA |
| 4 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWG-874 | 206 | 2018 | 49239 | SUPERFICIE- MINA |
| 5 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWG-869 | 207 | 2018 | 45753 | SUPERFICIE- MINA |
| 6 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWW-845 | 208 | 2018 | 46046 | SUPERFICIE- MINA |
| 7 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWV-825 | 209 | 2018 | 39838 | SUPERFICIE- MINA |
| 8 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWH-708 | 224 | 2018 | 46526 | SUPERFICIE- MINA |
| 9 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | ARP-719 | 226 | 2016 | 67535 | SUPERFICIE- MINA |
| 10 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | ARP-906 | 227 | 2016 | 67085 | SUPERFICIE- MINA |
| 11 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | APU-911 | 228 | 2016 | 68886 | SUPERFICIE- MINA |
| 12 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWG-872 | 229 | 2018 | 47543 | SUPERFICIE- MINA |
| 13 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AWG-730 | 230 | 2018 | 55068 | SUPERFICIE- MINA |
| 14 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AMV-709 | 231 | 2016 | INOPERATIVO | SUPERFICIE- MINA |
| 15 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | A2K-939 | 232 | 2019 | 15929 | SUPERFICIE- MINA |
| 16 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AKF-709 | 234 | 2015 | 107137 | SUPERFICIE- MINA |
| 17 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | APV-822 | 236 | 2018 | | SUPERFICIE- MINA |
| 18 | MERCEDEZ | ACTROS 4144 K | VOLQUETE | AUF-789 | 242 | 2017 | 40156 | SUPERFICIE- MINA |

2.9. Plan de Minado Largo Plazo Unidad Minera Raura

La producción de la unidad minera Raura tipo largo plazo, periodo 2018 al 2024 es de 944,570 toneladas, con una capacidad de planta de 2,600 toneladas diarias. ley media de Ag@2.93 Oz/t, Cu@ 0.24%, Pb@ 2.34% y Zn@ 5.31%, con un *cash cost* promedio de 69 US \$/t y un *capex* promedio anual de 17.7 US \$ M.

Tabla 10. Características técnicas del volquete Mercedes Benz, model Actros 2144, unidad minera Raura

| MODELO LOM RAURA | | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------|-------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Producción | | | | | | | | | |
| Mina y Planta | | | | | | | | | |
| Mineral extraído | t | | 944,570 | 944,570 | 947,340 | 944,570 | 944,570 | 944,570 | 245,068 |
| Ley de Ag | oz/t | | 2.6 | 2.9 | 2.7 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 2.5 |
| Ley de Cu | % | | 0.3% | 0.2% | 0.2% | 0.3% | 0.3% | 0.2% | 0.2% |
| Ley de Pb | % | | 2.4% | 2.9% | 2.9% | 2.3% | 1.9% | 1.7% | 1.6% |
| Ley de Zn | % | | 5.5% | 5.2% | 5.2% | 5.5% | 5.3% | 5.3% | 5.4% |
| Costos | | | | | | | | | |
| Geología | \$/tt | | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 1.8 |
| Mina | \$/tt | | 36.5 | 36.4 | 35.4 | 35.7 | 35.4 | 32.1 | 30.5 |
| Planta Concentradora | \$/tt | | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.4 |
| Mantenimiento | \$/tt | | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 |
| Energía | \$/tt | | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Apoyo | \$/tt | | 13.4 | 13.4 | 13.3 | 13.4 | 13.4 | 13.4 | 13.3 |
| Optimizacion y Mejoras | \$/tt | | 1.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Cash Cost | \$/tt | | 71 | 69 | 68 | 69 | 68 | 65 | 63 |
| Capex | | | | | | | | | |
| Por Naturaleza de Capex | | | | | | | | | |
| Sostenimiento | \$ M | | 13.5 | 24.9 | 23.3 | 3.9 | 11.6 | 0.5 | 0.1 |
| Normativo | \$ M | | 1.2 | 1.8 | 2.0 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Cierre de Mina | \$ M | | 3.6 | 1.9 | 0.9 | 0.1 | 0.1 | 15.2 | 7.0 |
| Crecimiento | \$ M | | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Capex | \$ M | | 19.4 | 28.6 | 26.1 | 4.3 | 11.9 | 15.9 | 7.4 |

- ✓ **Costo de operación (cash cost) largo plazo:** el costo de operación (*cash cost*) considera las áreas de geología con un costo unitario de 2.4 US \$/t, el área de mina con un costo unitario de 35.3 US \$/t, el área de planta concentradora con un costo unitario de 5.4 US \$/t, el área de mantenimiento con un costo unitario de 8.4 US \$/t, el área de energía con un costo unitario de 3.5 US \$/t y el área de apoyo con un costo unitario de 13.4 US \$/t.

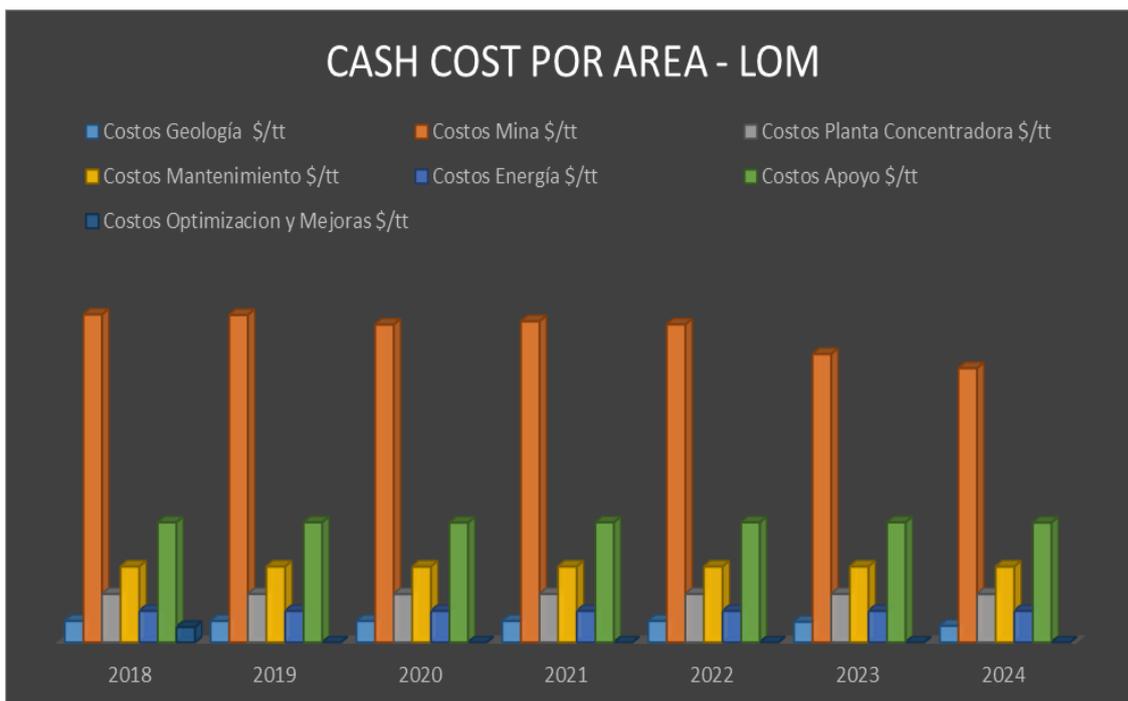


Figura 9. Costo de operación unitaria por área, tipo largo plazo en unidad minera Raura

- ✓ **Costo de inversión (capex) largo plazo:** las inversiones programadas del largo plazo considerados por su naturaleza como sostenimiento con inversión promedio de 0.1 US \$ M, como normativo con inversión promedio de 0.9 US \$ M y, como cierre de mina, una inversión promedio de 3.6 US \$ M. La relación *opex* y *capex* con la producción a largo plazo, permite un análisis de mejora de la productividad en las distintas áreas unitarias de la operación minera.

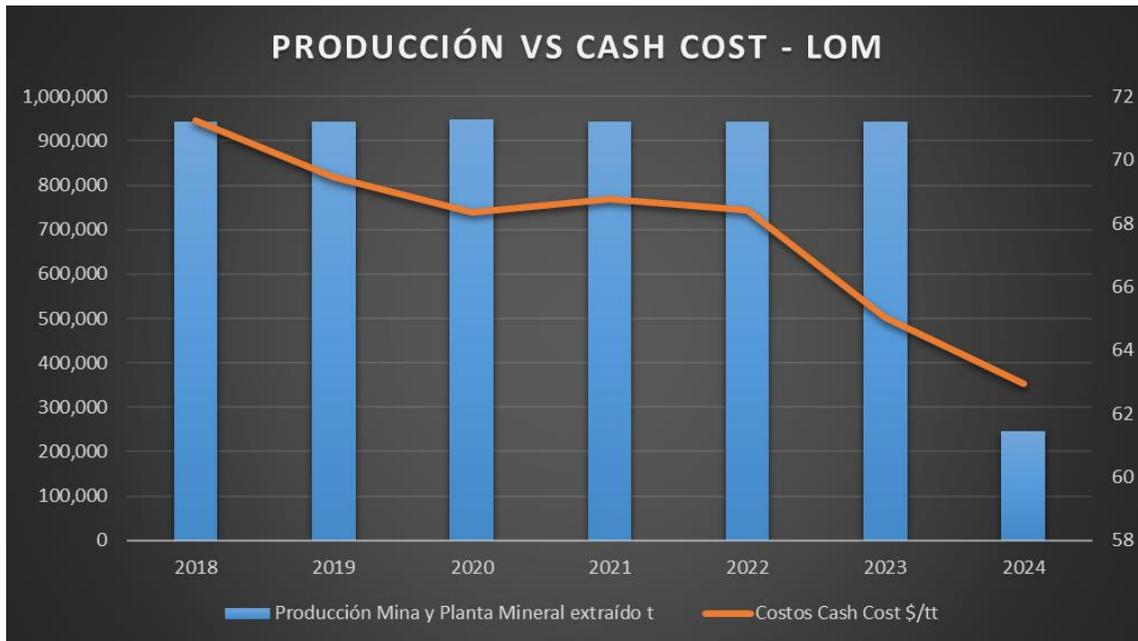


Figura 10. Costo de operación versus producción, tipo largo plazo en unidad minera Raura

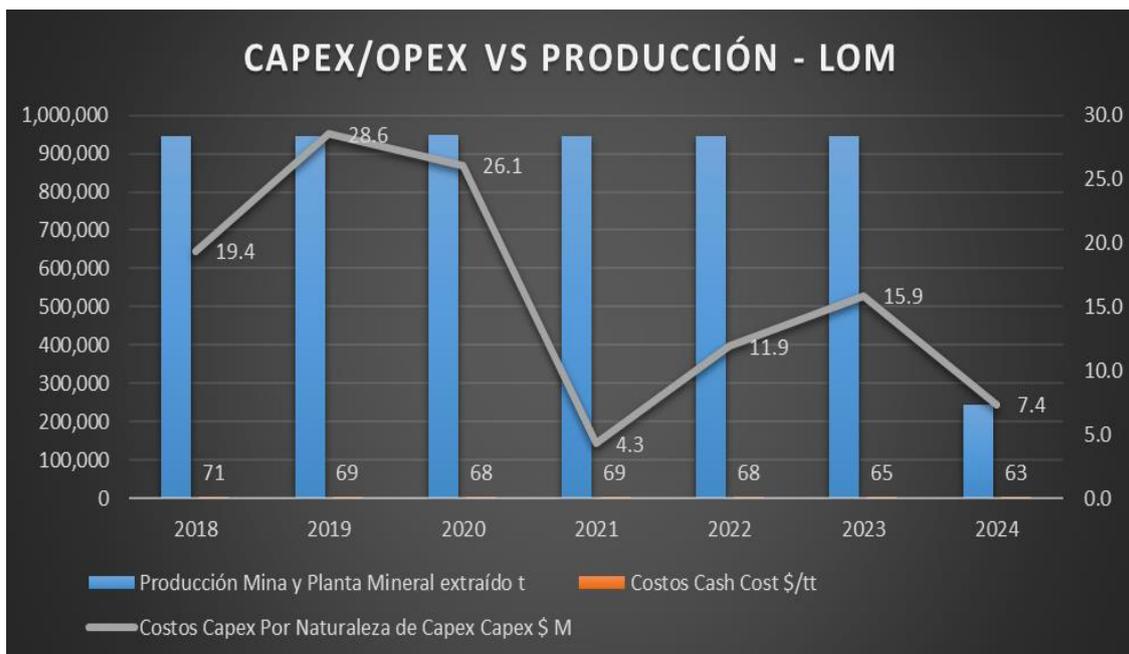


Figura 11. Capex y opex versus producción, tipo largo plazo en unidad minera Raura

2.10. Plan de Producción Periodo de Estudio 2019

Las actividades del presente trabajo de estudio se realizaron con el análisis del periodo enero a setiembre 2019, considerando una producción programada (*Budget*) de 739,574.72 toneladas y con una producción real de 749,342.82 toneladas, generando una mejora de la producción en 9,768.10 toneladas. Este mayor incremento de producción mejoró la productividad de las diferentes áreas unitarias.

Este mayor incremento de producción permitió el mayor tonelaje diario de 2,709.06 toneladas programadas a 2,744.85 toneladas ejecutadas durante el periodo de estudio, con leyes media de Ag@2.41 Oz/t, Cu@ 0.18%, Pb@ 1.88% y Zn@ 4.31%, y un valor unitario de mineral de 137.31 US \$/t.

El mayor incremento de producción durante el periodo de estudio enero a setiembre del 2019 permitió un mayor tonelaje de transporte de mineral, el cual a su vez disminuye significativamente el costo unitario de transporte.

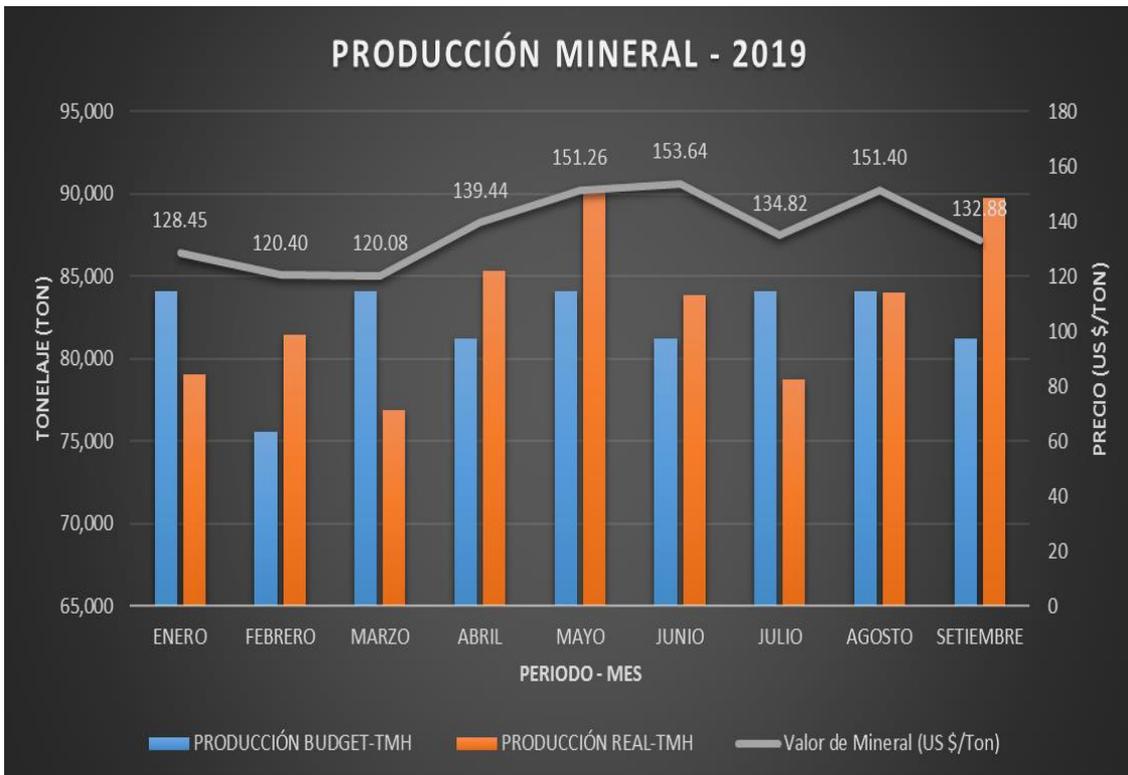


Figura 12. Producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

| PRODUCCIÓN MENSUAL | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | TOTAL |
| PRODUCCIÓN BUDGET-TMH | 84,074.60 | 75,524.95 | 84,074.81 | 81,225.37 | 84,075.47 | 81,224.66 | 84,074.97 | 84,074.55 | 81,225.33 | 739,574.72 |
| PRODUCCIÓN REAL-TMH | 79,032.02 | 81,430.61 | 76,903.13 | 85,280.49 | 90,395.24 | 83,823.01 | 78,734.65 | 83,976.21 | 89,767.46 | 749,342.82 |
| Oz/Tm Plata | 2.08 | 1.96 | 2.42 | 2.68 | 2.61 | 2.58 | 2.55 | 2.40 | 2.35 | 2.41 |
| % Cobre | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.20 | 0.20 | 0.17 | 0.21 | 0.17 | 0.18 |
| % Plomo | 2.06 | 1.68 | 1.64 | 1.80 | 1.69 | 2.02 | 1.97 | 2.28 | 1.81 | 1.88 |
| % Zinc | 3.87 | 3.88 | 3.64 | 4.47 | 4.96 | 4.94 | 3.99 | 4.68 | 4.22 | 4.31 |
| Valor de Mineral (US \$/Ton) | 128.45 | 120.40 | 120.08 | 139.44 | 151.26 | 153.64 | 134.82 | 151.40 | 132.88 | 137.31 |

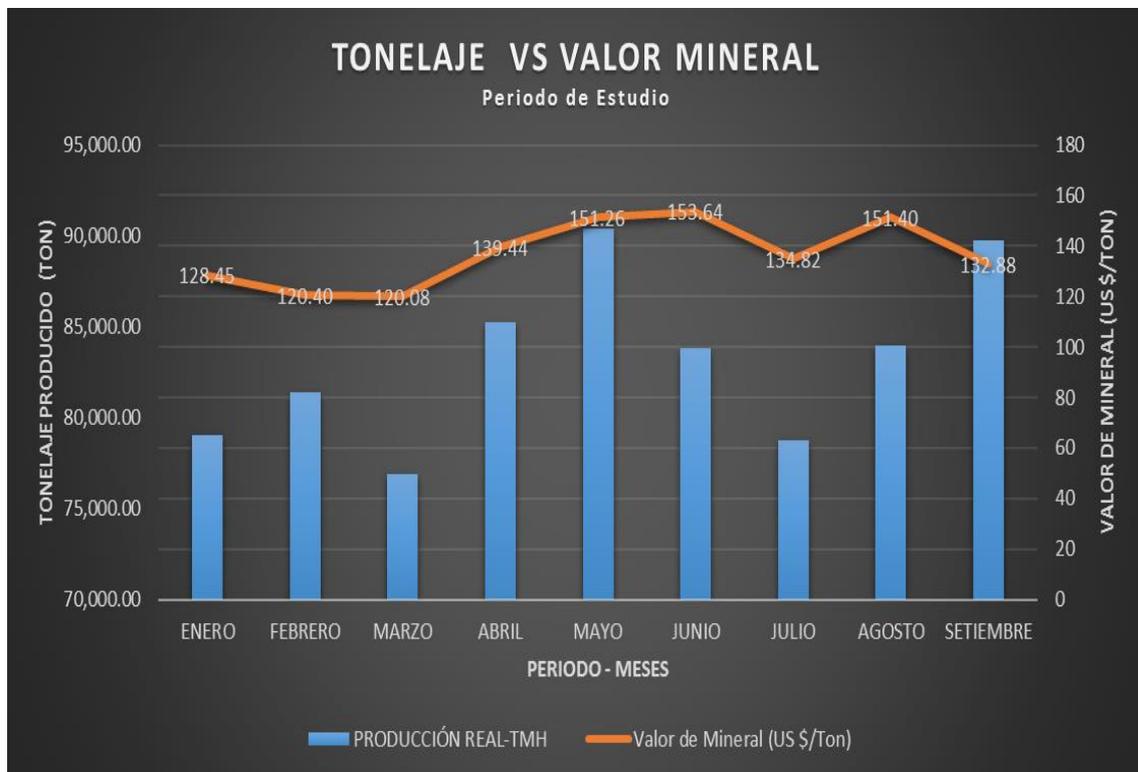


Figura 13. Producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

2.11. Evaluación Económica Periodo de Estudio 2019

a) **Ingresos:** se definieron los ingresos en función de una producción de 749,342.82 toneladas, con una ley promedio de Ag@2.41 Oz/t, Cu@ 0.18%, Pb@ 1.88% y Zn@ 4.31%, y un valor unitario de mineral de 137.31 US \$/t.

Los ingresos generados por el periodo de estudio son de US \$ 102,891,325.21 y los ingresos por la producción programada fue de US \$ 101,368,466.93, generando un margen de ingresos de US \$ 1,522,858.28.

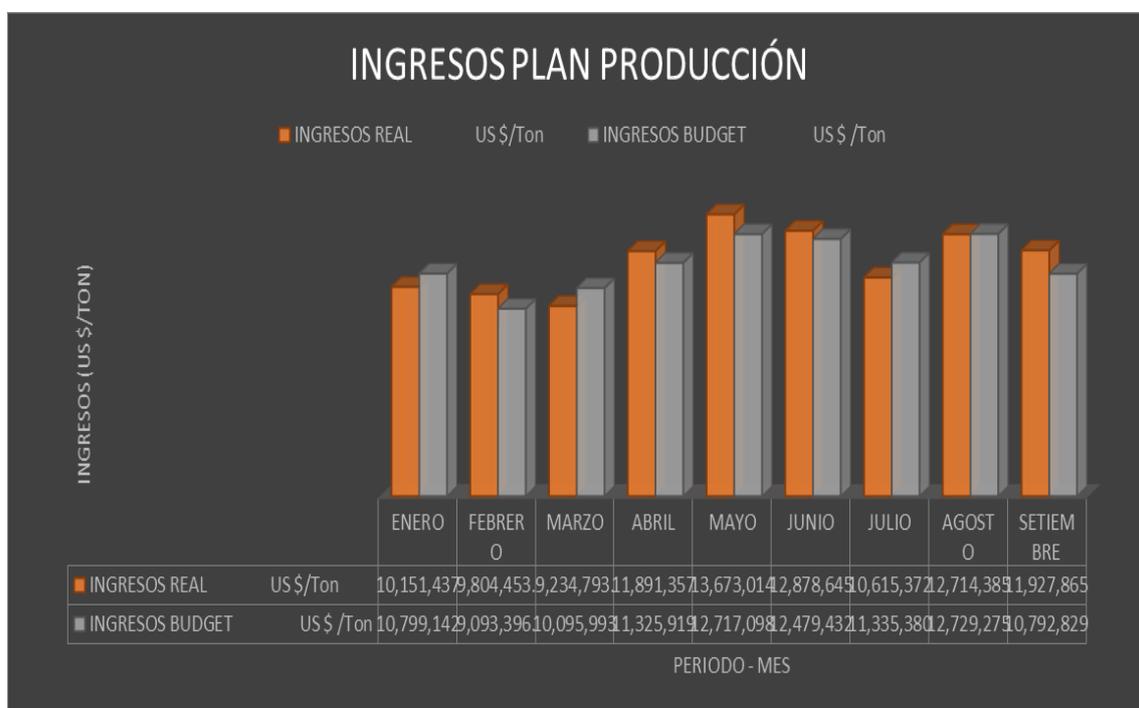


Figura 14. Ingresos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

INGRESOS OPERACIONALES - MINERAL

REAL - BUDGET 2019

| INGRESO MENSUAL | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | TOTAL |
| PRODUCCIÓN REAL TMH | 79,032.02 | 81,430.61 | 76,903.13 | 85,280.49 | 90,395.24 | 83,823.01 | 78,734.65 | 83,976.21 | 89,767.46 | 749,342.82 |
| INGRESOS REAL US \$/Ton | 10,151,437.55 | 9,804,453.22 | 9,234,793.64 | 11,891,357.82 | 13,673,014.09 | 12,878,645.19 | 10,615,372.95 | 12,714,385.37 | 11,927,865.38 | 102,891,325.21 |
| PRODUCCIÓN BUDGET TMH | 84,074.60 | 75,524.95 | 84,074.81 | 81,225.37 | 84,075.47 | 81,224.66 | 84,074.97 | 84,074.55 | 81,225.33 | 739,574.72 |
| INGRESOS BUDGET US \$/Ton | 10,799,142.65 | 9,093,396.27 | 10,095,993.58 | 11,325,919.14 | 12,717,098.16 | 12,479,432.60 | 11,335,380.39 | 12,729,275.06 | 10,792,829.08 | 101,368,466.93 |
| VALOR MINERAL US \$/Ton | 128.45 | 120.40 | 120.08 | 139.44 | 151.26 | 153.64 | 134.82 | 151.40 | 132.88 | 137.31 |
| DIFERENCIA US \$/Ton | -647,705.10 | 711,056.96 | -861,199.94 | 565,438.68 | 955,915.93 | 399,212.59 | -720,007.43 | -14,889.69 | 1,135,036.30 | 1,522,858.28 |

Figura 15. Ingresos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

b) Costos: los costos se definieron en función de una producción de 749,342.82 toneladas, considerando las áreas de geología con un costo total de US \$ 13,365,797.28, el área de mina con un costo total de US \$ 199,890,982.30, el área de planta concentradora con un costo total de US \$ 30,478,634.48, el área de mantenimiento con un costo total de US \$ 47,817,402.92, el área de energía con un costo total de US \$ 19,781,942.01 y el área de apoyo con un costo total de US \$ 75,705,805.28.

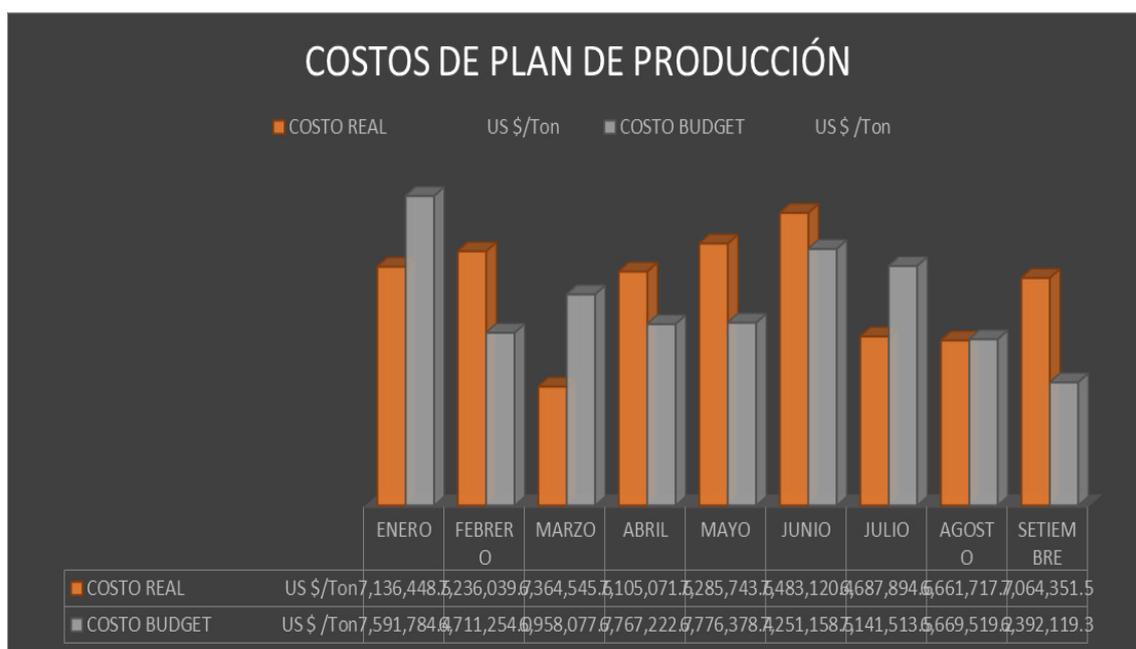


Figura 16. Costos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

c) Valor presente neto: la mayor producción generada durante el periodo de estudio, enero a setiembre del 2019, se incrementó de 739,574.32 toneladas programadas a 749,342.82 toneladas ejecutadas, con un incremento de 9,768.10 toneladas, permitió el incremento del valor presente neto en US \$ 312,500 un incremento del TIR de 12% a 13%.

| COSTOS PRODUCCIÓN MENSUAL-TMH | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | TOTAL |
| PRODUCCIÓN REAL TMH | 79,032.02 | 81,430.61 | 76,903.13 | 85,280.49 | 90,395.24 | 83,823.01 | 78,734.65 | 83,976.21 | 89,767.46 | 749,342.82 |
| COSTO REAL US \$/Ton | 7,136,448.50 | 7,236,039.70 | 6,364,545.67 | 7,105,071.66 | 7,285,743.67 | 7,483,120.48 | 6,687,894.66 | 6,661,717.73 | 7,064,351.53 | 63,024,933.59 |
| PRODUCCIÓN BUDGET TMH | 84,074.60 | 75,524.95 | 84,074.81 | 81,225.37 | 84,075.47 | 81,224.66 | 84,074.97 | 84,074.55 | 81,225.33 | 739,574.72 |
| COSTO BUDGET US \$/Ton | 7,591,784.41 | 6,711,254.05 | 6,958,077.76 | 6,767,222.75 | 6,776,378.41 | 7,251,158.51 | 7,141,513.57 | 6,669,519.20 | 6,392,119.31 | 62,259,027.96 |
| CASH COST US \$/Ton | 90.30 | 88.86 | 82.76 | 83.31 | 80.60 | 89.27 | 84.94 | 79.33 | 78.70 | 84.11 |
| DIFERENCIA US \$/Ton | -455,335.91 | 524,785.65 | -593,532.09 | 337,848.91 | 509,365.26 | 231,961.97 | -453,618.91 | -7,801.47 | 672,232.22 | 765,905.64 |

Figura 17. Costos de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

U.M. RAURA

| Meses | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | CAPEX | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre |
| PRODUCCIÓN BUDGET (TMS) | | 84,075 | 75,525 | 84,075 | 81,225 | 84,075 | 81,225 | 84,075 | 84,075 | 81,225 |
| INGRESO (US\$) | | 10,799,143 | 9,093,396 | 10,095,994 | 11,325,919 | 12,717,098 | 12,479,433 | 11,335,380 | 12,729,275 | 10,792,829 |
| COSTO (US \$) | | 7,591,784 | 6,711,254 | 6,958,078 | 6,767,223 | 6,776,378 | 7,251,159 | 7,141,514 | 6,669,519 | 6,392,119 |
| BENEFICIO | -21,412,500 | 3,207,358 | 2,382,142 | 3,137,916 | 4,558,696 | 5,940,720 | 5,228,274 | 4,193,867 | 6,059,756 | 4,400,710 |
| VAN | 432,079 | | | | | | | | | |
| TIR | 12% | | | | | | | | | |
| PRODUCCIÓN REAL (TMS) | | 79,032 | 81,431 | 76,903 | 85,280 | 90,395 | 83,823 | 78,735 | 83,976 | 89,767 |
| INGRESO (US \$) | | 10,151,438 | 9,804,453 | 9,234,794 | 11,891,358 | 13,673,014 | 12,878,645 | 10,615,373 | 12,714,385 | 11,927,865 |
| COSTO (US \$) | | 7,136,448 | 7,236,040 | 6,364,546 | 7,105,072 | 7,285,744 | 7,483,120 | 6,687,895 | 6,661,718 | 7,064,352 |
| BENEFICIO | -21,412,500 | 3,014,989 | 2,568,414 | 2,870,248 | 4,786,286 | 6,387,270 | 5,395,525 | 3,927,478 | 6,052,668 | 4,863,514 |
| VAN | 744,579 | | | | | | | | | |
| TIR | 13% | | | | | | | | | |

Figura 18. Evaluación económica del plan de producción, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y Alcances de la Investigación

3.1.1. Método de la Investigación

Se realizó una investigación aplicada a un nivel explicativo, logrando la mejora de la productividad en la compañía minera Raura. El método que se desarrolla es inductivo-deductivo, ya que su interpretación parte de casos particulares a generales. Siendo el resultado un método que mejore la productividad y por ende la optimización de costos en el acarreo y transporte.

A. Método general

El método de la investigación que se empleó como base estructural es el método científico, que orientó cómo se debe efectuar una investigación del tipo inductivo-deductivo, además de ser analítico-sintético, por las formas de analizar los hechos o fenómenos y relacionarlos con las bases teóricas del marco conceptual, asumiendo categorías cognitivas de síntesis.

B. Métodos específicos

Recopilación de informes anteriores: para tener una perspectiva de los trabajos que se realizaron anteriormente y poder entender el desarrollo de las actividades realizadas.

Trabajo de campo: se toman datos en el momento que se realizan las operaciones; toma de tiempos, monitores a los operadores y zona de trabajo.

Trabajo de gabinete: se realizaron estudios operacionales y modelamientos con los datos obtenidos en campo.

Resultados: el análisis de datos se efectuó en base a una relación de causa-efecto. Se utilizó el programa Excel para analizar los datos obtenidos.

3.1.2. Alcances de la Investigación

A. Tipo de investigación

De acuerdo a los diversos criterios de investigación, es considerada de tipo aplicada. La investigación hace utilización y aplicación de los conocimientos y teorías que ya se han desarrollado en las investigaciones básicas, porque de su uso dependen los resultados y conclusiones que se van a obtener. Se fundamenta en las ciencias básicas, como geología, metalurgia, mecánica, economía y tecnología.

B. Nivel

El nivel de la investigación que se desarrolló es de tipo explicativo, porque se busca conocer ciertos factores que ayuden a mejorar la productividad bajo criterios técnico-económicos. Los estudios explicativos buscan nuevas respuestas que ayuden a mejorar ciertas deficiencias. Esto se sustenta porque la hipótesis fue sometida a pruebas. La principal utilidad del nivel o alcance explicativo es saber cuáles son las variables que inciden en los costos unitarios de sistema de acarreo y transporte.

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación consistirá en realizar el control técnico-económico en la aplicación del sistema de acarreo y transporte de mineral y desmonte de la compañía minera Raura S. A. Se desarrolló en un periodo de cinco meses y luego se analizó para la obtención de resultados.

3.2.1. Tipo de Investigación

La investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). Se realizó durante el periodo de cinco meses, se hizo un control y registro de las variables, durante el estudio se visualizaron cambios a través del tiempo. En la investigación no se manipularon o trataron de alterar a las variables. Solo se enfocó en investigar y observar los parámetros técnico-económicos en la operación minera, luego se analizó la rentabilidad de la explotación de la veta Julissa de acuerdo al sistema de acarreo y transporte.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población pertenece a la compañía minera Raura S. A. donde se tienen los equipos de transporte y acarreo y están en las labores de exploración, desarrollo, preparación y producción.

3.3.2. Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico, intencionado y por conveniencia de los equipos de acarreo y transporte de la compañía minera Raura S. A.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En la actualidad, la investigación científica tiene una diversidad de técnicas de recolección de datos que están relacionadas al método y tipo de investigación a realizar.

3.4.1. Técnicas Utilizadas en la Recolección de Datos

- ✓ Observación
- ✓ Revisión bibliográfica
- ✓ Recopilación de datos en campo
- ✓ Manejo de Softwares

3.4.2. Instrumentos Utilizados en la Recolección de Datos

- ✓ Software para cálculos Microsoft Excel 2010
- ✓ Libros
- ✓ Bibliografía de Internet

- ✓ PC
- ✓ Tablas estadísticas
- ✓ Otros

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del Tratamiento y Análisis de la Información

A continuación, se presentan los resultados de investigación, mostrando la optimización del costo unitario de transporte de mineral y desmonte en la unidad minera Raura.

4.1.1. Cálculos Plan de Producción – Periodo de Estudio

La unidad minera Raura continúa profundizando los niveles inferiores, desarrollando labores subterráneas en los niveles profundos. Actualmente, la producción promedio mensual de mineral es de 2,756 tm/día, los cuales provienen de los diferentes tajeos y labores de avance sobre veta. El método de minado es principalmente mediante *sublevel stoping*, *bech and fill* y en menor proporción *cut and fill*, con una ley de cabeza promedio para el año 2019 de 2.9 Oz Ag, 0.2% Cu, 2.9% Pb y 5.2% Zn, con un valor de mineral promedio de 137.31 US \$/t.

| PRODUCCIÓN REAL MENSUAL - 2019 | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | TOTAL |
| PRODUCCIÓN BUDGET-TMH | 84,074.60 | 75,524.95 | 84,074.81 | 81,225.37 | 84,075.47 | 81,224.66 | 84,074.97 | 84,074.55 | 81,225.33 | 739,574.72 |
| PRODUCCIÓN REAL-TMH | 79,032.02 | 81,430.61 | 76,903.13 | 85,280.49 | 90,395.24 | 83,823.01 | 78,734.65 | 83,976.21 | 89,767.46 | 749,342.82 |
| Oz/Tm Plata | 2.08 | 1.96 | 2.42 | 2.68 | 2.61 | 2.58 | 2.55 | 2.40 | 2.35 | 2.41 |
| % Cobre | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.20 | 0.20 | 0.17 | 0.21 | 0.17 | 0.18 |
| % Plomo | 2.06 | 1.68 | 1.64 | 1.80 | 1.69 | 2.02 | 1.97 | 2.28 | 1.81 | 1.88 |
| % Zinc | 3.87 | 3.88 | 3.64 | 4.47 | 4.96 | 4.94 | 3.99 | 4.68 | 4.22 | 4.31 |
| Valor de Mineral (US \$/Ton) | 128.45 | 120.40 | 120.08 | 139.44 | 151.26 | 153.64 | 134.82 | 151.40 | 132.88 | 137.31 |

Figura 19. Evaluación económica del plan de producción, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

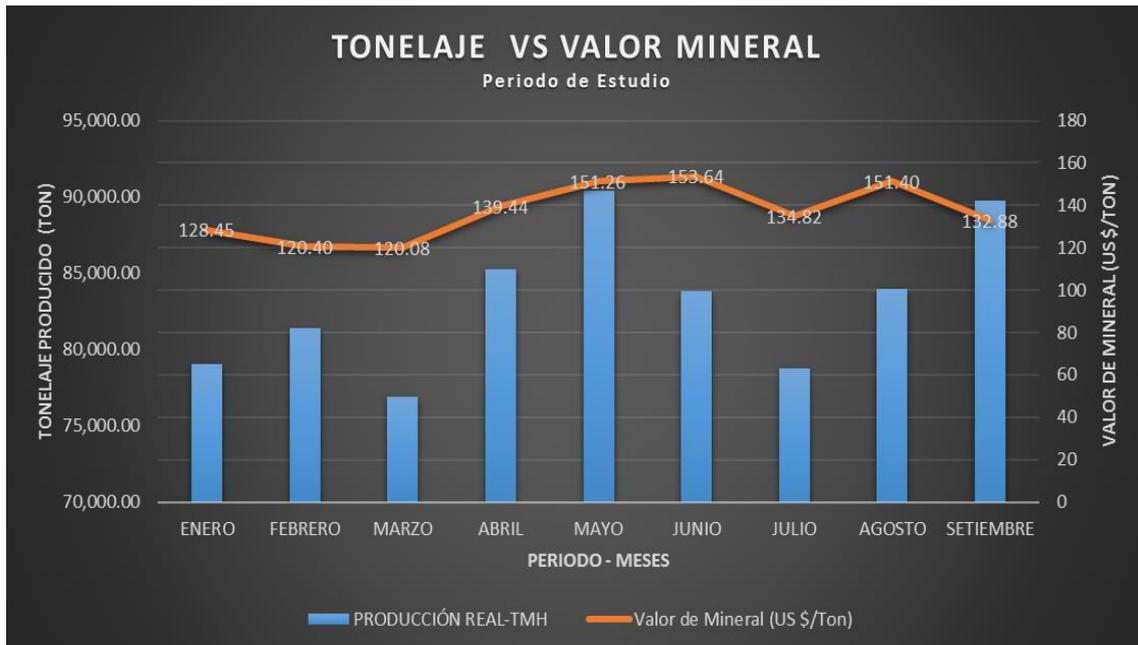


Figura 20. Producción de mineral versus valor de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ El plan de producción programada para el periodo enero a setiembre del 2019 fue de 739,574.72 toneladas y la producción real de 749,342.82 toneladas. Este mayor incremento de producción en 1.32 %, permitió mayores ingresos por lo que el rendimiento de los equipos de carguío, acarreo y transporte de mineral y desmonte incrementan.
- ✓ Los mayores incrementos de producción se realizaron entre los meses de abril, mayo y setiembre con producciones de 85,280.49 toneladas, 90,395.24 toneladas y 89,767.46 toneladas respectivamente, considerando los precios de mineral entre 139.44 US \$/t, 151.26 US \$/t y 132 US \$/t.

A. Costo de producción (cash cost)

El *cash cost* generado durante el periodo de estudio permite realizar un análisis de las áreas de geología con un costo unitario de 3.5 US \$/t, el área de mina con un costo unitario de 43.8 US \$/t, el área de planta concentradora con un costo unitario de 5.5 US \$/t, el área de mantenimiento con un costo unitario de 9.1 US \$/t, el área de energía con un costo unitario de 3.5 US \$/t y el área de apoyo con un costo unitario de 17.0 US \$/t.

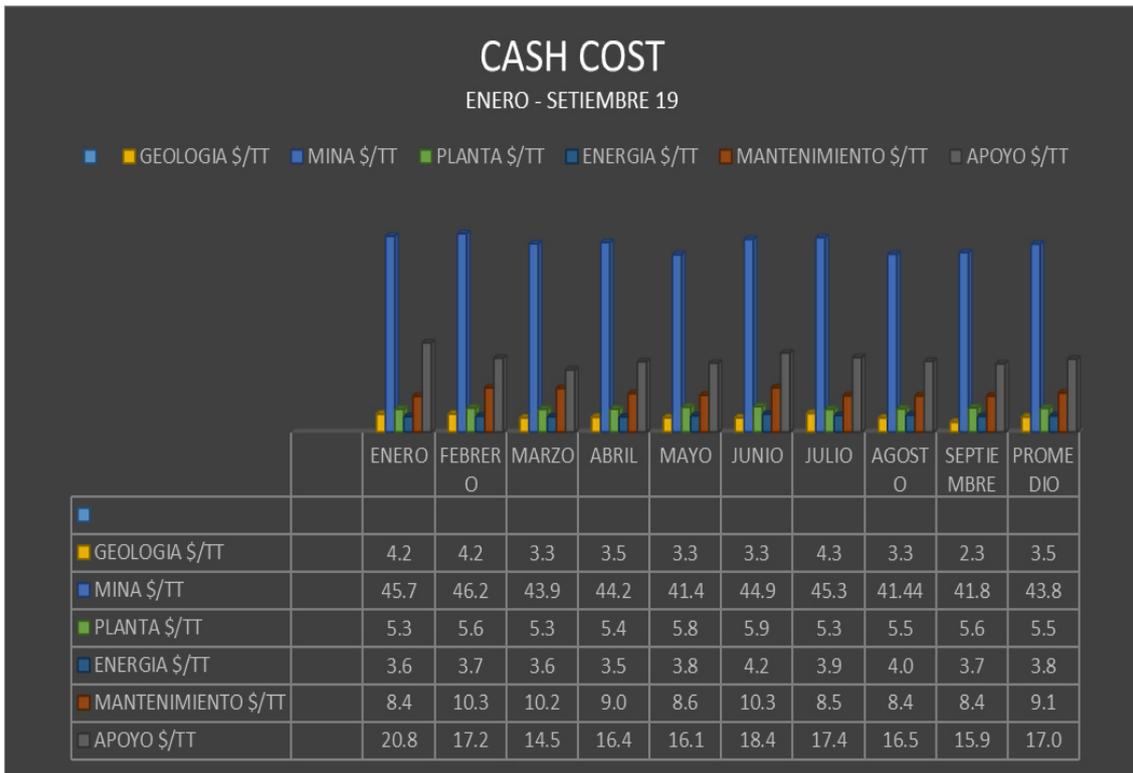


Figura 21. Costo de producción de mineral, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ El mayor costo operacional está asociado al costo de mina con 43.8 US \$/t y en segundo orden está el área de apoyo con 17 US \$/t, el cual considera el rubro de gestión operacional, administrativa, financiera, social y ambiental.
- ✓ El área unitaria de mina incluye el costo unitario de transporte de mineral y desmonte, rubros asociados al análisis del presente estudio.

CASH COST - U.M. RAURA

PERIODO 2019

| | | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | PROMEDIO |
|----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| GEOLOGIA | \$/TT | 4.2 | 4.2 | 3.3 | 3.5 | 3.3 | 3.3 | 4.3 | 3.3 | 2.3 | 3.5 |
| MINA | \$/TT | 45.7 | 46.2 | 43.9 | 44.2 | 41.4 | 44.9 | 45.3 | 41.44 | 41.8 | 43.8 |
| PLANTA | \$/TT | 5.3 | 5.6 | 5.3 | 5.4 | 5.8 | 5.9 | 5.3 | 5.5 | 5.6 | 5.5 |
| ENERGIA | \$/TT | 3.6 | 3.7 | 3.6 | 3.5 | 3.8 | 4.2 | 3.9 | 4.0 | 3.7 | 3.8 |
| MANTENIMIENTO | \$/TT | 8.4 | 10.3 | 10.2 | 9.0 | 8.6 | 10.3 | 8.5 | 8.4 | 8.4 | 9.1 |
| APOYO | \$/TT | 20.8 | 17.2 | 14.5 | 16.4 | 16.1 | 18.4 | 17.4 | 16.5 | 15.9 | 17.0 |
| CASH COST OPERATIVO | \$/TT | 87.9 | 87.3 | 80.7 | 81.9 | 78.9 | 87.1 | 84.6 | 79.0 | 77.8 | 82.7 |
| Estudios y Optimizaciones | \$/TT | 2.4 | 1.6 | 2.0 | 1.4 | 1.7 | 2.2 | 0.3 | 0.3 | 0.9 | 1.4 |
| CASH COST TOTAL | \$/TT | 90.3 | 88.9 | 82.8 | 83.3 | 80.6 | 89.3 | 84.9 | 79.33 | 78.70 | 84.11 |

Figura 22. Cash cost del plan de producción, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

B. Tonelaje de desmote programado

El tonelaje programado durante el periodo de estudio de enero a setiembre del 2019 considera un tonelaje transportado de 190,246 toneladas, este total considera el transporte de las labores de geología (exploraciones), desarrollo y preparaciones.

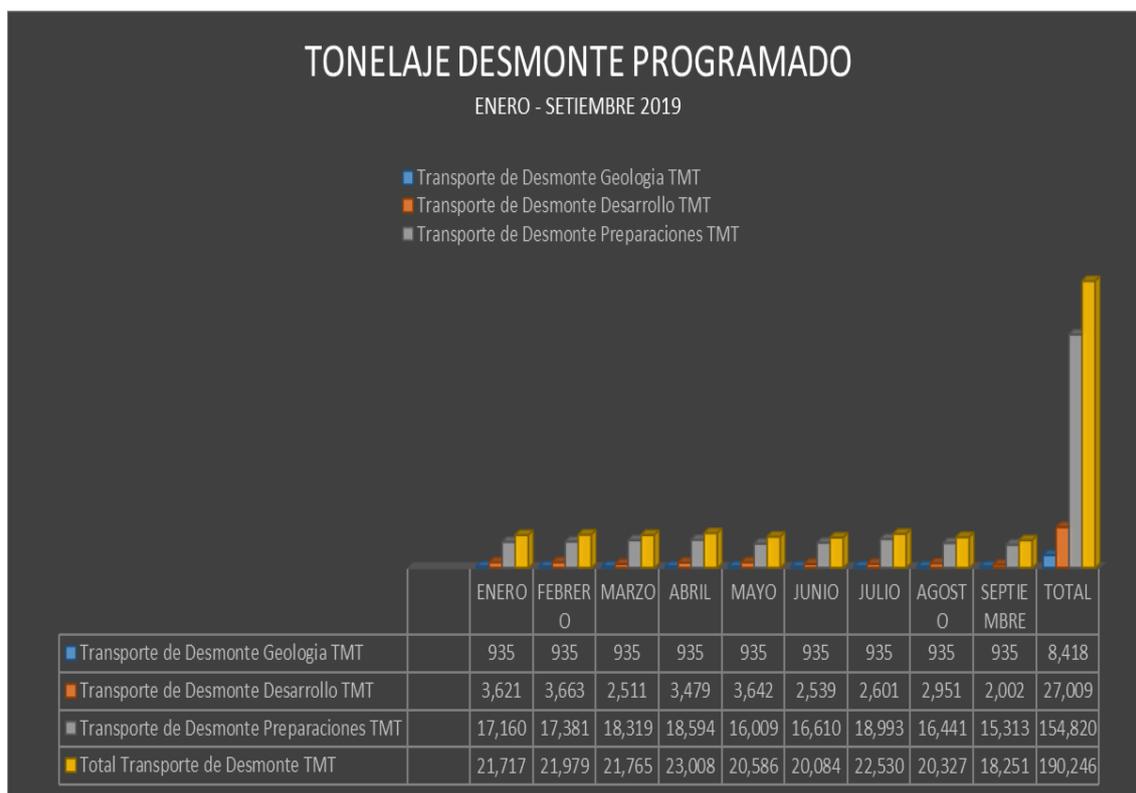


Figura 23. Tonelaje de desmote transportado programado, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ El mayor tonelaje transportado programado de desmote es en labores de preparaciones con 154,820 toneladas transportadas.
- ✓ El que genera incidencia de segundo orden y no menos importante es el de transporte programado de desmote en labores de desarrollo con 27,009 toneladas.

TONELAJE DESMONTE PROGRAMADO - U.M. RAURA

PERIODO 2019

| | | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | TOTAL |
|--------------------------------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Produccion | | | | | | | | | | | |
| Transporte de Desmonte Geologia | TMT | 935 | 935 | 935 | 935 | 935 | 935 | 935 | 935 | 935 | 8,418 |
| Transporte de Desmonte Desarrollo | TMT | 3,621 | 3,663 | 2,511 | 3,479 | 3,642 | 2,539 | 2,601 | 2,951 | 2,002 | 27,009 |
| Transporte de Desmonte Preparaciones | TMT | 17,160 | 17,381 | 18,319 | 18,594 | 16,009 | 16,610 | 18,993 | 16,441 | 15,313 | 154,820 |
| Total Transporte de Desmonte | TMT | 21,717 | 21,979 | 21,765 | 23,008 | 20,586 | 20,084 | 22,530 | 20,327 | 18,251 | 190,246 |

Figura 24. Tonelaje de desmonte programado, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

C. Costo de transporte programado

El tonelaje de desmote programado durante el periodo de estudio de enero a setiembre del 2019 considera un tonelaje transportado de 190,246 toneladas, este total considera el transporte de las labores de geología (exploraciones), desarrollo y preparaciones.



Figura 25. Tonelaje de desmote transportado programado, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ El costo total de transporte durante el periodo de estudio, enero a setiembre 2019, fue de 44,633 US \$ y un tonelaje transportado en labores de desarrollo de 27,009 toneladas.
- ✓ El mayor costo de transporte de desmote programado fue en el mes de febrero con 6,053 US \$ y un tonelaje transportado de 3,663 toneladas.
- ✓ El menor tonelaje transportado programado es para el mes de setiembre con 2002 toneladas y un costo total de transporte de 3,309 US \$.

COSTO TRANSPORTE PROGRAMADO - U.M. RAURA

LABORES DESARROLLO - PERIODO 2019

| MINA DESARROLLO | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|------------|-----------|
| | | | | | | | | | | | |
| | | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | TOTAL |
| TRANSPORTE DESMONTE | K\$ | 5984 | 6053 | 4150 | 5749 | 6018 | 4195 | 4298 | 4876 | 3309 | 44,633 |
| <i>Tm Transportadas</i> | <i>Tm</i> | 3,621 | 3,663 | 2,511 | 3,479 | 3,642 | 2,539 | 2,601 | 2,951 | 2,002 | 27,009 |
| <i>P.U. Tm Transporte</i> | <i>\$/tkm</i> | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 |
| <i>Kilometro transportado</i> | <i>km</i> | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 | 3.11 |
| <i>Ratio Tm Transportadas</i> | <i>Ktm</i> | 11,262.46 | 11,392.17 | 7,809.32 | 10,819.06 | 11,326.52 | 7,894.97 | 8,089.17 | 9,176.08 | 6,227.21 | 83,996.97 |

Figura 26. Costo de transporte de desmonte programado, labores de desarrollo, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

4.1.2. Análisis de Transporte de Desmote y Mineral – Periodo de Estudio

Durante el periodo de estudio, se analizaron las variables de tonelaje transportado de mineral y desmote, asociado a su costo de transporte producto de la labor ejecutada; desarrollo y preparación. Los resultados de tonelaje transportados reales se comparan con los tonelajes programados y se determina su productividad.

A. Transporte de material - periodo enero 2019

El transporte de mineral y desmote durante el mes de enero considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga considera planta y desmontera, con distancias promedio para mineral de 8.3 kilómetros y de 4.9 kilómetros para desmote, con un transporte total de material de 91,760 toneladas y un costo total de 351,002 US \$.

| TOTAL TRANSPORTADO - ENERO 2019 | | | | |
|----------------------------------------|--------------|---------------|----------------|------------|
| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
| 8 X 4 | EXPLORACIÓN | 55,100 | 228,291 | 8.7 |
| | PREPARACIÓN | 19,193 | 77,180 | 8.4 |
| | DESARROLLO | | | |
| | SUPERFICIE | 3,364 | 5,627 | 2.3 |
| | TOTAL | 77,657 | 311,098 | 8.3 |

| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|------------|
| 8 X 4 | EXPLORACIÓN | 1,173 | 5,462 | 8.9 |
| | PREPARACIÓN | 8,980 | 25,062 | 4.8 |
| | DESARROLLO | 2,284 | 5,482 | 3.9 |
| | SUPERFICIE | 1,666 | 3,899 | 3.7 |
| | TOTAL | 14,103 | 39,905 | 4.9 |

| | |
|------------------------------|----------------|
| TRANSPORTE TOTAL US\$ | 351,002 |
|------------------------------|----------------|

Figura 27. Total de material transportado ejecutado, periodo enero 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de enero se transportó 77,657 toneladas de mineral con un costo total de 311,098 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 8.3

kilómetros.

- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 55,100 toneladas, un costo total de 228,291 US \$ y una distancia de 8.7 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 19,193 toneladas, un costo total de 77,180 US \$ y una distancia total de 8.4 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 3364 toneladas, un costo total de 5627 US \$ y una distancia total de 2.3 kilómetros.
- ✓ Durante el mismo periodo de enero se transportó 14,103 toneladas de desmonte con un costo total de 39,905 US \$ y una distancia promedio de 4.9 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 1,173 toneladas, un costo total de 5,462 US \$ y una distancia de 8.9 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 8,980 toneladas, un costo total de 25,062 US \$ y una distancia total de 4.8 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 2,284 toneladas, un costo total de 5,482 US \$ y una distancia total de 3.9 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 3,364 toneladas, un costo total de 5,627 US \$ y una distancia total de 2.3 kilómetros.

B. Transporte de material - periodo febrero 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de febrero considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga considera planta y desmontera, con distancias promedio para mineral de 8.3 kilómetros y de 3.6 kilómetros para desmonte, con un transporte total de material de 88,646 toneladas y un costo total de 352,559 US \$.

TOTAL TRANSPORTADO - FEBRERO 2019

| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
|--------------|-------------|---------------|----------------|------------|
| MINERAL | EXPLOTACIÓN | 60,926 | 251,695 | 8.6 |
| | PREPARACIÓN | 20,310 | 85,264 | 8.8 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 3,796 | 6,593 | 2.4 |
| TOTAL | | 85,032 | 343,552 | 8.3 |

| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
|--------------|-------------|--------------|--------------|------------|
| DESMONTE | EXPLOTACIÓN | 216 | 739 | 6.2 |
| | PREPARACIÓN | 2,596 | 6,405 | 3.3 |
| | DESARROLLO | 555 | 1,300 | 3.9 |
| | SUPERFICIE | 247 | 564 | 3.6 |
| TOTAL | | 3,615 | 9,007 | 3.6 |

TRANSPORTE TOTAL US\$**352,559**

Figura 28. Total de material transportado ejecutado, periodo febrero 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de febrero se transportó 85,032 toneladas de mineral con un costo total de 343,552 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 8.3 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 60,929 toneladas, un costo total de 251,695 US \$ y una distancia de 8.6 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 20,310 toneladas, un costo total de 85,264 US \$ y una distancia total de 8.8 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 3,796 toneladas, un costo total de 6,593 US \$ y una distancia total de 2.4 kilómetros.
- ✓ Durante el mismo periodo de febrero se transportó 3,615 toneladas de desmonte con un costo total de 9,007 US \$ y una distancia promedio de 3.6 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 216 toneladas, un costo total de 739 US \$ y una distancia de 6.2 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 2,596 toneladas, un costo total de 6,405 US \$ y una distancia total de 3.3 kilómetros. Desarrollo

con un tonelaje transportado de 555 toneladas, un costo total de 1,300 US \$ y una distancia total de 3.9 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 247 toneladas, un costo total de 564 US \$ y una distancia total de 3.6 kilómetros.

C. Transporte de material - periodo marzo 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de marzo considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga consideran planta concentradora y área de desmontera.

La distancia promedio para el transporte de mineral hacia planta concentradora es de 8.0 kilómetros y de 3.4 kilómetros para el sector de desmontera, el tonelaje total de transporte de material fue de 94,951 toneladas con un costo total de transporte de 368,744 US \$.

| TOTAL - MARZO 2019 | | | | |
|---------------------------|--------------|---------------|----------------|------------|
| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
| MINERAL | EXPLORACIÓN | 65,125 | 255,848 | 8.1 |
| | PREPARACIÓN | 16,984 | 81,358 | 10.2 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 6,697 | 7,966 | 1.7 |
| | TOTAL | 88,806 | 345,172 | 8.0 |
| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
| DESMONTE | EXPLORACIÓN | 1,207 | 3,934 | 5.2 |
| | PREPARACIÓN | 3,888 | 6,920 | 2.4 |
| | DESARROLLO | 463 | 1,759 | 6.8 |
| | SUPERFICIE | 586 | 1,387 | 3.8 |
| | TOTAL | 6,145 | 13,999 | 3.4 |

| | |
|------------------------------|----------------|
| TRANSPORTE TOTAL US\$ | 368,744 |
|------------------------------|----------------|

Figura 29. Total de material transportado ejecutado, periodo marzo 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de marzo se transportó 88,806 toneladas de mineral con un costo total de 345,172 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 8.0 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 65,125 toneladas, un costo total de 255,848 US \$ y una distancia de 8.1 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 16,984 toneladas, un costo total de 81,358 US \$ y una distancia total de 10.2 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 6,697 toneladas, un costo total de 7,966 US \$ y una distancia total de 1.7 kilómetros.
- ✓ Durante el mismo periodo de marzo se transportó 6,145 toneladas de desmonte con un costo total de 13,999 US \$ y una distancia promedio de 3.4 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 1,207 toneladas, un costo total de 3,934 US \$ y una distancia de 5.2 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 3,888 toneladas, un costo total de 6,920 US \$ y una distancia total de 2.4 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 463 toneladas, un costo total de 1,759 US \$ y una distancia total de 6.8 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 586 toneladas, un costo total de 1,387 US \$ y una distancia total de 3.8 kilómetros.

D. Transporte de material - periodo abril 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de abril considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga consideran planta concentradora y área de desmontera.

La distancia promedio para el transporte de mineral hacia planta concentradora es de 7.2 kilómetros y de 4.2 kilómetros para el sector de desmontera, el tonelaje total de transporte de material fue de 107,542 toneladas con un costo total de transporte de 393,405 US \$.

TOTAL TRANSPORTADO - ABRIL 2019

| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
|----------------|--------------|----------------|----------------|------------|
| MINERAL | EXPLOTACIÓN | 66,201 | 266,563 | 8.1 |
| | PREPARACIÓN | 17,919 | 81,952 | 9.0 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 18,609 | 32,787 | 2.1 |
| | TOTAL | 102,728 | 381,302 | 7.2 |

| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|------------|
| DESMONTE | EXPLOTACIÓN | 1,080 | 3,594 | 6.0 |
| | PREPARACIÓN | 3,209 | 5,896 | 3.8 |
| | DESARROLLO | 525 | 773 | 2.5 |
| | SUPERFICIE | 0 | 0 | 0.0 |
| | TOTAL | 4,814 | 10,263 | 4.2 |

TRANSPORTE TOTAL US\$

393,405

Figura 30. Total de material transportado ejecutado, periodo abril 2019, unidad minera Raura

- a) Análisis e interpretación de resultados
- ✓ Durante el mes de abril se transportó 102,728 toneladas de mineral con un costo total de 381,302 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 7.2 kilómetros.
 - ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 66,201 toneladas, un costo total de 266,563 US \$ y una distancia de 8.1 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 17,919 toneladas, un costo total de 81,952 US \$ y una distancia total de 9.0 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 18,609 toneladas, un costo total de 32,787 US \$ y una distancia total de 2.1 kilómetros.
 - ✓ Durante el mismo periodo de abril se transportó 4,814 toneladas de desmonte con un costo total de 10,263 US \$ y una distancia promedio de 4.2 kilómetros.
 - ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 1,080 toneladas, un costo total de 3,594 US \$ y una distancia de 6.0 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 3,209 toneladas, un costo total de 5,896 US \$ y una distancia total de 3.8 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 525 toneladas, un costo total de 773 US \$ y una distancia total de 2.5 kilómetros.

E. transporte de material - periodo mayo 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de mayo considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga consideran planta concentradora y área de desmontera.

La distancia promedio para el transporte de mineral hacia planta concentradora es de 7.8 kilómetros y de 3.4 kilómetros para el sector de desmontera, el tonelaje total de transporte de material fue de 109,402 toneladas con un costo total de transporte de 417,744 US \$.

| TOTAL TRANSPORTADO - MAYO 2019 | | | | |
|---------------------------------------|--------------|----------------|----------------|------------|
| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
| MINERAL | EXPLOTACIÓN | 74,118 | 305,457 | 8.3 |
| | PREPARACIÓN | 15,224 | 69,947 | 9.7 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 11,048 | 17,652 | 2.5 |
| | TOTAL | 100,390 | 393,057 | 7.8 |

| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|------------|
| DESMONTE | EXPLOTACIÓN | 2,624 | 11,726 | 4.7 |
| | PREPARACIÓN | 4,876 | 9,503 | 2.8 |
| | DESARROLLO | 123 | 175 | 1.8 |
| | SUPERFICIE | 1,389 | 3,284 | 3.1 |
| | TOTAL | 9,012 | 24,688 | 3.4 |

| | |
|------------------------------|----------------|
| TRANSPORTE TOTAL US\$ | 417,744 |
|------------------------------|----------------|

Figura 31. Total de material transportado ejecutado, periodo mayo 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de mayo se transportó 100,390 toneladas de mineral con un costo total de 393,057 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 7.8 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 74,118 toneladas, un costo total de 305,457 US \$ y una distancia de 8.3

kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 15,224 toneladas, un costo total de 69,947 US \$ y una distancia total de 9.7 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 11,048 toneladas, un costo total de 17,652 US \$ y una distancia total de 2.5 kilómetros.

- ✓ Durante el mismo periodo de mayo se transportó 9,012 toneladas de desmonte con un costo total de 24,688 US \$ y una distancia promedio de 3.4 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 2,624 toneladas, un costo total de 11,726 US \$ y una distancia de 4.7 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 4,876 toneladas, un costo total de 9,503 US \$ y una distancia total de 2.8 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 123 toneladas, un costo total de 175 US \$ y una distancia total de 1.8 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 1,389 toneladas, un costo total de 3,284 US \$ y una distancia total de 3.1 kilómetros.

F. Transporte de material - periodo junio 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de junio considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga consideran planta concentradora y área de desmontera.

La distancia promedio para el transporte de mineral hacia planta concentradora es de 7.6 kilómetros y de 3.8 kilómetros para el sector de desmontera, el tonelaje total de transporte de material fue de 108,087 toneladas con un costo total de transporte de 404,192 US \$.

TOTAL TRANSPORTADO - JUNIO 2019

| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
|----------------|-------------|---------------|----------------|------------|
| MINERAL | EXPLORACIÓN | 66,275 | 274,094 | 8.3 |
| | PREPARACIÓN | 6,748 | 63,459 | 8.7 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 10,585 | 18,936 | 2.9 |
| TOTAL | | 83,608 | 356,489 | 7.6 |

| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
|-----------------|-------------|---------------|---------------|------------|
| DESMONTE | EXPLORACIÓN | 7,259 | 7,993 | 4.5 |
| | PREPARACIÓN | 14,875 | 34,338 | 3.6 |
| | DESARROLLO | 1,049 | 2,306 | 3.5 |
| | SUPERFICIE | 1,296 | 3,065 | 3.0 |
| TOTAL | | 24,479 | 47,703 | 3.8 |

TRANSPORTE TOTAL US\$**404,192**

Figura 32. Total de material transportado ejecutado, periodo junio 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de junio se transportó 83,608 toneladas de mineral con un costo total de 356,489 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 7.6 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 66,275 toneladas, un costo total de 274,094 US \$ y una distancia de 8.3 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 6,748 toneladas, un costo total de 63,459 US \$ y una distancia total de 8.7 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 10,585 toneladas, un costo total de 18,936 US \$ y una distancia total de 2.9 kilómetros.
- ✓ Durante el mismo periodo de junio se transportó 24,479 toneladas de desmonte con un costo total de 47,703 US \$ y una distancia promedio de 3.8 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 7,259 toneladas, un costo total de 7,993 US \$ y una distancia de 4.5 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 14,875 toneladas, un costo total de 34,388 US \$ y una distancia total de 3.6 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 1,049 toneladas, un costo total de 2,306 US

\$ y una distancia total de 3.5 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 1,296 toneladas, un costo total de 3,065 US \$ y una distancia total de 3.0 kilómetros.

G. Transporte de material - periodo julio 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de junio considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga consideran planta concentradora y área de desmontera.

La distancia promedio para el transporte de mineral hacia planta concentradora es de 7.1 kilómetros y de 5.4 kilómetros para el sector de desmontera, el tonelaje total de transporte de material fue de 114,899 toneladas con un costo total de transporte de 349,203 US \$.

| TOTAL TRANSPORTADO - JULIO 2019 | | | | |
|----------------------------------------|--------------|---------------|----------------|------------|
| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
| MINERAL | EXPLOTACIÓN | 71,113 | 227,193 | 7.2 |
| | PREPARACIÓN | 13,036 | 41,078 | 7.8 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 3,611 | 5,550 | 3.0 |
| | TOTAL | 87,760 | 273,821 | 7.1 |
| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
| DESMONTE | EXPLOTACIÓN | 2,290 | 13,277 | 3.7 |
| | PREPARACIÓN | 16,603 | 37,560 | 5.5 |
| | DESARROLLO | 5,447 | 14,380 | 6.5 |
| | SUPERFICIE | 2,801 | 4,788 | 3.7 |
| | TOTAL | 27,139 | 70,005 | 5.4 |

| | |
|------------------------------|----------------|
| TRANSPORTE TOTAL US\$ | 349,203 |
|------------------------------|----------------|

Figura 33. Total de material transportado ejecutado, periodo julio 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

✓ Durante el mes de julio se transportó 87,760 toneladas de mineral con un

costo total de 273,821 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 7.1 kilómetros.

- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 71,113 toneladas, un costo total de 227,193 US \$ y una distancia de 7.2 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 13,036 toneladas, un costo total de 41,038 US \$ y una distancia total de 7.8 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 3,611 toneladas, un costo total de 5,550 US \$ y una distancia total de 3.0 kilómetros.
- ✓ Durante el mismo periodo de julio se transportó 27,139 toneladas de desmonte con un costo total de 70,005 US \$ y una distancia promedio de 5.4 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 2,290 toneladas, un costo total de 13,277 US \$ y una distancia de 3.7 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 16,603 toneladas, un costo total de 37,560 US \$ y una distancia total de 5.5 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 5,447 toneladas, un costo total de 14,380 US \$ y una distancia total de 6.5 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 2,801 toneladas, un costo total de 4,788 US \$ y una distancia total de 3.7 kilómetros.

H. Transporte de material - periodo agosto 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de agosto considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga consideran planta concentradora y área de desmontera.

La distancia promedio para el transporte de mineral hacia planta concentradora es de 8.0 kilómetros y de 7.6 kilómetros para el sector de desmontera, el tonelaje total de transporte de material fue de 111,553 toneladas con un costo total de transporte de 352,494 US \$.

TOTAL TRANSPORTADO- AGOSTO 2019

| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
|----------------|-------------|---------------|----------------|------------|
| MINERAL | EXPLOTACIÓN | 69,575 | 230,637 | 8.3 |
| | PREPARACIÓN | 11,504 | 38,271 | 8.3 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 4,351 | 6,328 | 2.8 |
| TOTAL | | 85,430 | 275,235 | 8.0 |

| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
|-----------------|-------------|---------------|---------------|------------|
| DESMONTE | EXPLOTACIÓN | 1,219 | 3,802 | 8.0 |
| | PREPARACIÓN | 19,635 | 60,495 | 7.9 |
| | DESARROLLO | 3,325 | 9,579 | 7.4 |
| | SUPERFICIE | 1,944 | 3,383 | 3.9 |
| TOTAL | | 26,123 | 77,259 | 7.6 |

| | |
|------------------------------|----------------|
| TRANSPORTE TOTAL US\$ | 352,494 |
|------------------------------|----------------|

Figura 34. Total de material transportado ejecutado, periodo agosto 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de agosto se transportó 85,430 toneladas de mineral con un costo total de 275,235 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 8.0 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 69,575 toneladas, un costo total de 230,637 US \$ y una distancia de 8.3 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 11,504 toneladas, un costo total de 38,271 US \$ y una distancia total de 8.3 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 4,351 toneladas, un costo total de 6,328 US \$ y una distancia total de 2.8 kilómetros.
- ✓ Durante el mismo periodo agosto se transportó 26,123 toneladas de desmonte con un costo total de 77,259 US \$ y una distancia promedio de 7.6 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 1,219 toneladas, un costo total de 3,802 US \$ y una distancia de 8.0 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 19,635 toneladas, un costo total de 60,495 US \$ y una distancia total de 7.9 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 3,325 toneladas, un costo total de 9,579 US \$ y una distancia total de 7.4 kilómetros. Superficie con un tonelaje

transportado de 1,944 toneladas, un costo total de 3,383 US \$ y una distancia total de 3.9 kilómetros.

I. Transporte de material - periodo setiembre 2019

El transporte de mineral y desmonte durante el mes de setiembre considera las labores de explotación, preparación, desarrollo y superficie como puntos de carguío y los puntos de descarga consideran planta concentradora y área de desmontera.

La distancia promedio para el transporte de mineral hacia la planta concentradora es de 7.9 kilómetros y de 5.0 kilómetros para el sector de desmontera, el tonelaje total de transporte de material fue de 112,353 toneladas con un costo total de transporte de 332,913 US \$.

| TOTAL TRANSPORTADO - SETIEMBRE 2019 | | | | |
|--------------------------------------------|--------------|---------------|----------------|------------|
| MINERAL | FASE | TN | US\$ | Km |
| 8 X 4 | EXPLORACIÓN | 58,427 | 190,720 | 8.1 |
| | PREPARACIÓN | 23,560 | 81,272 | 8.6 |
| | DESARROLLO | 0 | 0 | 0.0 |
| | SUPERFICIE | 5,092 | 7,669 | 2.9 |
| | TOTAL | 87,078 | 279,660 | 7.9 |
| DESMONTE | FASE | TN | US\$ | Km |
| 8 X 4 | EXPLORACIÓN | 1,913 | 6,350 | 8.6 |
| | PREPARACIÓN | 19,195 | 39,807 | 4.9 |
| | DESARROLLO | 864 | 1,530 | 3.7 |
| | SUPERFICIE | 3,302 | 5,565 | 3.7 |
| | TOTAL | 25,274 | 53,252 | 5.0 |

| | |
|------------------------------|----------------|
| TRANSPORTE TOTAL US\$ | 332,913 |
|------------------------------|----------------|

Figura 35. Total de material transportado ejecutado, periodo setiembre 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de setiembre se transportó 87,078 toneladas de mineral con un costo total de 279,660 US \$ y una distancia promedio de recorrido de 7.9

kilómetros.

- ✓ El tonelaje de mineral transportado considera las labores de explotación con 58,427 toneladas, un costo total de 190,720 US \$ y una distancia de 8.1 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 23,560 toneladas, un costo total de 81,272 US \$ y una distancia total de 8.6 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 5,092 toneladas, un costo total de 7,669 US \$ y una distancia total de 2.9 kilómetros.
- ✓ Durante el mismo periodo setiembre se transportó 25,274 toneladas de desmonte con un costo total de 53,252 US \$ y una distancia promedio de 5.0 kilómetros.
- ✓ El tonelaje de desmonte transportado considera las labores de explotación con 1,913 toneladas, un costo total de 6,350 US \$ y una distancia de 8.6 kilómetros. Preparación con un tonelaje transportado de 19,195 toneladas, un costo total de 39,807 US \$ y una distancia total de 4.9 kilómetros. Desarrollo con un tonelaje transportado de 864 toneladas, un costo total de 1,530 US \$ y una distancia total de 3.7 kilómetros. Superficie con un tonelaje transportado de 3,302 toneladas, un costo total de 5,565 US \$ y una distancia total de 3.7 kilómetros.

4.1.3. Análisis de transporte de desmonte y mineral – periodo de estudio

La optimización de los costos unitarios en transporte de mineral y desmonte está asociado directamente al rendimiento de los equipos, como la utilización y disponibilidad mecánica o eléctrica de los equipos de transporte. Esta optimización está asociada directamente al material transportado de las distintas labores como desarrollo, preparación explotación y superficie. El total de material transportado de mineral es de 798,518 toneladas y de 140,715 toneladas de desmonte, siendo superiores al total producido y programado. El mayor tonelaje transportado de mineral y desmonte en 58,943 toneladas y 54,631 respectivamente optimiza el proceso de transporte.

RESUMEN TONELAJE TRANSPORTADO DE MINERAL Y DESMONTE 2019

U.M. RAURA

| Unidad Minera Raura | Unid. | ENER | FEBR | MARZ | ABR | MAY | JUN | JUL | AGOST | SET | PROMEDIO | TOTAL |
|--------------------------------|-------|-----------|--------|--------|-----------|---------|--------|-----------|--------|--------|---------------|----------------|
| | | PPTO - 1Q | | | PPTO - 2Q | | | PPTO - 3Q | | | | |
| Produccion | | | | | | | | | | | | |
| Dias Calendarios | | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 30 | 273 |
| Total Mineral Extraido Budget | TME | 84,075 | 75,525 | 84,075 | 81,225 | 84,075 | 81,225 | 84,075 | 84,075 | 81,225 | 82,175 | 739,575 |
| Total Mineral Tranportado Real | TME | 77,657 | 85,032 | 88,806 | 102,728 | 100,390 | 83,636 | 87,760 | 85,430 | 87,078 | 88,724 | 798,518 |
| Desmonte Budget | TMT | 10,913 | 10,643 | 9,737 | 9,407 | 9,736 | 9,404 | 9,730 | 9,730 | 6,775 | 9,564 | 86,074 |
| Desmonte Real Transportado | TMT | 14,103 | 3,615 | 6,145 | 4,814 | 9,012 | 24,479 | 27,139 | 26,123 | 25,274 | 15,634 | 140,705 |

Figura 36. Tonelaje transportado de mineral y desmonte, periodo enero a setiembre 2019, unidad minera Raura

A. Análisis transporte de material - periodo enero 2019

Durante el periodo enero 2019 se transportó 77,657 toneladas de mineral y 14,113 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 8.3 kilómetros para mineral y 4.9 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 311,915 US \$ y de 39,915 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - ENERO 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 55,100 | 1,173 | 228,291 | 5,462 | 8.7 | 8.9 |
| PREPARACIÓN | 19,193 | 8,980 | 77,180 | 25,062 | 8.4 | 4.8 |
| DESARROLLO | | 2,284 | | 5,482 | | 3.9 |
| SUPERFICIE | 3,364 | 1,666 | 5,627 | 3,899 | 2.3 | 3.7 |
| TOTAL | 77,657 | 14,103 | 311,098 | 39,905 | 8.3 | 4.9 |

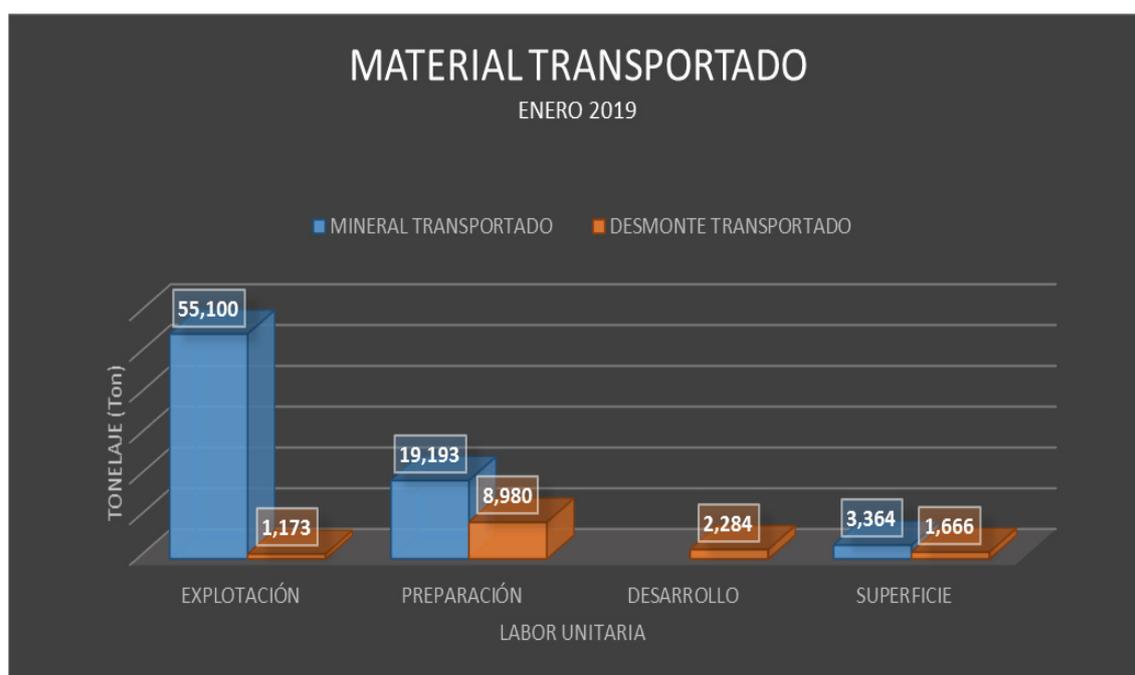


Figura 37. Resumen de material transportado, periodo enero 2019, unidad minera Raura

B. Análisis transporte de material - periodo febrero 2019

Durante el periodo febrero 2019 se transportó 85,032 toneladas de mineral y 3,615 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 8.3 kilómetros para mineral y 3.6 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 343,552 US \$ y de 9,007 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - FEBRERO 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|--------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 60,926 | 216 | 251,695 | 739 | 8.6 | 6.2 |
| PREPARACIÓN | 20,310 | 2,596 | 85,264 | 6,405 | 8.8 | 3.3 |
| DESARROLLO | 0 | 555 | 0 | 1,300 | 0.0 | 3.9 |
| SUPERFICIE | 3,796 | 247 | 6,593 | 564 | 2.4 | 3.6 |
| TOTAL | 85,032 | 3,615 | 343,552 | 9,007 | 8.3 | 3.6 |

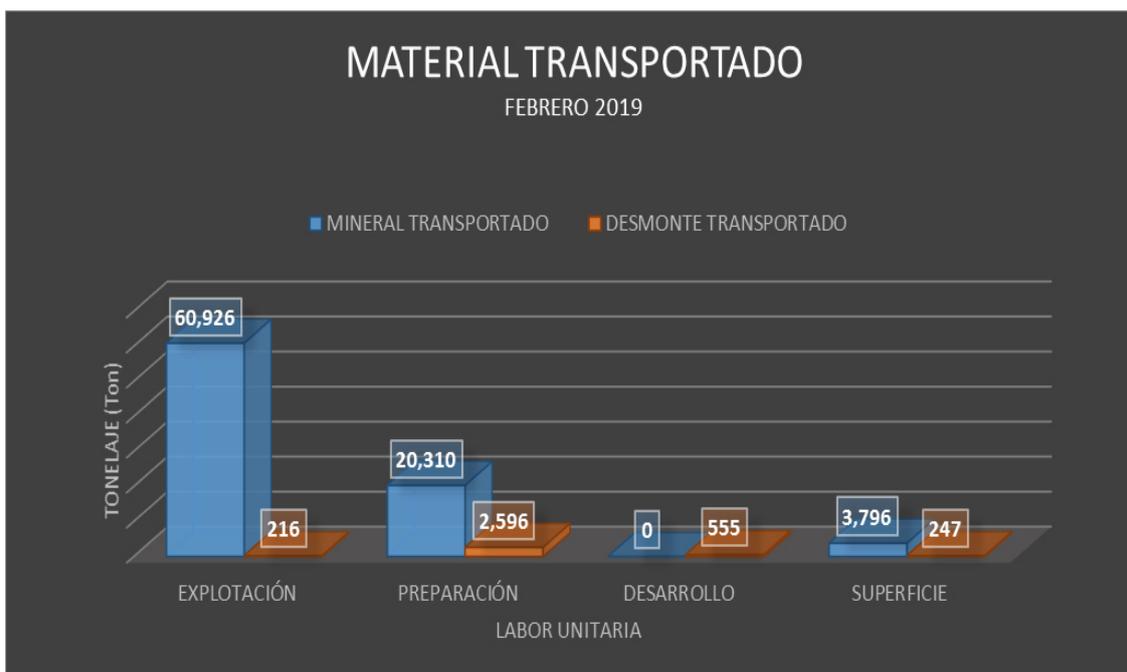


Figura 38. Resumen de material transportado, periodo febrero 2019, unidad minera Raura

C. Análisis transporte de material - periodo marzo 2019

Durante el periodo marzo 2019, se transportó 88,806 toneladas de mineral y 6,145 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 8.0 kilómetros para mineral y 3.4 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 345,172 US \$ y de 13,999 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - MARZO 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 65,125 | 1,207 | 255,848 | 3,934 | 8.1 | 5.2 |
| PREPARACIÓN | 16,984 | 3,888 | 81,358 | 6,920 | 10.2 | 2.4 |
| DESARROLLO | 0 | 463 | 0 | 1,759 | 0.0 | 6.8 |
| SUPERFICIE | 6,697 | 586 | 7,966 | 1,387 | 1.7 | 3.8 |
| TOTAL | 88,806 | 6,145 | 345,172 | 13,999 | 8.0 | 3.4 |

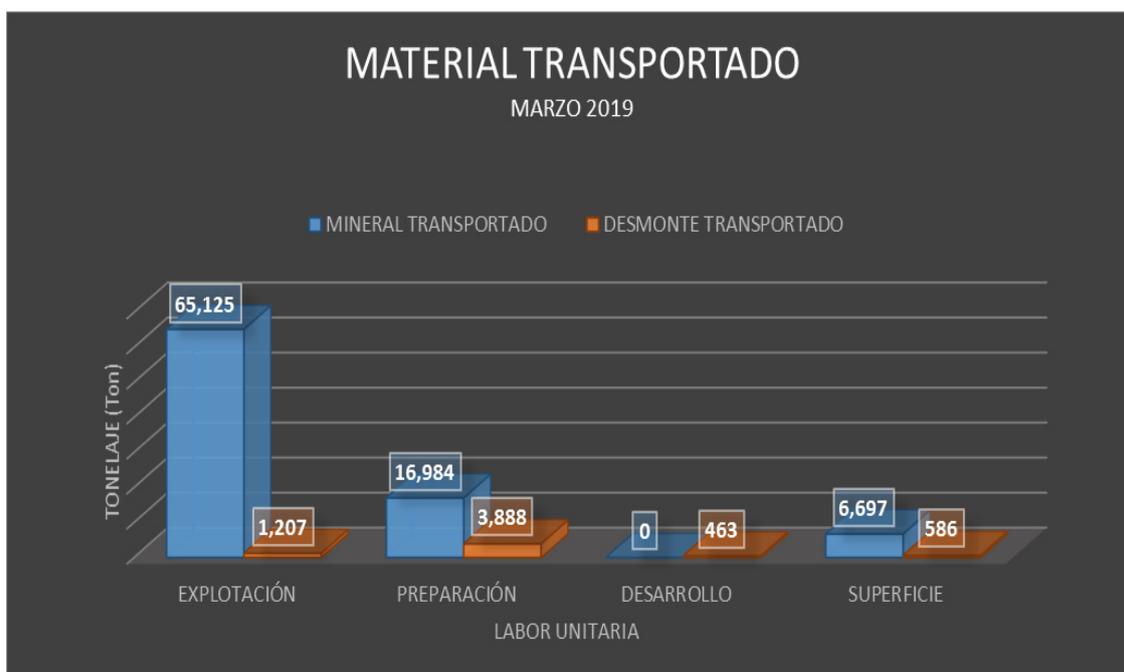


Figura 39. Resumen de material transportado, periodo marzo 2019, unidad minera Raura

D. Análisis transporte de material - periodo abril 2019

Durante el periodo abril 2019 se transportó 102,728 toneladas de mineral y 4,814 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 7.2 kilómetros para mineral y 4.2 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 381,312 US \$ y de 10,263 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - ABRIL 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 66,201 | 1,080 | 266,563 | 3,594 | 8.1 | 6.0 |
| PREPARACIÓN | 17,919 | 3,209 | 81,952 | 5,896 | 9.0 | 3.8 |
| DESARROLLO | 0 | 525 | 0 | 773 | 0.0 | 2.5 |
| SUPERFICIE | 18,609 | 0 | 32,787 | 0 | 2.1 | 0.0 |
| TOTAL | 102,728 | 4,814 | 381,302 | 10,263 | 7.2 | 4.2 |

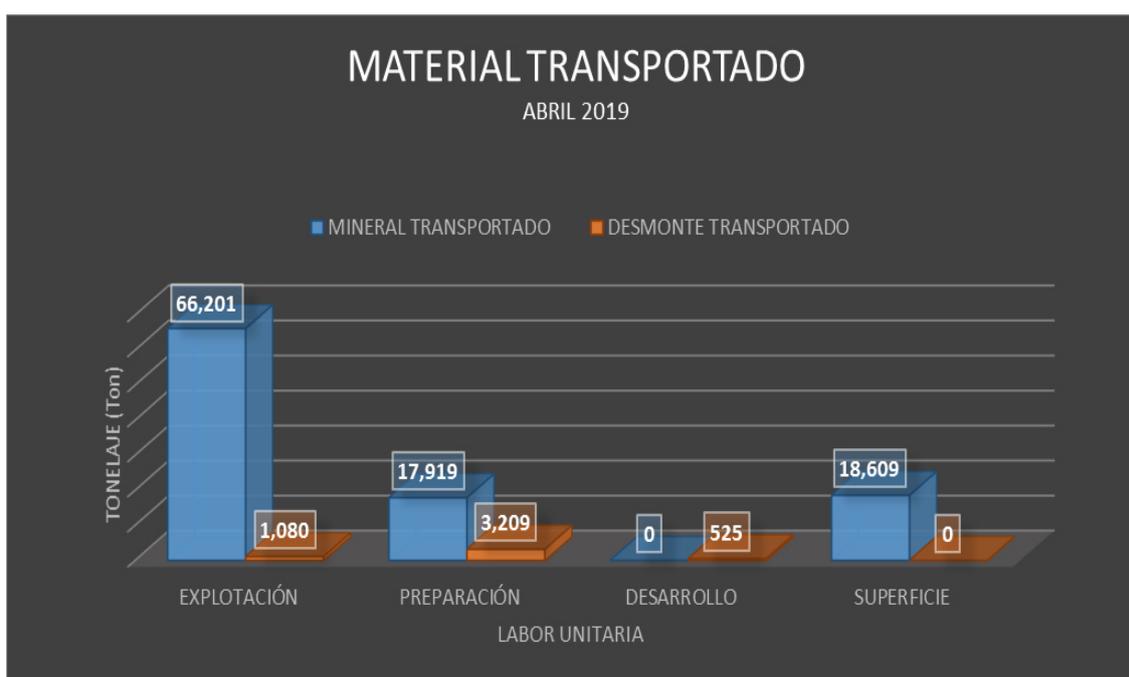


Figura 40. Resumen de material transportado, periodo abril 2019, unidad minera Raura

E. Análisis transporte de material - periodo mayo 2019

Durante el periodo mayo 2019 se transportó 100,390 toneladas de mineral y 9,012 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 7.8 kilómetros para mineral y 3.4 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 393,057 US \$ y de 24,688 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - MAYO 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 74,118 | 2,624 | 305,457 | 11,726 | 8.3 | 4.7 |
| PREPARACIÓN | 15,224 | 4,876 | 69,947 | 9,503 | 9.7 | 2.8 |
| DESARROLLO | 0 | 123 | 0 | 175 | 0.0 | 1.8 |
| SUPERFICIE | 11,048 | 1,389 | 17,652 | 3,284 | 2.5 | 3.1 |
| TOTAL | 100,390 | 9,012 | 393,057 | 24,688 | 7.8 | 3.4 |

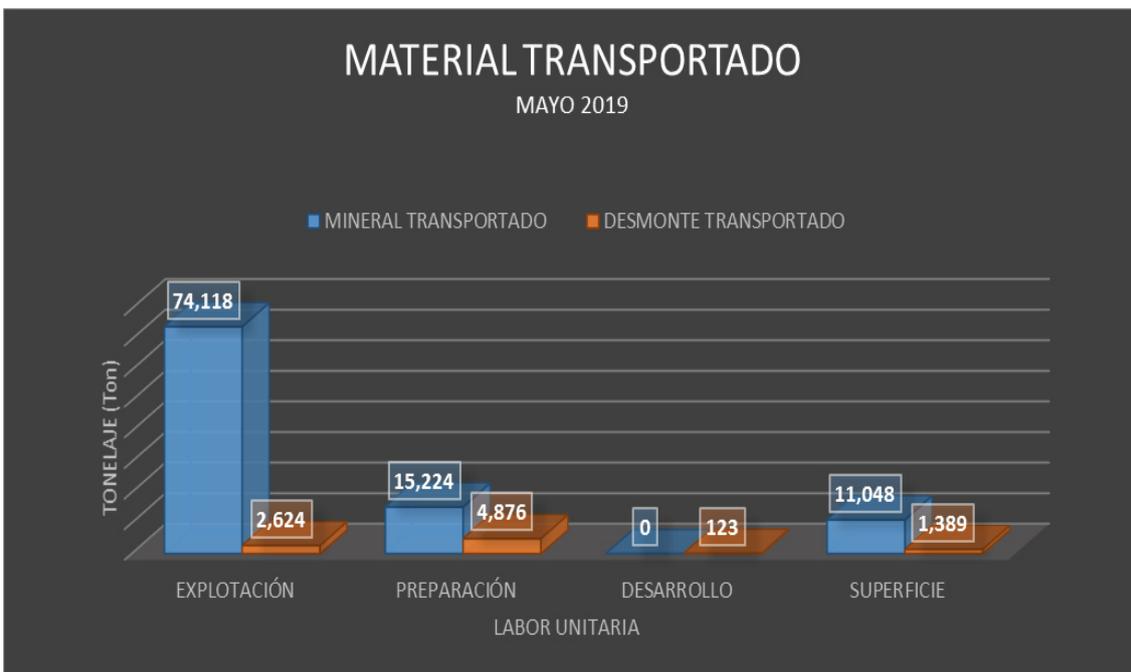


Figura 41. Resumen de material transportado, periodo mayo 2019, unidad minera Raura

F. Análisis transporte de material - periodo junio 2019

Durante el periodo junio 2019 se transportó 83,608 toneladas de mineral y 24,479 toneladas de desmote con una distancia promedio de 7.6 kilómetros para mineral y 3.8 kilómetros para desmote y un costo total de transporte de mineral de 356,489 US \$ y de 47,703 US \$ para desmote.

TOTAL TRANSPORTADO - JUNIO 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 66,275 | 7,259 | 274,094 | 7,993 | 8.3 | 4.5 |
| PREPARACIÓN | 6,748 | 14,875 | 63,459 | 34,338 | 8.7 | 3.6 |
| DESARROLLO | 0 | 1,049 | 0 | 2,306 | 0.0 | 3.5 |
| SUPERFICIE | 10,585 | 1,296 | 18,936 | 3,065 | 2.9 | 3.0 |
| TOTAL | 83,608 | 24,479 | 356,489 | 47,703 | 7.6 | 3.8 |

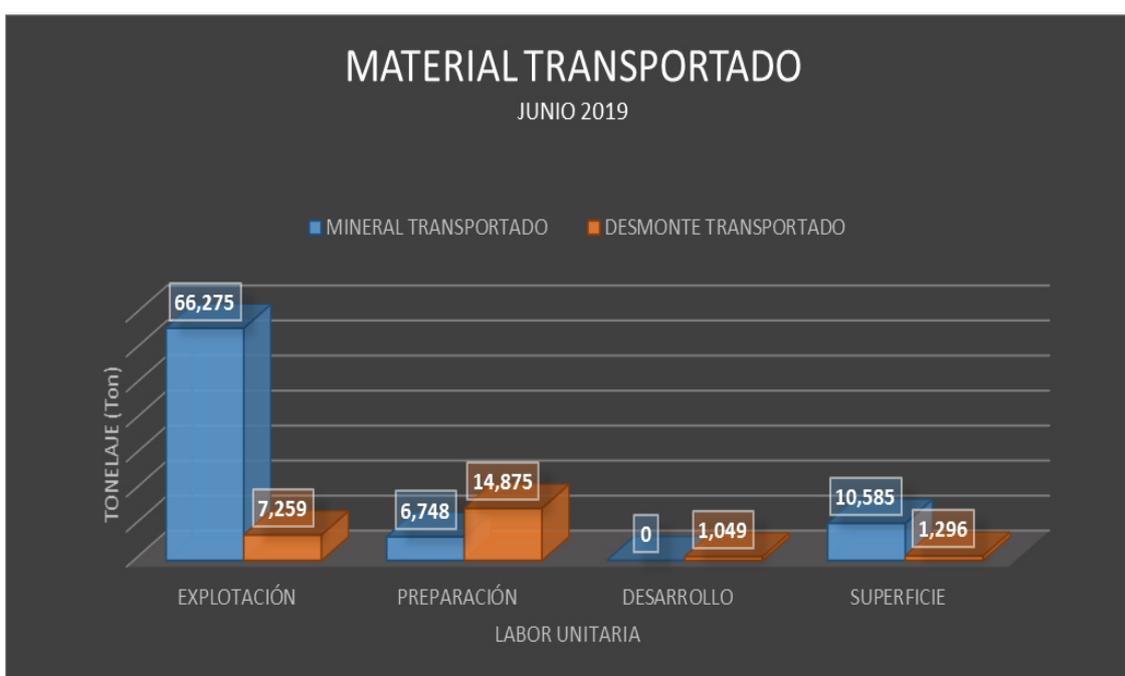


Figura 42. Resumen de material transportado, periodo junio 2019, unidad minera Raura

G. Análisis transporte de material - periodo julio 2019

Durante el periodo julio 2019 se transportó 87,760 toneladas de mineral y 27,139 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 7.1 kilómetros para mineral y 5.4 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 273,821 US \$ y de 70,005 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - JULIO 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 71,113 | 2,290 | 227,193 | 13,277 | 7.2 | 3.7 |
| PREPARACIÓN | 13,036 | 16,603 | 41,078 | 37,560 | 7.8 | 5.5 |
| DESARROLLO | 0 | 5,447 | 0 | 14,380 | 0.0 | 6.5 |
| SUPERFICIE | 3,611 | 2,801 | 5,550 | 4,788 | 3.0 | 3.7 |
| TOTAL | 87,760 | 27,139 | 273,821 | 70,005 | 7.1 | 5.4 |

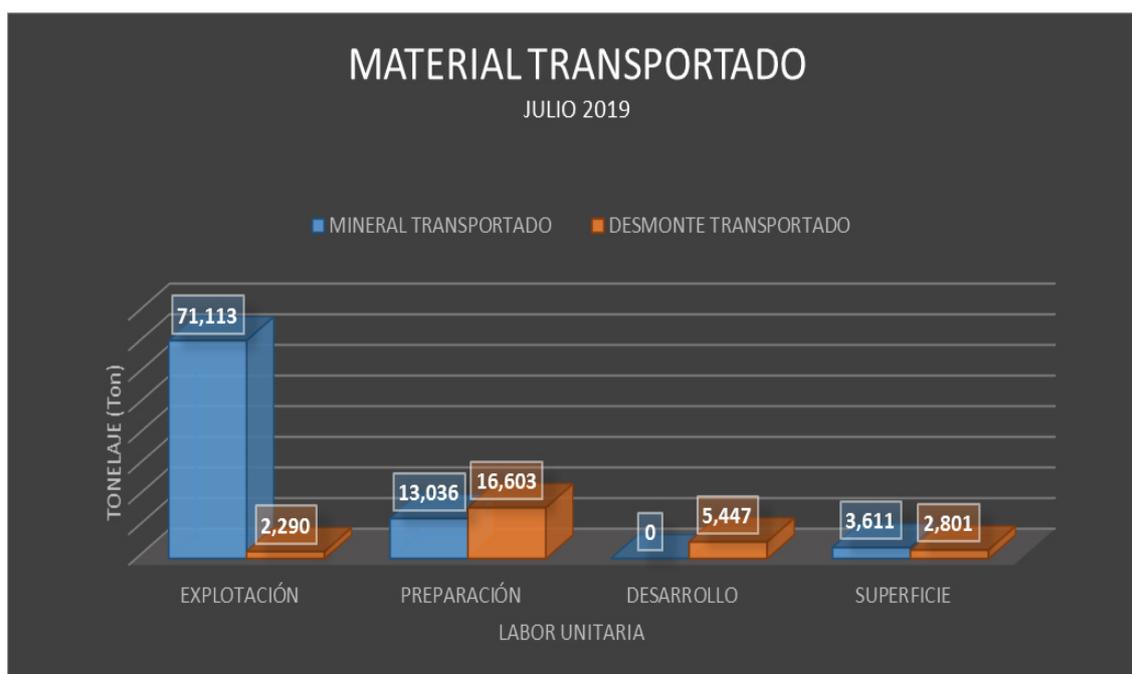


Figura 43. Resumen de material transportado, periodo julio 2019, unidad minera Raura

H. Análisis transporte de material - periodo agosto 2019

Durante el periodo agosto 2019 se transportó 85,430 toneladas de mineral y 26,123 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 8.0 kilómetros para mineral y 7.6 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 275,235 US \$ y de 77,259 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - AGOSTO 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 69,575 | 1,219 | 230,637 | 3,802 | 8.3 | 8.0 |
| PREPARACIÓN | 11,504 | 19,635 | 38,271 | 60,495 | 8.3 | 7.9 |
| DESARROLLO | 0 | 3,325 | 0 | 9,579 | 0.0 | 7.4 |
| SUPERFICIE | 4,351 | 1,944 | 6,328 | 3,383 | 2.8 | 3.9 |
| TOTAL | 85,430 | 26,123 | 275,235 | 77,259 | 8.0 | 7.6 |

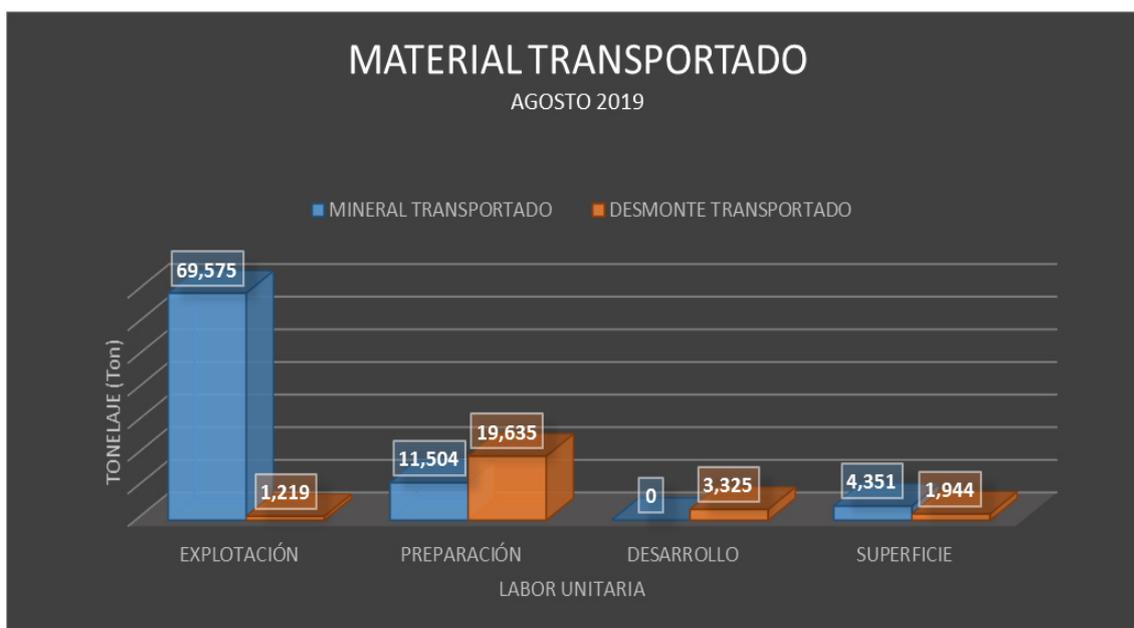


Figura 44. Resumen de material transportado, periodo agosto 2019, unidad minera Raura

I. Análisis transporte de material - periodo setiembre 2019

Durante el periodo setiembre 2019 se transportó 87,078 toneladas de mineral y 25,274 toneladas de desmonte con una distancia promedio de 7.9 kilómetros para mineral y 5.0 kilómetros para desmonte y un costo total de transporte de mineral de 279,660 US \$ y de 53,252 US \$ para desmonte.

TOTAL TRANSPORTADO - SETIEMBRE 2019

| FASE | PRODUCCIÓN TRANSPORTADO (Tn) | | COSTO (US \$) | | DISTANCIA (Km) | |
|--------------|------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| | MINERAL TRANSPORTADO | DESMONTE TRANSPORTADO | COSTO MIN | COSTO DESM | DIST. MIN. | DIST. DESM. |
| EXPLOTACIÓN | 58,427 | 1,913 | 190,720 | 6,350 | 8.1 | 8.6 |
| PREPARACIÓN | 23,560 | 19,195 | 81,272 | 39,807 | 8.6 | 4.9 |
| DESARROLLO | 0 | 864 | 0 | 1,530 | 0.0 | 3.7 |
| SUPERFICIE | 5,092 | 3,302 | 7,669 | 5,565 | 2.9 | 3.7 |
| TOTAL | 87,078 | 25,274 | 279,660 | 53,252 | 7.9 | 5.0 |

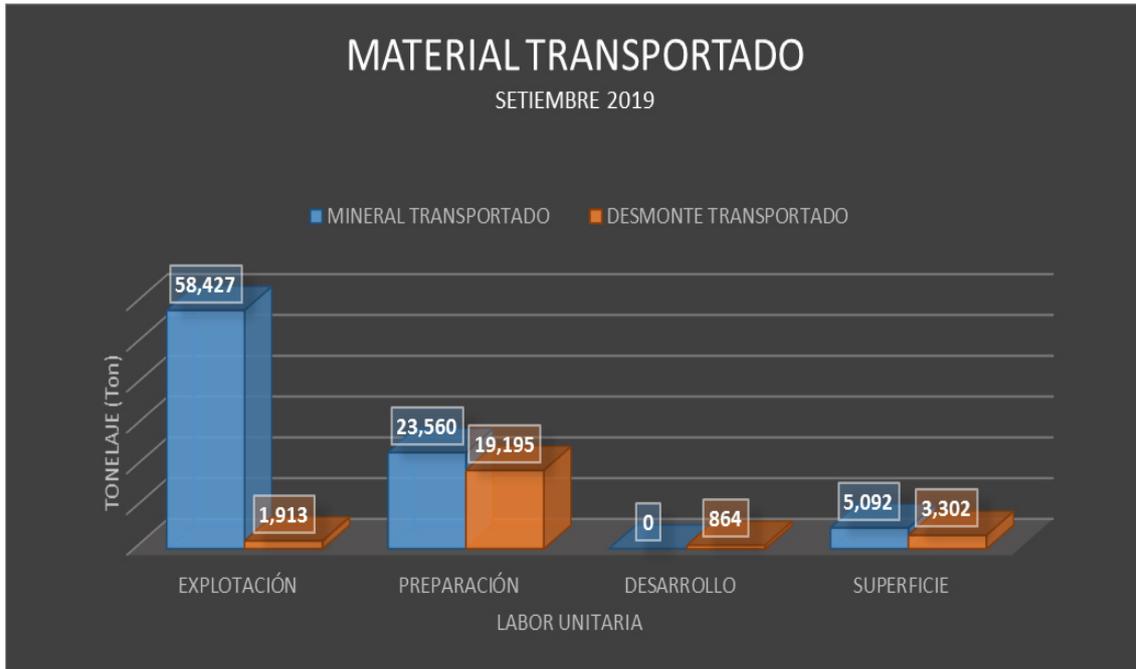


Figura 45. Resumen de material transportado, periodo setiembre 2019, unidad minera Raura

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el mes de enero, el total de mineral transportado fue de 77,657 toneladas, con una distancia transportada de 8.3 kilómetros genera un costo unitario de 4.0 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 14,103 toneladas con una distancia de 4.9 kilómetros y un costo unitario de 2.8 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral de 55,100 toneladas representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado en 8,980 toneladas representa a las labores de preparación durante el mes de enero.
- ✓ Durante el mes de febrero, el total de mineral transportado fue de 85,032 toneladas, con una distancia transportada de 8.3 kilómetros genera un costo unitario de 4.0 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 3,615 toneladas con una distancia de 3.6 kilómetros y un costo unitario de 2.5 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral de 60,926 toneladas representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado en 2,596 toneladas representa a las labores de preparación durante el mes de febrero.

- ✓ Durante el mes de marzo, el total de mineral transportado fue de 88,806 toneladas, con una distancia transportada de 8.0 kilómetros genera un costo unitario de 3.9 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 6,145 toneladas con una distancia de 3.4 kilómetros y un costo unitario de 2.3 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral de 65,125 toneladas representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado en 3,888 toneladas representa a las labores de preparación durante el mes de marzo.
- ✓ Durante el mes de abril, el total de mineral transportado fue de 102,728 toneladas, con una distancia transportada de 7.2 kilómetros genera un costo unitario de 3.7 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 4,814 toneladas con una distancia de 4.2 kilómetros y un costo unitario de 2.1 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral de 66,201 toneladas representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado en 3,209 toneladas representa a las labores de preparación durante el mes de abril.
- ✓ Durante el mes de mayo, el total de mineral transportado fue de 100,390 toneladas, con una distancia transportada de 7.8 kilómetros genera un costo unitario de 3.9 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 9,012 toneladas con una distancia de 3.4 kilómetros y un costo unitario de 2.7 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral fue de 74,118 toneladas, representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado es de 4,876 toneladas representa a las labores de preparación durante el mes de mayo.
- ✓ Durante el mes de junio, el total de mineral transportado fue de 83,608 toneladas, con una distancia transportada de 7.6 kilómetros genera un costo unitario de 4.3 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 24,479 toneladas con una distancia de 3.8 kilómetros y un costo unitario de 1.9 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral fue de 66,275 toneladas, representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado

es de 14,875 toneladas que representa a las labores de preparación durante el mes de junio.

- ✓ Durante el mes de julio, el total de mineral transportado fue de 87,760 toneladas, con una distancia transportada de 7.1 kilómetros genera un costo unitario de 3.1 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 27,139 toneladas con una distancia de 5.4 kilómetros y un costo unitario de 2.6 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral fue de 71,113 toneladas, representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado es de 16,603 toneladas que representa a las labores de preparación durante el mes de julio.
- ✓ Durante el mes de agosto, el total de mineral transportado fue de 85,430 toneladas, con una distancia transportada de 8.0 kilómetros genera un costo unitario de 3.2 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 26,123 toneladas con una distancia de 7.6 kilómetros y un costo unitario de 3.0 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral fue de 69,575 toneladas, representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado es de 19,635 toneladas que representa a las labores de preparación durante el mes de agosto.
- ✓ Durante el mes de setiembre, el total de mineral transportado fue de 87,078 toneladas, con una distancia transportada de 7.9 kilómetros genera un costo unitario de 3.2 US \$/t y el total de desmonte transportado fue de 25,274 toneladas con una distancia de 5.0 kilómetros y un costo unitario de 2.1 US \$/t.
- ✓ El mayor tonelaje transportado en mineral fue de 58,427 toneladas, representa al área de explotación y en el caso del transporte de desmonte transportado es de 19,195 toneladas que representa a las labores de preparación durante el mes de setiembre.

CONCLUSIONES

1. El análisis de las variables operacionales y económicas influyeron positivamente en la optimización de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. Las variables operacionales involucraron el *cash cost* durante el periodo de estudio, enero a setiembre 2019, los cuales consideran las áreas de: geología, mina, planta, energía, mantenimiento, apoyo y estudios y optimizaciones con un costo unitario por tonelada de 84.11 US \$/t. El incremento de producción ejecutada versus el programado en 9,768.10 toneladas mejora la productividad del costo de mina, que inherentemente está asociado al costo de transporte de mineral y desmonte, reduciendo significativamente el costo unitario en transporte de material. Así mismo, el mejoramiento de producción permite mejorar la evaluación económica con un incremento del valor actual neto en 312,500 US \$ y un incremento de la tasa interna de retorno de 12% a 13% durante el periodo de estudio.
2. El total de transporte de mineral programado durante el periodo de estudio fue de 739,575 toneladas, siendo el real de 798,518 toneladas, generando una diferencia adicional de transporte de mineral de 58,943 toneladas. Así mismo, el total de transporte de desmonte programado fue de 86,074 toneladas, siendo el real de 140,705 toneladas, generando una diferencia de 54,631 toneladas. Este mayor incremento de tonelaje en mineral y desmonte redujo los costos de transporte unitario de mineral de 4 US \$/t a 3.71 US \$/t y en el costo de transporte unitario de desmonte de 3 US \$/t a 2.46 US \$/t.
3. El incremento de tonelaje transportado influye directamente en las distancias transportadas de mineral y desmonte desde las labores de carguío hacia los puntos de descarga. El plan de producción del periodo 2019 considera dentro de la estructura del *cash cost* una distancia programada de transporte de 7.9 kilómetros de transporte para el mineral y de 3.11 kilómetros de transporte para el desmonte mientras que la distancia ejecutada de transporte es de 4.88 kilómetros de transporte de mineral y de 4.54 kilómetros de transporte para el

desmante. El mayor incremento de distancia de transporte de desmante está directamente relacionado al tonelaje transportado, pero indirectamente al precio unitario.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar análisis de sensibilidad en las variables operacionales que involucran el *cash cost*, preferentemente relacionado al costo de mina.
2. Realizar un análisis técnico y económico de las diferentes unidades de transporte de mineral y desmonte, considerando la vida útil, el costo horario y el costo de mantenimiento.
3. Se recomienda analizar el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo considerando sus variables de utilización y disponibilidad, para definir el óptimo de transporte de mineral y desmonte.
4. Realizar un análisis de pérdidas de tiempos operacionales mediante la herramienta de gestión de Pareto, para incidir en las áreas unitarias de mayor pérdida de tiempo operacional.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **PIÑAS, E. Y.** *Aplicación del principio de la velocidad pico de partícula (PPV) para minimizar el daño al macizo rocoso, utilizando tecnología electrónica (minera aurífera Retamas S. A.-yacimiento El Gigante – La Libertad).* Universidad Nacional de Ingeniería, 2007.
2. **FARJE, V. I.** *Perforación y voladura en minería a cielo abierto.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2006.
3. **CALANI, M. J.** *Optimización de la operación unitaria de acarreo por la carretera Atacocha Machcan – compañía minera Milpo – U. O. Atacocha.* Universidad Nacional del Altiplano. 2011.
4. **MUÑOZ, B. M.** *Ampliación de producción de la unidad minera Chungar de 2000 TMD a 3000 TMD.* Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.
5. **MANZANEDA, C. J.** *Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400 k a 1000 k BCM - U. E. A. El Brocal consorcio Pasco Stracon GYM.* Universidad Nacional de San Agustín – Arequipa. 2015.
6. **GUERRERO SANDOVAL, Leidy.** *Aplicación de taladros largos en vetas angostas compañía minera Raura S. A. Piura – Perú.* 2015.
7. **HUSTRULID, W.A. Inc.** *Underground Mining Methods Handbook*, Edit The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineer's. 1982.
8. **PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE PERÚ, Decreto supremo N° 055-2010-EM.** *Decreto supremo que aprueba el reglamento de seguridad y salud ocupacional y otras medidas complementarias en minería.* Lima, Perú. 2010.
9. **RAURA S. A.** *Memoria anual de compañía minera Raura.* 2018.
10. **RAURA S. A.** *Plan de minado anual 2019 de compañía minera Raura.* 2019.
11. **RAURA S. A.** *Informes mensuales del departamento de seguridad de compañía minera Raura S. A.* 2019
12. **RAURA S. A.** *Información geológica y estructural.* 2019.

ANEXOS

Anexo A

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 11. Dimensión de variables

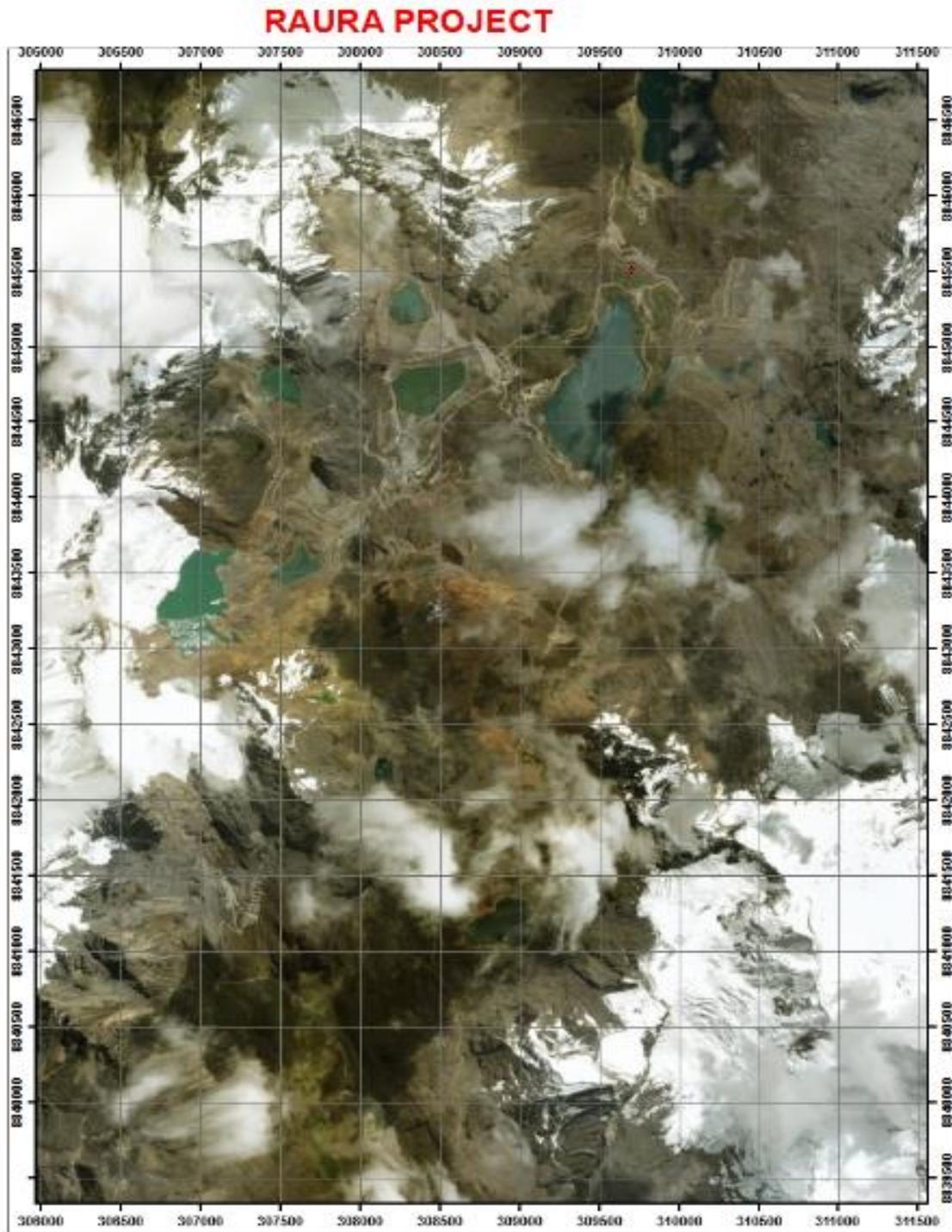
| Problemas | Objetivos | Hipótesis |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Problema principal | Objetivos principal | Hipótesis principal |
| ¿Cómo optimizar los costos unitarios en el transporte de mineral y desmonte mediante el análisis de variables operacionales y económicas en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.? | Determinar el análisis de las variables operacionales y económicas para optimizar los costos unitarios en el transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. | El análisis de las variables operacionales y económicas influye positivamente en la optimización de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. |
| Problemas secundarios | Objetivos específicos | Hipótesis secundarios |
| ¿Cómo reducir el costo unitario de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento del tonelaje transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.? | Determinar el incremento del tonelaje transportado para reducir costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona esperanza de la compañía minera Raura S. A. | El incremento del tonelaje transportado influye positivamente en la reducción de costos unitarios de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de compañía minera Raura S. A. |
| ¿Cómo determinar la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento de tonelaje de transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A.? | Determinar la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte mediante el incremento del tonelaje transportado en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. | El incremento del tonelaje transportado influye positivamente en la distancia óptima de transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la compañía minera Raura S. A. |

Tabla 12. Operacionalización de variables

| Variable | | Definición operacional | | |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Dimensiones | Subdimensiones | |
| VI: Transporte | Conceptualmente se define como la actividad operativa minera que consiste en utilizar maquinaria pesada en las que se carga el material para que lo transporten y descarguen en el lugar de la obra que corresponda o en un vertedero, siendo el accionamiento, mecanismos para trasladar el mineral o desmonte desde la zona de carguío hasta la zona de descarga siendo este su destino final. | Operaciones mineras | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nivel de producción ✓ Tiempo de acarreo ✓ Tiempo de transporte ✓ Eficiencia de carguío ✓ Tránsito y señales | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Porcentaje de cumplimiento (%) ✓ Disponibilidad mecánica (%) ✓ Utilización mecánica (%) ✓ Consumo de combustible de equipos. (Gal/h) ✓ Producción diaria (m³/día) ✓ Producción por equipo.(m³/volq) |
| VD: Optimización de costos unitarios | Conceptualmente se define como la reducción de los costos operativos en una mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de carguío y transporte, teniendo como finalidad explicar la posibilidad de la minoración de los costos operativos de una determinada empresa minera, utilizando para estos estándares óptimos de trabajo en las operaciones primordiales. | Valor monetario | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos de acarreo ✓ Costos de transporte ✓ Costos de equipos LHD (Scoop) ✓ Costos de volquete ✓ Horas hombre trabajados | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos de carguío (US\$/t) ✓ Costo de transporte (US\$/t) |

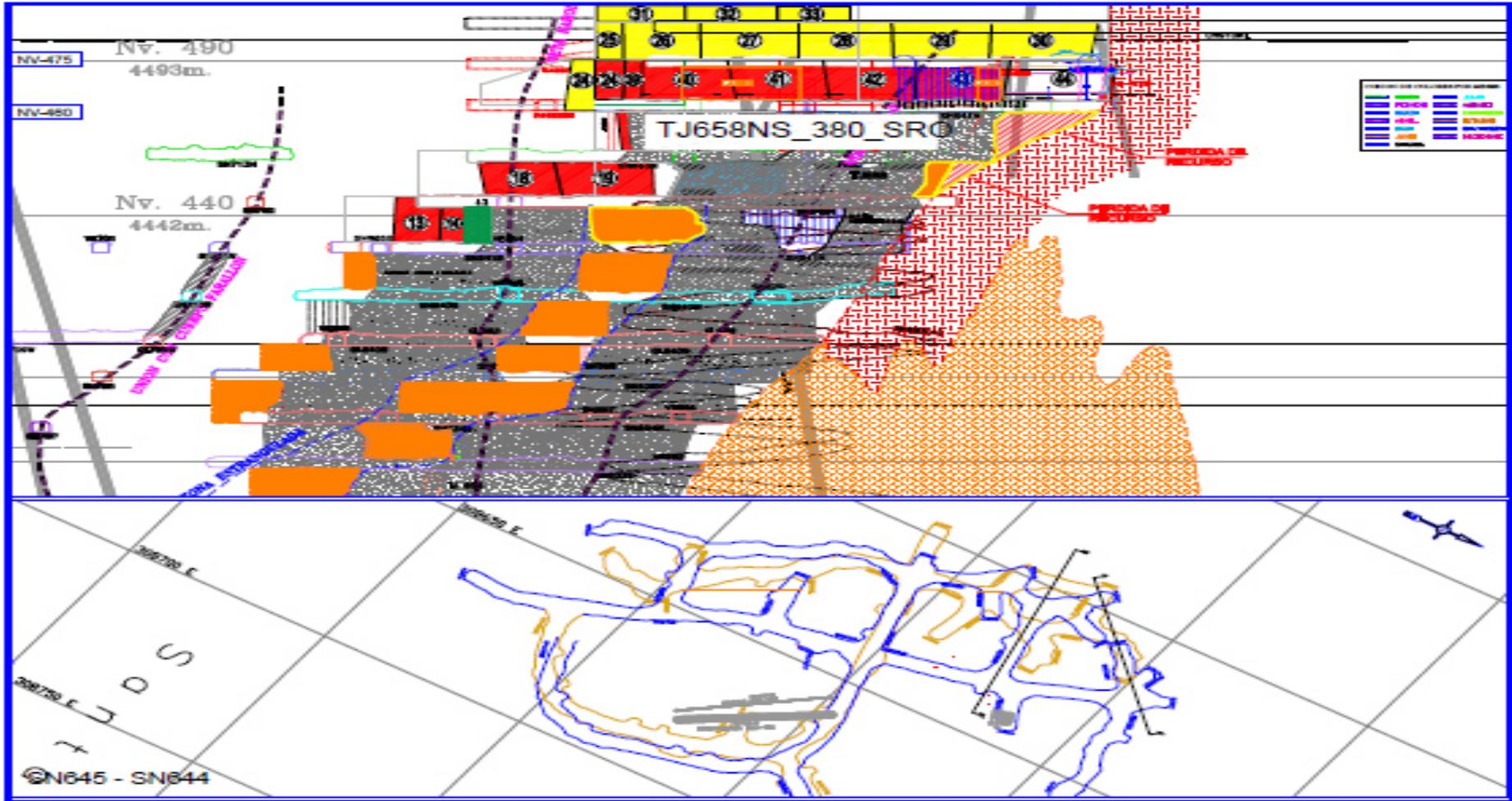
Anexos B
Planos planta y perfil

Tabla 13. *Unidad minera Raura*



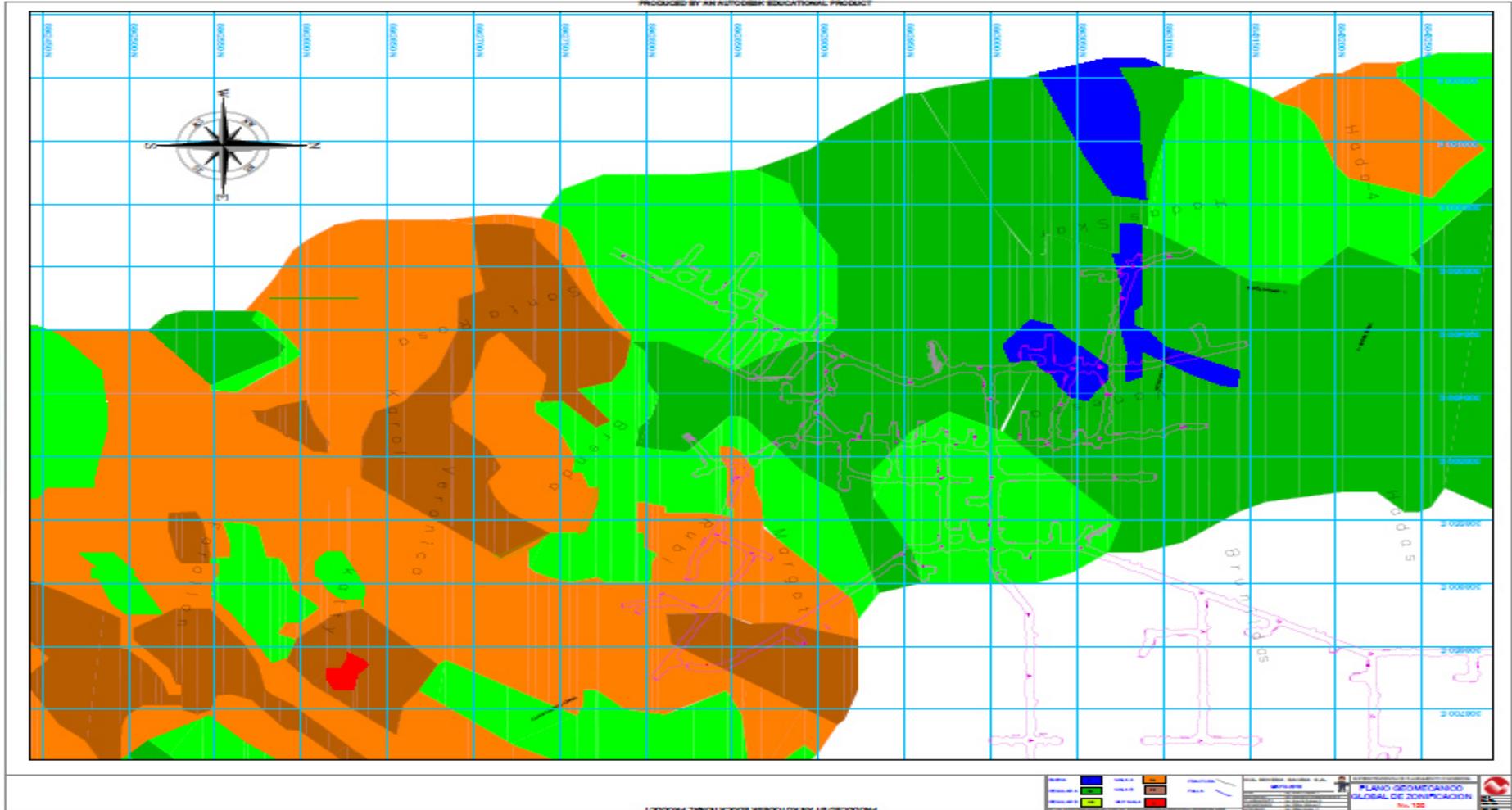
Tomada del Departamento de Geología

Tabla 15. Plano en planta y perfil del tajo Santa Rosa, de unidad minera Raura



Tomada del Departamento de Planeamiento

Tabla 16. Plano en planta de zonificación geomecánica, unidad minera Raura



Tomada del Departamento de Geomecánica

