

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación técnica económica en el sistema de
transporte y acarreo de talco para la reducción de
costos en la UEA Jesús Poderoso N.º 8 de Compañía
Minera Agregados Calcáreos S. A.**

Miguel Angel Arteaga Hilario

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

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para seguir en mi crecimiento personal y profesional. A mis padres que siempre estuvieron ahí, por su amor, trabajo y sacrificio incondicional en todos estos años de crecimiento académico y profesional. A la compañía minera Agregados Calcáreos S. A. por brindarme todas las facilidades para la realización del presente trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi motor de vida y por enseñarme la importancia de estar preparado profesionalmente y afrontar cualquier circunstancia que la vida me toque vivir.

ÍNDICE

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	19
1.1. Planteamiento y formulación del problema	19
1.1.1. Planteamiento del problema	19
1.1.2. Formulación del problema	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo general	20
1.2.2. Objetivos específicos	21
1.3. Justificación e importancia	21
1.3.1. Justificación social - práctica	21
1.3.2. Justificación académica	21
1.3.3. Justificación económica	22
1.4. Hipótesis de la investigación	22
1.4.1. Hipótesis general	22
1.4.2. Hipótesis específicas	22
1.5. Identificación de las variables	22
1.5.1. Variable independiente	22
1.5.2. Variables dependientes	23
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	23
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes del problema	24

2.1.1. Antecedentes nacionales -----	24
2.2. Generalidades de la compañía minera Agregados Calcáreos S. A. -----	26
2.2.1. Ubicación accesibilidad y generalidades -----	26
2.3. Geología general -----	27
2.3.1. Geología regional -----	27
2.3.2. Geología local -----	28
2.3.3. Tipo de yacimiento -----	30
2.4. Estimación de recursos minerales -----	31
2.4.1. Reserva de mineral -----	31
2.5. Caracterización del macizo rocoso -----	35
2.5.1. Parámetros de resistencia del macizo rocoso -----	35
2.5.2. Clasificación geomecánica -----	36
2.6. Explotación del yacimiento -----	37
2.6.1. Parámetros de diseño -----	37
2.6.2. Producción 2018 -----	38
2.6.3. Producción programada 2019 -----	38
2.6.4. Labores programadas año 2019 -----	38
2.7. Método de explotación del yacimiento -----	39
2.7.1. Labores programadas año 2019 -----	39
2.8. Ciclo de minado -----	40
2.8.1. Decapeo -----	40
2.8.2. Desbroce -----	40
2.8.3. Explotación -----	40
2.8.4. Acarreo -----	41
2.8.5. Clasificación y transporte -----	41
2.9. Equipos y maquinaria -----	41
2.9.1. Fuerza laboral -----	43
2.10. Bases teóricas del estudio -----	43
2.11. Planeamiento de minado -----	47
2.11.1. Planeamiento de minado a corto plazo -----	47
2.11.2. Planeamiento de minado a mediano plazo -----	47
2.11.3. Planeamiento de minado a largo plazo -----	47

2.12. Características de los equipos de carguío y acarreo -----	49
2.13. Situación actual de la operación minera -----	51
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	66
3.1. Método y alcances de la investigación -----	66
3.1.1. Método de la investigación -----	66
3.1.2. Alcances de la investigación -----	67
3.2. Diseño de la investigación -----	68
3.2.1. Tipo de diseño de investigación -----	68
3.3. Población y muestra -----	69
3.3.1. Población -----	69
3.3.2. Muestra -----	69
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	70
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	70
4.1.1. Cálculo de número de pases de equipos de carguío y transporte de mineral - escenario actual -----	70
4.1.2. Cálculos de número de pases entre la misma excavadora y nuevo equipo de transporte de mineral -----	74
4.1.3. Cálculos de número de pases entre el mismo equipo de transporte y nuevo equipo de carguío -----	76
4.1.4. Cálculos de número de pases considerando nuevos equipos de carguío y acarreo, escenario óptimo -----	78
4.1.5. Dimensionamiento de equipos de carguío y transporte de mineral escenario actual -----	80
4.1.6. Cálculos de número de pases de equipos de carguío y transporte de desmante - escenario actual -----	82
4.1.7. Cálculos de número de pases entre la misma excavadora y nuevo equipo de transporte de desmante -----	84
4.1.8. Cálculos de número de pases de desmante entre el mismo equipo de transporte y nuevo equipo de carguío -----	85
4.1.9. Cálculos de número de pases considerando nuevos equipos de carguío y acarreo, escenario óptimo -----	86

4.1.10. Dimensionamiento de equipos de carguío y transporte de desmonte	
escenario actual-----	88
4.1.11. Análisis de costos de transporte de mineral y desmonte -----	91
CONCLUSIONES-----	96
RECOMENDACIONES-----	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	99
ANEXOS -----	100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables	23
Tabla 2. Ruta geográfica	27
Tabla 3. Reservas de mineral económico, UEA Jesús Poderoso N°8	32
Tabla 4. Clasificación de la masa rocosa, UEA Jesús Poderoso N°8	35
Tabla 5. Resistencia del macizo rocoso, UEA Jesús Poderoso N°8	36
Tabla 6. Evaluación de acuerdo a Bieniawski	36
Tabla 7. Evaluación de acuerdo al SRM (Romana 1985)	37
Tabla 8. Parámetros geométricos de minado, UEA Jesús Poderoso N°8	37
Tabla 9. Producción año 2018.....	38
Tabla 10. Producción programada año 2019	38
Tabla 11. Labor programada coord. UTM	39
Tabla 12. Parámetros geométricos de diseño	39
Tabla 13. Relación de equipo y maquinaria	41
Tabla 14. Fuerza Laboral	43
Tabla15. Plan de producción programada y ejecutada, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8	48
Tabla 16. Características técnicas de los equipos de acarreo en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	49
Tabla 17. Características técnicas de los equipos de carguío en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	50
Tabla 18. Parámetros operacionales en el dimensionamiento de flota en la UEA Jesús Poderoso N°8	54
Tabla 19. Características técnicas de equipo de carguío y transporte de mineral en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	55
Tabla 20. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de mineral en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	56
Tabla 21. Cálculo del número de excavadoras en el escenario actual, UEA Jesús Poderoso N°8.....	57
Tabla 22. Cálculo del número de volquetes en el escenario actual, UEA Jesús Poderoso N°8.....	58

Tabla 23. Cálculo del número de volquetes en el escenario actual, UEA Jesús Poderoso N°8.....	59
Tabla 24. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8	60
Tabla 25. Cálculo del número de excavadoras para desmonte, escenario actual en la UEA Jesús Poderoso N°8	61
Tabla 26. Cálculo del número de volquetes para desmonte, escenario actual en la UEA Jesús Poderoso N°8	62
Tabla 27. Cálculo del número de perforadoras para desmonte, escenario actual en la UEA Jesús Poderoso N°8	64
Tabla 28. Costos de transporte de desmonte y mineral periodo 2019, UEA Jesús Poderoso N°8	65
Tabla 29. Características técnicas de equipos de carguío y transporte de mineral, UEA Jesús Poderoso N°8.....	72
Tabla 30. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de mineral en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	73
Tabla 31. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de carguío CAT 329DL y un nuevo equipo de transporte de mineral de 18 toneladas en la UEA Jesús Poderoso N°8	75
Tabla 32. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de carguío CAT 329DL y un nuevo equipo de transporte de mineral de 18 toneladas en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	77
Tabla 33. Cálculo del número de pases entre equipos de carguío y transporte diferentes al actual, UEA Jesús Poderoso N°8	79
Tabla 34. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8.....	80
Tabla 35. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8.....	81
Tabla 36. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8	83

Tabla 37. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de carguío CAT 329DL y un nuevo equipo de transporte de desmote de 18 toneladas de capacidad en la UEA Jesús Poderoso N°8	84
Tabla 38. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de transporte Scania CB6X4 de 24.43 toneladas de capacidad y un nuevo equipo de carguío de 24 toneladas de capacidad en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	85
Tabla 39. Cálculo del número de pases entre equipos de diferentes capacidades de carguío y transporte de desmote propuestas en la UEA Jesús Poderoso N°8	87
Tabla 40. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8.....	88
Tabla 41. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8.....	90
Tabla 42. Mineral transportado, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8....	92
Tabla 43. Desmote transportado, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8	93
Tabla 44. Costo de transporte de mineral y desmote ejecutada, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8	94
Tabla 45. Identificación de variables operacionales, UEA Jesús Poderoso N°8	101
Tabla 46. Estructura de precios unitarios propuesto de unidades de transporte de mineral y desmote, UEA Jesús Poderoso N°8	104
Tabla 47. Estructura de costo por tonelada kilómetro transportado de mineral y desmote propuesto de unidades de transporte de mineral y desmote, UEA Jesús Poderoso N°8	105
Tabla 48. Parámetros de operación de unidades de transporte de mineral y desmote, UEA Jesús Poderoso N°8.....	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio	26
Figura 2. Geología regional del área de estudio, UEA Jesús Poderoso N°8.....	28
Figura 3. Columna estratigráfica regional del cuadrángulo de Jauja 24-m.....	30
Figura 4. Sólidos geológicos, para definir las reservas de mineral económico, en la UEA Jesús Poderoso N°8	33
Figura 5. Sólidos geológicos para definir las reservas de mineral económico, UEA Jesús Poderoso N°8	34
Figura 6. Volquete Scania D4N 743, UEA Jesús Poderoso N°8	42
Figura 7. Excavadora Caterpillar CAT 329D, UEA Jesús Poderoso N°8	42
Figura 8. Área de estudio, UEA Corazón de Jesús N°8	45
Figura 9. Layout de transporte de mineral y desmonte, UEA Corazón de Jesús N°8	46
Figura 10. Dimensiones de los equipos de carguío en la UEA Jesús Poderoso N°8	50
Figura 11. Perfil de acarreo y transporte de mineral, en la UEA Jesús Poderoso N°8.....	52
Figura 12. Cancha de mineral, en la UEA Jesús Poderoso N°8	53
Figura 13. Vías mantenidas en la UEA Jesús Poderoso N°8	53
Figura 14. Costos de transporte programado y ejecutado del plan de producción 2019, UEA Jesús Poderoso N°8	71
Figura 15. Área de explotación de mineral ejecutado, periodo 2019 -20, UEA Jesús Poderoso N°8	102
Figura 16. Área de explotación de desmonte ejecutado, periodo 2019 -20, UEA Jesús Poderoso N°8	103

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo, mejorar la productividad en cuanto al sistema de gestión de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

Se utilizó el método analítico para poder desarrollar la tesis presente, el estudio es de carácter descriptivo-explicativo. La investigación fue preexperimental, pudiendo observar los resultados de las diferentes etapas unitarias de carguío y transporte de mineral talco y desmonte y su posterior evaluación en el *layout* de transporte durante el periodo julio 2019 a marzo del 2020. El mecanismo para recaudar los datos fue la revisión de documentos y datos propios de la compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

Se concluye con el análisis operacional y económico en el sistema de transporte de mineral y desmonte desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga en la UEA Jesús Poderoso N°8; así también, se realizó el análisis del plan de producción asociadas a las distancias de acopio de mineral y desmontera con su costo unitario asociado.

Las variables operacionales durante el periodo de estudio son consideradas en función a la producción de mineral mensual y total de 1,971 toneladas y de 17,736 toneladas respectivamente; así como, la producción de desmonte mensual y total de 26,629 toneladas y de 239,658 toneladas en el mismo periodo. Esta gran diferencia entre el mineral y desmonte producido se debe principalmente a la gran variabilidad geológica presente en el yacimiento, por lo que su relación desmonte mineral es muy alta.

El equipo de carguío evaluado es una excavadora CAT 329D L Long Reach, con una capacidad de balde de 2.60 m³ y año de fabricación del 2012 y el equipo de transporte son volquetes SCANIA CB6X4 con un peso útil de 24.43 toneladas y año de fabricación 2007.

La relación de número de pases entre el equipo de carguío y transporte en el escenario actual es de cinco para mineral y de seis para desmonte, siendo el óptimo en operaciones similares de tres a cuatro pases como máximo. Esta relación de pases considera un tiempo en el ciclo efectivo de carguío en 2.19 minutos en mineral y de 2.31 minutos en desmonte.

Durante la evaluación de los costos de transporte unitario promedio de mineral fue de \$5/t y de desmonte de \$0.34/t. Esta gran variabilidad de costo se debe principalmente al movimiento de mineral y desmonte producido y a la distancia desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga.

Finalmente, durante la nueva simulación para la elección del nuevo equipo de carguío y transporte se consideró una excavadora de 4.6 m³ de capacidad de balde y un equipo de transporte de 11.54 m³ de capacidad, considerando tres pases para su llenado, generando menor tiempo de llenado y un mayor ciclo de transporte de mineral y desmonte, reduciendo significativamente los costos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

Palabras clave: Plan de producción, capacidad de tolva, número de pases, optimización, costos de transporte, *layout* de transporte.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to improve productivity in the mineral loading and transport management system and dismantling in UEA Jesús Poderoso N °8 of compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

The analytical method has been used for the development of this thesis, the study is descriptive-explanatory. The research was pre-experimental, so that the results of the different unit stages of loading and transport of ore and dismantling and their subsequent evaluation in the transport layout were observed, during the period July 2019 to March 2020. The mechanism for Data collection was the documentary review and data collection corresponding to compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

It concludes, with the operational and economic analysis of the mineral transport system and dismantling from the loading points to the discharge points in the UEA Jesús Poderoso N ° 8, as well as the analysis of the production plan associated with the distances of mineral collection and dismantling with its associated unit cost. The operational variables during the study period are considered based on the monthly and total mineral production of 1,971 tons and 17,736 tons respectively, as well as the monthly and total cut production of 26,629 tons and 239,658 tons in the same period. This great difference between the mineral and produced stripping is mainly due to the great geological variability present in the deposit, reason why its ratio of mineral stripping is very high.

The loading equipment evaluated is a CAT 329D L Long Reach excavator, with a bucket capacity of 2.60 m³ and year of manufacture of 2012 and the transport equipment are SCANIA CB6X4 tippers with a useful weight of 24.43 tons and year of manufacture 2007.

The ratio of the number of passes between the loading and transport equipment in the current scenario is 5 for ore and 6 for stripping, being optimal in similar

operations with a maximum of 3 to 4 passes. This pass ratio considers a time in the effective loading cycle at 2.19 minutes in ore and 2.31 minutes in stripping.

During the evaluation of the average unit transport costs of ore was US \$ 5 / ton and the cut was US \$ 0.34 / ton, this great cost variability is mainly due to the movement of ore and cut produced and the distance from the points loading to the discharge points.

Finally, during the new simulation for the selection of the new loading and transport equipment, an excavator with a 4.6 m³ capacity of bucket and a transport equipment of 11.54 m³ capacity were considered, considering 3 passes for its filling, generating less filling time and a longer cycle of ore transport and stripping, significantly reducing the costs of loading and transporting ore and stripping in UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

Key words: Production plan, Hopper Capacity, Number of Passes, Optimization, Transportation Costs, Transportation Layout, etc.

INTRODUCCIÓN

La UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos S. A. presenta en el área de estudio rocas ígneas y metamórficas, donde afloran también rocas silicatadas producto del metamorfismo regional y de segregación de rocas ígneas ricas en componentes talcosos (granitos), rocas cuyos componentes minerales principalmente son silicatos de magnesio y aluminio. Específicamente en la zona que comprende el área de estudio existen afloramientos de cuerpos irregulares de material silíceo, aluminoso y talcos provenientes de las aureolas de contacto de las riolitas y andesitas silicificadas del Permiano Superior (grupo Mitu).

El presente estudio está asociado a estructuras mineralizadas tipo talco presente en la UEA Jesús Poderoso N°8, durante un periodo aproximado de nueve meses, con una producción de mineral de 17,736 toneladas y de 239,658 toneladas de desmonte.

Al incorporar variables operacionales en el análisis del sistema de gestión de equipos de transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús poderoso N°8 aumenta significativamente la productividad considerando nuevos equipos para el carguío y acarreo en el dimensionamiento de flota.

El análisis de los planes de producción programados y ejecutados durante el periodo de estudio, julio 2019 hasta marzo del 2020 (9 meses), permitió analizar y evaluar operacionalmente el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte.

Este análisis comparativo de distintos escenarios operacionales, considerando las diferentes capacidades entre equipos de carguío y transporte, tiempo del ciclo de acarreo, el perfil de acarreo, velocidades, etc., permite generar significativamente la reducción de costos de carguío y transporte de mineral y desmonte en nuevos escenarios evaluados.

La presente tesis tiene en se divide en varios capítulos. En el Capítulo I se considera el planteamiento del problema, objetivos de investigación, justificación correspondiente, hipótesis de investigación e identificación de las variables.

En el Capítulo II se interpreta el marco teórico, antecedentes del problema, generalidades de la empresa, las bases teóricas para la selección, dimensionamiento de equipos de carguío y transporte, asociarlo al perfil de acarreo de mineral y desmonte.

En el capítulo III se explica la metodología de investigación, en la cual 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 presenta los resultados logrados mediante el análisis de las diferentes variables operacionales y económicas de los equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en un escenario actual, y escenarios propuestos y óptimos, generando su propio análisis de sensibilidad en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos S. A. para generar programas de optimización reduciendo costos mediante la mejora en la productividad en el carguío y transporte, los cuales son mostrados en el análisis e interpretación de los resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La minería es uno de los pilares en la economía nacional gracias a los impuestos y regalías generando ingresos grandes al fisco. Las empresas mineras ayudan con el desarrollo del país y del área de influencia de los proyectos a llevar a cabo con inversiones en infraestructura de vías de comunicación, electrificación y educación generando empleos directos e indirectos en las faenas mineras.

Uno de los grandes efectos que genera la disminución de ingresos al fisco producto de los impuestos y regalías generadas por las ventas de mineral son el constante incremento de costo de operación y su consecuente disminución en la productividad operacional. Este decenso en la productividad tiene un efecto directo en el incremento de costos de operación disminuyendo en un 4 % promedio anual en los países de la región.

La distribución típica de costos de transporte y acarreo en minería representa un aproximado de 40 a 60 %, siendo la perforación, voladura, carguío y soporte el 40 %. Los camiones incrementan en gran medida sus de costo operación de las minas por el transporte del material a ser minado y por el incremento de distancia producto de la profundización de labores. Conocer como seleccionar, usar y

mantener los camiones ayuda eficientemente a llevar el control de costo en las empresas mineras.

Este aumento de costos de transporte y acarreo consecuente de profundizar las labores a cielo abierto genera un alto grado de incertidumbre en la disminución de la producción, por lo que es necesario crear programas de optimización. Así, se reduce costos en los distintos procesos unitarios de los proyectos mineros. Tener la capacidad de mejorar y controlar las variables principales de operación, en equipos de transporte y acarreo; así como la disponibilidad, utilización y vida útil operacional, permite identificar y gestionar programas de optimización y reducción de costos en diversas áreas unitarias operativas, para así mantener niveles de rentabilidad económica en las inversiones mineras

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿Cómo se puede mejorar la productividad incorporando un sistema de gestión de variables operacionales en equipos de acarreo y transporte de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos?

Problemas específicos

- a) ¿Cómo aplicar criterios operacionales en la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos?
- b) ¿Cómo generar la reducción de costos en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar una metodología que permita mejorar la productividad incorporando una mejora en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar variables operacionales en la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos.

- b) Determinar la reducción de costos en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte con una selección adecuada en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

La presente investigación aportará grandes beneficios en el sector minero, como garantizar la inversión en proyectos mineros estableciendo un ambiente favorable al incremento de utilidades bajo parámetros operacionales. Otro objetivo para desarrollar la investigación es la mejora de la productividad en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos.

En la actualidad mejorar la producción en cuanto a la extracción de mineral se ha convertido en un eje importante dentro de la gestión de costos, ya que esto nos garantiza que la empresa tenga la estabilidad y permitiría que se logre los objetivos en base a condiciones de mejoras continuas.

1.3.2. Justificación académica

La investigación brindará como resultado una nueva forma de mejorar la productividad estableciendo parámetros de optimización y reducción de costos en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo, de esta manera se va mejorando y controlando las variables operacionales que nos llevan al incremento de costos de transporte.

Las variables operacionales a llevar a cabo serán evaluadas para determinar el comportamiento y la relación con la otra variable a trabajar (consecuencia de logros)

1.3.3. Justificación económica

La presente investigación nos ayudará a optimizar e incrementar la productividad agregando nuevos parámetros operacionales de explotación, de esta manera se genera términos económicos de mayor rentabilidad mejorando la gestión de las operaciones de transporte y acarreo y la productividad en el área de operación mina.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al incluir las variables operacionales en la gestión de los equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte aumenta significativamente la productividad en la UEA Jesús poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) El cumplimiento eficiente de los planes de producción en la selección de equipos de carguío y acarreo permitirá controlar eficientemente las variables operacionales en la UEA Jesús Poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos.

- b) El cumplimiento seguro y eficiente de la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte permitirá la reducción de costos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús poderoso N°8 de la compañía minera Agregados Calcáreos.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte

1.5.2. Variables dependientes

Variables operacionales para la selección y dimensionamiento de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte.

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de variables

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal
¿Cómo se puede mejorar la productividad incorporando un sistema de gestión de variables operacionales en equipos de acarreo y transporte de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos?	Desarrollar una metodología que permita mejorar la productividad incorporando una mejora en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.	Al incorporar las variables operacionales en la gestión de los equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte, aumenta significativamente la productividad en la UEA Jesús poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.
Problemas secundarios	Objetivos Específicos	Hipotesis Secundarios
1. ¿Cómo aplicar criterios operacionales en la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos?	2. Determinar variables operacionales en la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.	1. El cumplimiento eficiente de los planes de producción en la selección de equipos de carguío y acarreo permitirá controlar eficientemente las variables operacionales en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.
2. ¿Cómo generar la reducción de costos en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos?	2. Determinar la reducción de costos en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte con una selección adecuada en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.	3. El cumplimiento seguro y eficiente de la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte permitirá la reducción de costos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

- En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos denominada “*Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo del mineral*” se tuvo como objetivo principal minimizar actividades costosas en tiempo y dinero: en el mundo de la minería como en cualquier otra actividad productiva, la competitividad que existe en cuanto a precios y costos de oportunidad obliga a los investigadores a la búsqueda constante de métodos y técnicas eficaces que contribuyen a este objetivo. (1)

- En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico en la Universidad Nacional Faustino Sanchez Carrión denominada “*Evaluación técnica-económica para la futura ampliación de la capacidad del sistema de transporte de gas natural del proyecto Camisea*”, se tuvo como objetivo principal realizar la evaluación de la red actual del sistema de transporte y se propone la instalación de un dueto de 24" de diámetro en paralelo al dueto actual de 18" de diámetro, el cual cumpliría con el estudio de la demanda proyectada (6°/~anual) hasta el año 2027. El trabajo propuesto que contempla la evaluación del modelo matemático que representa al sistema se ha diseñado utilizando herramientas de simulación y cálculo estadístico. Por último, teniendo en cuenta los costos

asociados al desarrollo de la ampliación, este presentarla de acuerdo al estudio realizado una inversión total de \$18.20 millones de dólares, con una tasa de interés de retomo de 64 % en un tiempo de 10 años. (2)

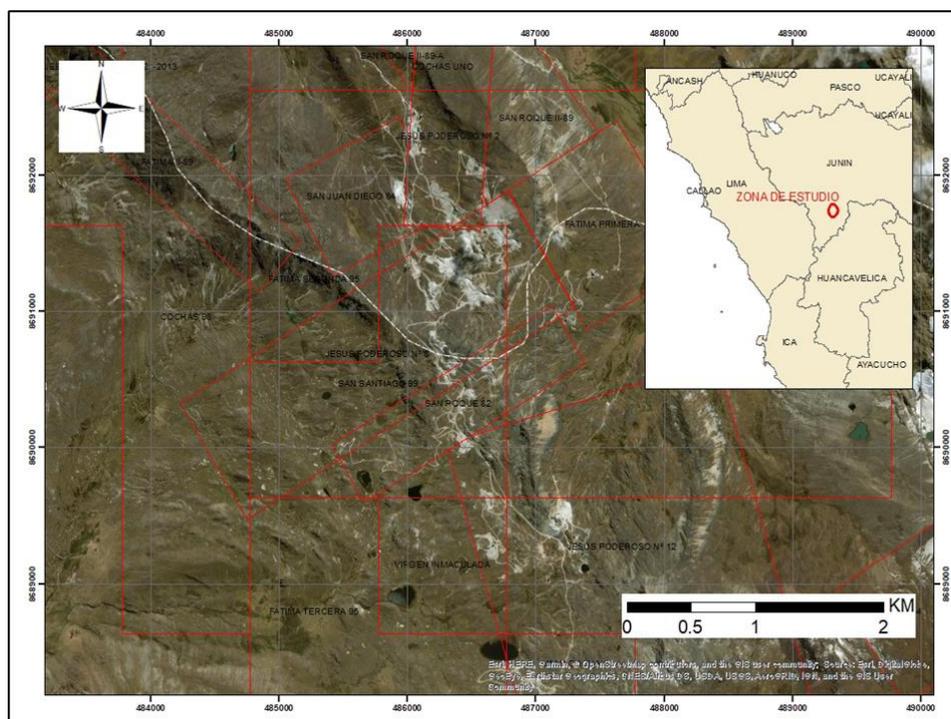
- En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Ingeniería titulada "*Optimización del carguío y acarreo por Zublin Chile caso minera*", se tuvo como objetivo principal optimizar actividades de transporte. Actualmente se viene explotando, además de los dos ya mencionados, el tajo de San José y para 1997 se arrancará el desbroce del tajo Yanacocha con grandes expectativas de producción por ser más grande y profundo según perforaciones diamantinas realizadas. (3)
- En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Ingeniería denominada "*Aplicación del modelo matemático de simulación a las operaciones mineras unitarias de carguío y acarreo en tajos abiertos*" se tuvo como objetivo principal evaluar los sistemas de acarreos efectivos y eficientes; los mismos que pueden ser desarrollados a través de un detallado proceso; tomando en cuenta todas las variables que intervienen en estas dos operaciones mineras unitarias binomiales. Para dar solución a uno de los casos-estudio, se ha usado la simulación de Montecarlo y se ha podido observar la potencialidad que tiene el uso de números aleatorios, hace que los resultados obtenidos serán los más representativos posibles. (4)
- En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Ingeniería denominada "*Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Ferrobamba - Las Bambas*". El cual tuvo como objetivo principal determinar de qué manera la productividad influye en el ciclo de carguío y acarreo en el Tajo Ferrobamba, Las Bambas 2015. (5)
- En la tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional del Centro del Perú denominada "*Incremento de productividad mediante optimización del sistema de transporte con camiones en el Tajo Norte*

– *sociedad minera El Brocal*’. El cual tuvo como objetivo principal determinar cómo se incrementa la productividad mediante la optimización en el sistema de transporte del Tajo Norte para el planeamiento 2019-2020 de la SMEB. (6)

2.2. Generalidades de la compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

2.2.1. Ubicación accesibilidad y generalidades

La U.E.A. Jesús Poderoso N°8 está ubicada políticamente entre los distritos de Comas y Quilcas, provincia de Concepción, departamento de Junín.



**Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio
Tomado del Departamento de Geología**

El área de trabajo se sitúa dentro de la Carta Nacional del I.G.N. (Instituto Geográfico Nacional) 24-m. Para acceder a la zona se hace el siguiente recorrido por la carretera central Lima – La Oroya – Concepción – Muchac – Cantera con un recorrido de 360 km.

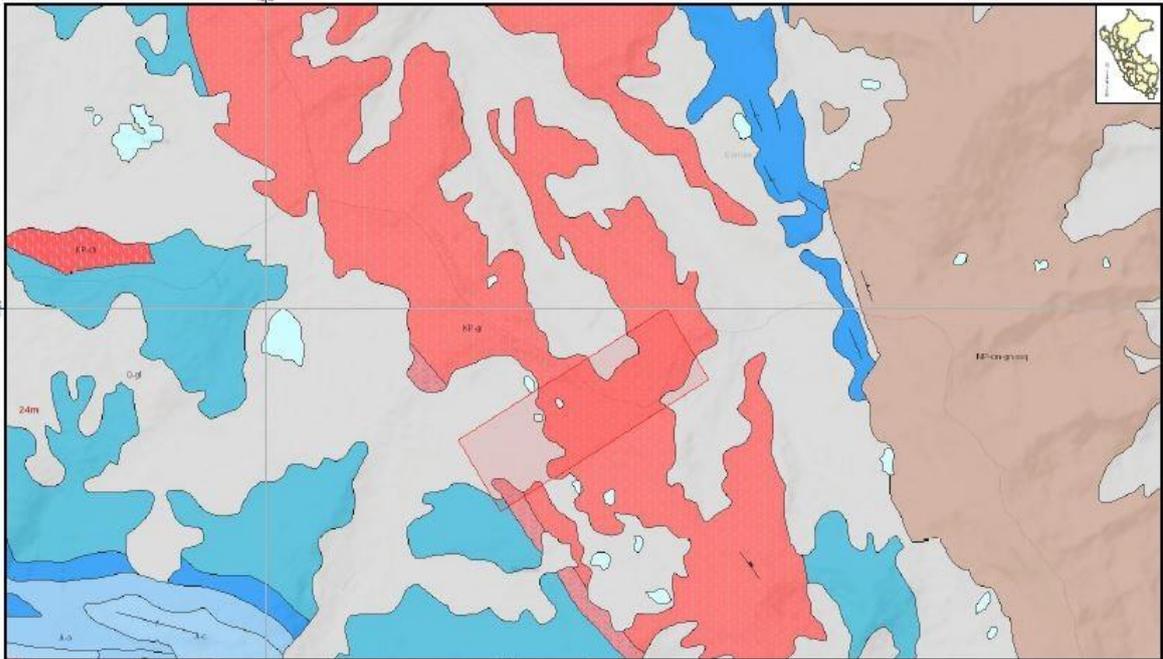
Tabla 2. Ruta geográfica

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía
Lima- La Oroya	194	Asfaltado
La Oroya - Concepción	108	Asfaltado
Concepción- Muchac	41	Asfaltado
Muchac- Cantera	17	Afirmado
Total	360	

2.3. Geología general

2.3.1. Geología regional

Regionalmente la zona a estudiar se ubica dentro del sinclinorio de la cordillera oriental. Se formó como el resultado de una intensa actividad paleotectónica que va desde el Precámbrico hasta el Cuaternario reciente, de las diferentes unidades litoestratigráficas que conforman este sistema y que afloran a lo largo de la cordillera oriental, así como en el valle del río Mantaro. Dentro de las unidades más relevantes, como basamento se encuentra el macizo de *Marayrazo Huaytapallana* que constituyen esquistos y gneis, le sobreyace las cuarcitas y conglomerados del grupo Excélsior, seguido se encuentran tobos, piroclastos del grupo Ambo, que infrayacen al grupo Tarma que consisten en conglomerados y areniscas, le sobreyacen calizas del grupo Pucará, que infrayacen a la formación Casapalca que consisten en conglomerados y areniscas, seguido de conglomerados y arcillas que corresponden a la formación Jauja y por último se tiene a los depósitos cuaternarios.



**Figura 2. Geología regional del área de estudio, UEA Jesús Poderoso N°8
Tomado del Departamento de Geología**

2.3.2. Geología local

a) Macizo de Huaytapallana y Marayazo (Precámbrico)

Los macizos de *Huaytapallana* y *Marayazo* afloran al este de la zona de estudio formando picos elevados que son parte de la cordillera del Huaytapallana, litológicamente son secuencias metamórficas de micaesquistos, paragneis de grano fino.

b) Grupo Mitu (Pérmico Superior-Triásico Inferior)

Dentro de la U.E.A. Jesús Poderoso la litología del grupo Mitu se divide en dos secuencias: una volcánica y la otra sedimentaria. La primera presenta afloramientos de lavas andesíticas de color gris rojizo. El segundo presenta afloramientos de areniscas arcosas rojizas y niveles de conglomerados polimicticos.

c) Grupo Pucara (Triásico Superior-Jurásico Inferior)

Afloramientos masivos de calizas con presencia de facies calcáreas con turbiditas, *chert*.

d) Morrenas y depósitos fluvioglaciares

Corresponden al cuaternario reciente. Son materiales que producto de las diferentes glaciaciones se depositaron en gran parte en la U.E.A. Jesús Poderoso. Está formada por diferentes materiales (polimicticos), de tamaño variado.

Rocas ígneas

e) Macizo de Sacsacancha – Sucllamachay

Corresponde a una roca intrusiva granítica, este macizo abarca gran área dentro de la U.E.A. Jesús Poderoso, con una dirección preferencial que va de noroeste a sureste (dirección Andina). Mineralógicamente, está compuesta de feldspatos potásicos, plagioclasas ligeramente alteradas, cuarzo, biotitas en pequeños cristales que le dan un ligero aspecto moteado y anfíboles, en lo general la roca es de color claro (leucócrata).

f) Diques Andesita

En la zona también se aprecia un enjambre de diques que cortan al intrusivo granítico. Estos diques son de color gris verdoso y presentan una textura afanítica a veces porfirítica. Mineralógicamente, se puede apreciar presencia de cloritas y epidotas. En algunas zonas se ha evidenciado la presencia de sulfuros (pirita, calcopirita y bornita) en forma diseminada, la intrusión de estos diques en el granito, provoco en algunas zonas, hidrotermalismo generando así brechas hidrotermales que trajeron consigo mineralización de sulfuros en trazas (pirita, calcopirita y bornita).

La secuencia estratigráfica que aflora en el lugar está constituida por granito, de posible edad Cretácica y Terciaria Inferior, caliza de color beige perteneciente a la formación *Chambará* de edad triásica. La paleografía muestra depósitos morrénicos que a veces alcanzan a medir tres metros de altura cuya edad es cuaternaria. Estas morrenas están formadas por clastos subredondeados y angulosos de diferente composición litológica y de tamaño variado; estos clastos han sido poco desgastados.

2.3.3. Tipo de yacimiento

En el área de estudio se presentan rocas ígneas y metamórficas. También afloran rocas silicatadas producto del metamorfismo regional y de segregación de rocas ígneas ricas en componentes talcosos (granitos) rocas cuyos componentes minerales principalmente son silicatos de magnesio y aluminio.

Específicamente en la zona que comprende el área de estudio existen afloramientos de cuerpos irregulares de material silíceo, aluminoso y talcos provenientes de las aureolas de contacto de las riolitas y andesitas silicificadas del Permiano Superior (grupo Mitu).

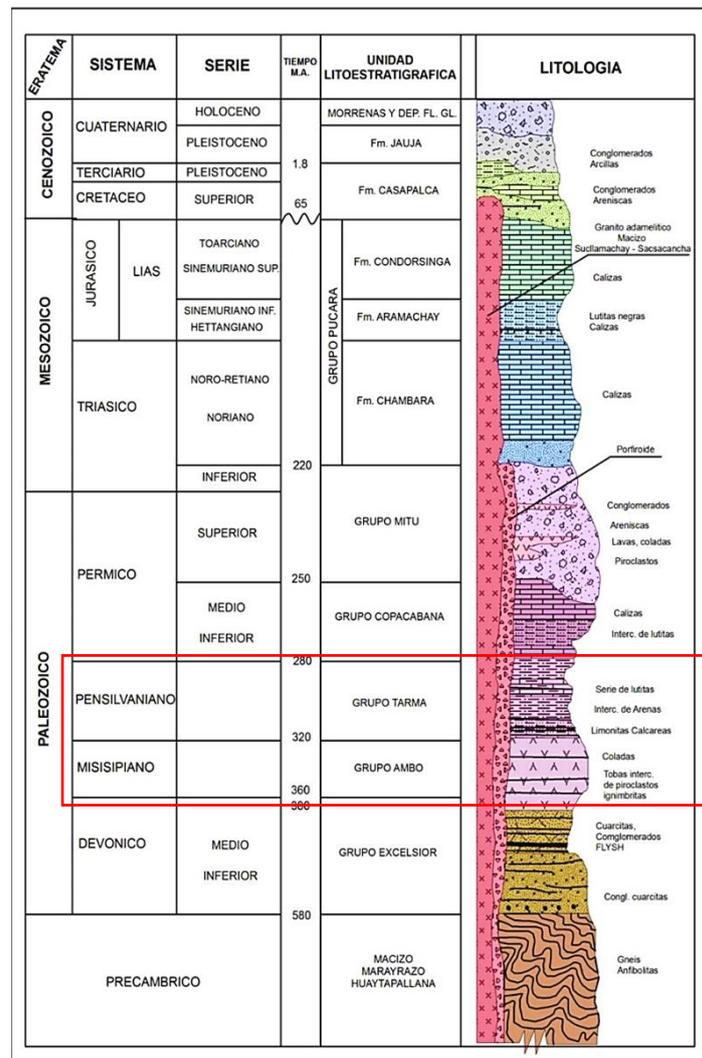


Figura 3. Columna estratigráfica regional del cuadrángulo de Jauja 24-m Tomado del Departamento de Geología

2.4. Estimación de recursos minerales

Se ha realizado la estimación del recurso basado en la interpretación de secciones y generación de sólidos de mineral de talco. En esta estimación no se han empleado técnicas geoestadísticas.

El tonelaje calculado se verá disminuido según se vayan realizando la explotación del recurso mineral. Es importante tener la topografía actualizada para poder llevar un control adecuado del cálculo del recurso, el tonelaje calculado incluye todas las calidades y tipos de talco.

La perforación es puntual en las labores y en las zonas de muestreo, el resultado de la estimación se ha realizado por labores y puntos de muestreo en superficie, la clasificación del recurso se define como:

- Recurso mineral medido
- Recurso mineral indicado

Para el caso del “Recurso medido” se ha inferido la continuidad de la mineralización hasta cinco metros a partir de los contactos de “Talco” en cada sondaje y para el “Recurso indicado” se ha inferido su continuidad hasta 10 - 20 metros. Se ha realizado una interpretación de la forma de la mineralización sin embargo este modelo puede ser actualizado según se vaya obteniendo más información.

2.4.1. Reserva de mineral

Las reservas de material económico para la cantera se han determinado mediante levantamiento topográfico, geológico y estudios geológicos superficiales, donde se ha obtenido el volumen estimado de las reservas probadas. En el cuadro siguiente se detallan las reservas probadas y probables del estudio de impacto ambiental de la cantera Jesús Poderoso N°8 a explotarse:

Tabla 3. Reservas de mineral económico, UEA Jesús Poderoso N°8

Reservas estimadas (silicato)	TM	Sustancia
Reservas probadas	85,000	Silicato
Reservas probables	170,000	Silicato
Total Reservas económicas (probado + probable)	255,000	Silicato

Tomado del Departamento de Geología

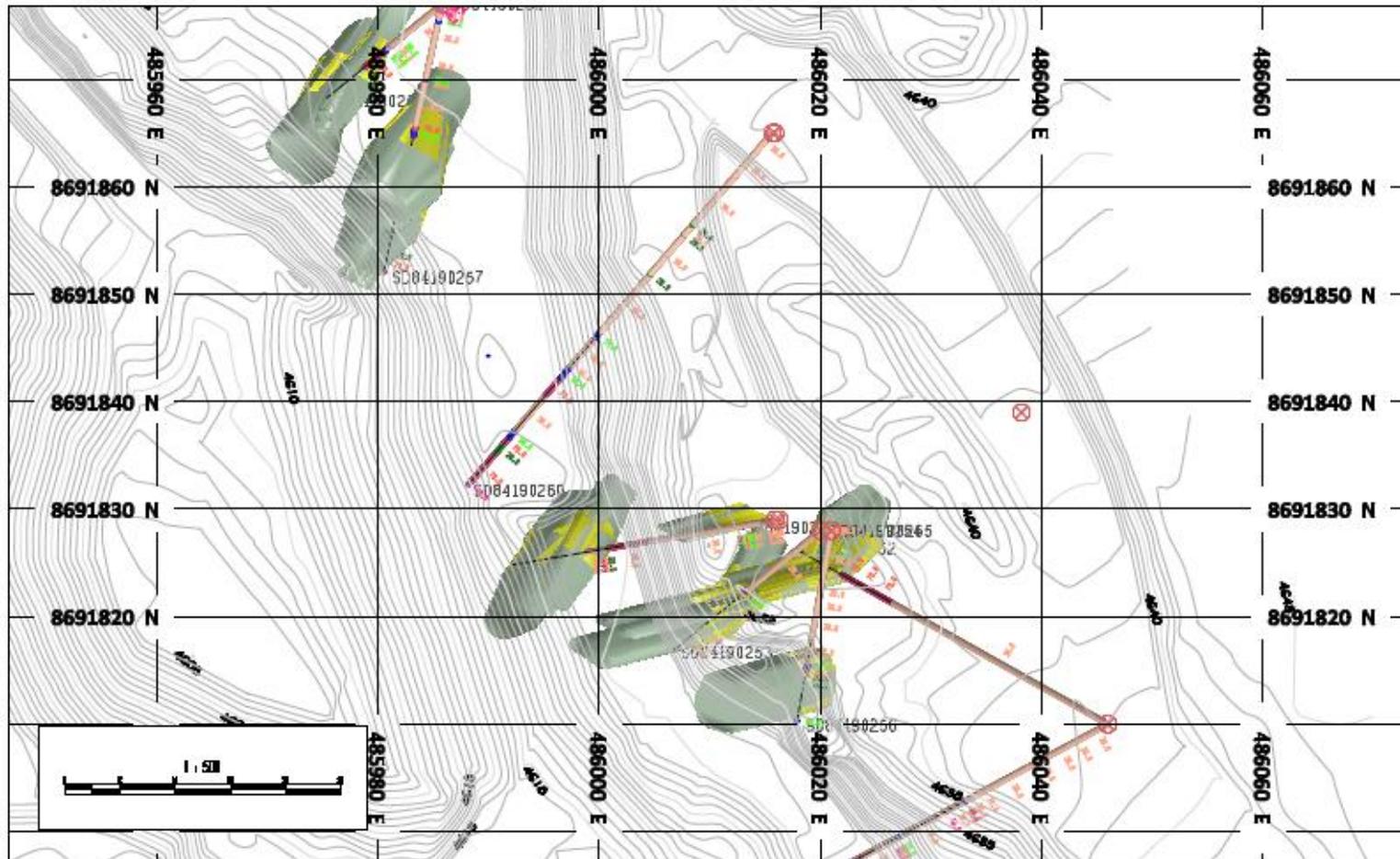
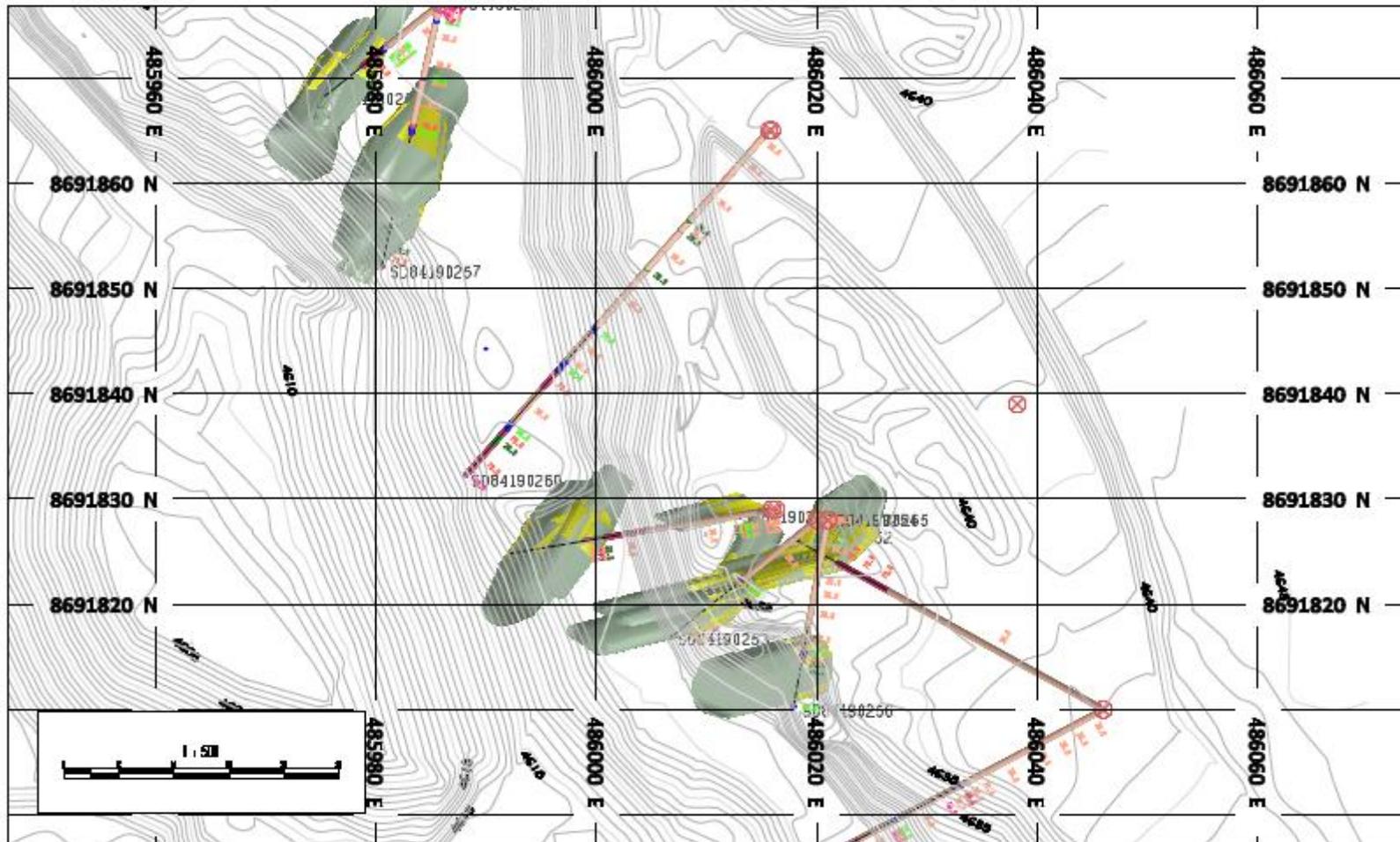


Figura 4. Solidos geológicos, para definir las reservas de mineral económico, en la UEA Jesús Poderoso N°8 Tomado del Departamento de Geología



**Figura 5. Sólidos geológicos para definir las reservas de mineral económico, UEA Jesús Poderoso N°8
Tomado del Departamento de Geología**

2.5. Caracterización del macizo rocoso

Para ejecutar la valoración geomecánica se utilizó la clasificación geomecánica de Bieniawski del año 1989, la cual presente cinco parámetros para poder evaluar la caracterización del macizo.

Los parámetros usados son: **resistencia de la roca intacta** que correlaciona la dureza de la roca, el grado de fracturamiento definido por el **RQD** de DEERE, **el espaciamiento** medio del sistema dominante el cual definirá en el espacio los tamaños de bloques que se generen, **las condiciones de los discontinuidades** que involucran, **la apertura**, que viene a ser la abertura entre las paredes de la discontinuidad, **la rugosidad** que mide el grado de aspereza, **la persistencia**, que es tendencia de continuidad de la discontinuidad, **el relleno**, que es el material que se encuentra dentro de la discontinuidad **y el grado de alteración**, que está en función de las condiciones climatológicas de la zona, **el agua**, corresponde a la presencia y cantidad de agua en la zona de operación.

Cada uno de estos parámetros es valorado independientemente, los cuales en conjunto dan la clasificación de Bieniawski llamado también RMR.

Tabla 4. Clasificación de la masa rocosa, UEA Jesús Poderoso N°8

Estaciones	Coordenadas UTM WGS		RMR Bieniawski	RQD %	Tipo de roca
	84				
	Este	Norte			
E - 1	486113	8691151	64	85 - 90	II - B
E - 2	486120	8691188	51	90 - 95	II - B
E - 3	486115	8691225	56	90 - 95	II - B
E - 4	486110	8691249	41	85 - 90	II - B

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.5.1. Parámetros de resistencia del macizo rocoso

En campo, se calculó la dureza de la roca para lo cual se usó un martillo de geólogo y se golpeó la superficie de la roca. Se notó marcas poco profundas con golpe firme del martillo (de punta).

Los resultados del ensayo de laboratorio de mecánica de rocas arrojaron valores cercanos a los hallados en campo donde se reportó una densidad promedio de 2.60 gr/cm³, un ángulo de fricción de 51,71° aproximadamente y la cohesión residual entre 14.88 MPa.

Finalmente, evaluando las características generales de campo con la clasificación geomecánica y los ensayos de laboratorio se ha definido parámetros representativos conservadores que serán utilizados en la cantera Jesús Poderoso N°8 tal como se puede apreciar en el cuadro.

Tabla 5. Resistencia del macizo rocoso, UEA Jesús Poderoso N°8

Muestra	y seca (gr/cm ³)	y seca (gr/cm ³)	∅ (°)	C (Mpa)	C. S. (Mpa)
M - 8	2.6	2.6	51.71	14.88	86.63
M - 3			38.9	0.131	

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.5.2. Clasificación geomecánica

Cada uno de los parámetros presentados es valorado independientemente, por lo cual en conjunto tenemos la clasificación de Bieniawski también llamado RMR (1979).

Se ejecutó el análisis de cuadro de estaciones mapeadas, en las cuales se estableció los dominios estructurales y las características físicas, siendo las propiedades de la roca *in-situ*. Según su clasificación de Bieniawski.

Tabla 6. Evaluación de acuerdo a Bieniawski

Estaciones	RMR Básico	RMR Ajustado	RQD %	Tipo de roca
E - 1	64	59	90	II - B
E - 2	67	62	92	II - B
E - 3	68	63	93	II - B
E - 4	68	63	88	II - B

Tomado del Departamento de Geomecánica

De acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski llamado también RMR (1979), la calidad de roca es buena de tipo IIB con algunas caídas de bloques aislados. La evaluación de acuerdo al SRM de los taludes se muestra en el siguiente cuadro

Tabla 7. Evaluación de acuerdo al SRM (Romana 1985)

Talud	RMR	SMR	Clase	Descripción	Roturas	Tratamiento
E - 1	64	64	Buena	Estable	Algunos Bloques	Ocasional
E - 2	67	51	Normal	Parcialmente estable	Algunas Cuñas	Sistemático
E - 3	68	56	Normal	Parcialmente estable	Algunas Cuñas	Sistemático
E - 4	68	41	Normal	Parcialmente estable	Algunas Cuñas	Sistemático

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.6. Explotación del yacimiento

La explotación del proyecto a tajo abierto (cantera), mediante bancos de explotación y debido a las características físicas presentes del yacimiento, se realizará la explotación utilizando perforación y voladura, mediante el empleo de mano de obra y máquinas para el desbroce.

2.6.1. Parámetros de diseño

Se efectuó el análisis de estabilidad física para cuatro (04) bancos de 8 m de altura y ángulo de 75° con bermas de seguridad de 3 m de ancho. De los resultados obtenidos se establece que tiene un comportamiento estable. La explotación minera se realizará por el método superficial, cuyas características serán las siguientes:

Tabla 8. Parámetros geométricos de minado, UEA Jesús Poderoso N°8

Parámetros	Valores
Altura de banco	8m
Ángulo de talud de banco	75°

Ángulo de talud final	61°
Ancho de berma	3 m
Número de bancos	4
Altura final	32 m

Tomado del Departamento de Geomecánica

2.6.2. Producción 2018

Tabla 9. Producción año 2018

Material económico TM.	Enero - Diciembre TM.
Material económico (silicato) TM.	9,354
Desmonte	4,650
Total	14,004

Tomado del Departamento de Planeamiento

2.6.3. Producción programada 2019

Tabla 10. Producción programada año 2019

Producción programada año 2019	
Material Económico (silicato) TM.	12,000
Desmonte TM.	24,000
Total	36,000

Tomado del Departamento de Planeamiento

Producción programada año 2019: 12000 t

Producción programada mensual: 1000 t

Producción programada por día: 40 t

2.6.4. Labores programadas año 2019

Se tiene programado la apertura de cuatro labores sobre afloramiento de material económico. Altitud promedio de labor: 4,680 m s. n. m.

Tabla 11. Labor programada coord. UTM

Labor	Coordenadas UTM WGS 84		Cota m s. n. m.
	Este	Norte	
Labor Laguna	486,115	8,691,178	4,669
Labor 0	486,227	8,691,386	4,673
Labor 15	486,183	8,691,132	4,700
Labor 16	486,176	8,691,018	4,720

Tomado del Departamento de Planeamiento

2.7. Método de explotación del yacimiento

La explotación se realiza a cielo abierto (cantera) por el método de bancos de explotación, mediante el empleo perforación y voladura, mano de obra y maquinaria pesada, la maquinaria pesada que se utiliza se realiza por campañas para la preparación de labores y estas son alquiladas.

2.7.1. Labores programadas año 2019

Se tiene la explotación a cielo abierto (cantera) mediante bancos de explotación, teniendo en cuenta las características físico-mecánicas, la geología estructural del terreno, se realizó el análisis de estabilidad para cuatro bancos de 8 m de altura y un ángulo de 75° con bermas de seguridad de 3 m de ancho. De los resultados obtenidos se establece que tiene un comportamiento estable. Por todo lo expuesto el diseño de bancos será el siguiente:

Tabla 12. Parámetros geométricos de diseño

Parámetros	Valores
Altura de banco	8 m
Ángulo de talud de banco	75°
Ancho de berma	3m
Número máximo de bancos	4
Ángulo de talud final	61°
Altura de talud final	32 m

Tomado del Departamento de Planeamiento

2.8. Ciclo de minado

2.8.1. Decapeo

Se refiere al movimiento de mineral orgánico (suelos presentados en alguna de las áreas reducidas del proyecto). La mayor parte del área del proyecto son afloramientos de granito y silicato, este material es retirado con el propósito de evitar contaminar el material extraído de la cantera. El material producto del escapeo será acumulado en una cancha provisional con el fin de poder utilizarlo posteriormente durante la etapa de la mitigación de los impactos ocasionados en la explotación de la cantera y durante la etapa de cierre progresivo y final del proyecto (Plan de cierre de cantera).

2.8.2. Desbroce

El material estéril ubicado en la parte superior será extraído con la finalidad de extraer el material económico (silicato).

El material que será retirado este compuesto generalmente por roca granito y silicato contaminado sin valor económico.

En el desbroce se usará perforación y voladura debido a que el material de desbroce es competente.

El material extraído será transportado a una cancha temporal construido para tal fin, dicho material será usado para el relleno, nivelación de los accesos y de las áreas explotadas en la etapa de cierre progresivo y final del proyecto.

2.8.3. Explotación

El material económico será explotado a cielo abierto (cantera) mediante bancos con altura de 8 m con un máximo de 4 bancos (32 m de altura total de la cantera), el ciclo será el siguiente:

- Formación de bancos de 8 m de altura, la extracción será descendiente.

- Los bancos serán extraídos mediante la perforación y voladura convencional. Se procederá con la perforación y voladura usando una malla de 0.80 x 0.80 m y luego se procederá con la extracción en forma artesanal.
- Cada 8 m de altura de banco se contará con una berma de seguridad de 3 m.

2.8.4. Acarreo

El material económico arrancado (silicato) será transportado con el volquete establecido hasta una cancha de mineral ubicada a 850.60m donde será clasificado.

El desmote será almacenado en la cancha correspondiente para ser usado en la mitigación y en el cierre progresivo de cantera.

2.8.5. Clasificación y transporte

El material extraído será clasificado (pallaqueo) de acuerdo a los requerimientos de planta y mercado para su posterior transporte a la ciudad de lima para su beneficio y comercialización.

2.9. Equipos y maquinaria

La relación de equipos a utilizar para la operación se encuentra detallado en el cuadro siguiente:

Tabla 13. Relación de equipo y maquinaria

Descripción	Modelo	Unidades
Compresora	Atlas Copco XAS185JD	1
Perforadora manual	RH658L	2
Barrenos	Barrenos 3,5,8,10 ft	8
Picos	Picos de acero con mango de madera	8
Combas	Combas de 16 libras	8
Tractor oruga	CAT – D7r	1
Cargador frontal	JOHN DEERE 644K	1
Excavadora	CAT - 329D	1
Volquetes	SCANIA	2

Tomado del Departamento de Planeamiento

La maquinaria pesada que se usará para la limpieza de los frentes de las labores (excavadora y volquete) serán alquilados de terceros.



**Figura 6. Volquete Scania D4N 743, UEA Jesús Poderoso N°8
Tomado del Departamento de Planeamiento**



**Figura 7. Excavadora Caterpillar CAT 329D, UEA Jesús Poderoso N°8
Tomado del Departamento de Planeamiento**

2.9.1. Fuerza laboral

Las actividades a realizar en la cantera Jesús Poderoso N°8 contarán con 12 trabajadores de acuerdo a lo especificado en el cuadro adjunto.

Tabla 14. Fuerza Laboral

Etapa	Cargo	Cantidad	Total
Preparación y Explotación	Ing. Residente	1	12
	Perforista	2	
	Ayudante perforista	2	
	Capataz	1	
	Obreros	6	

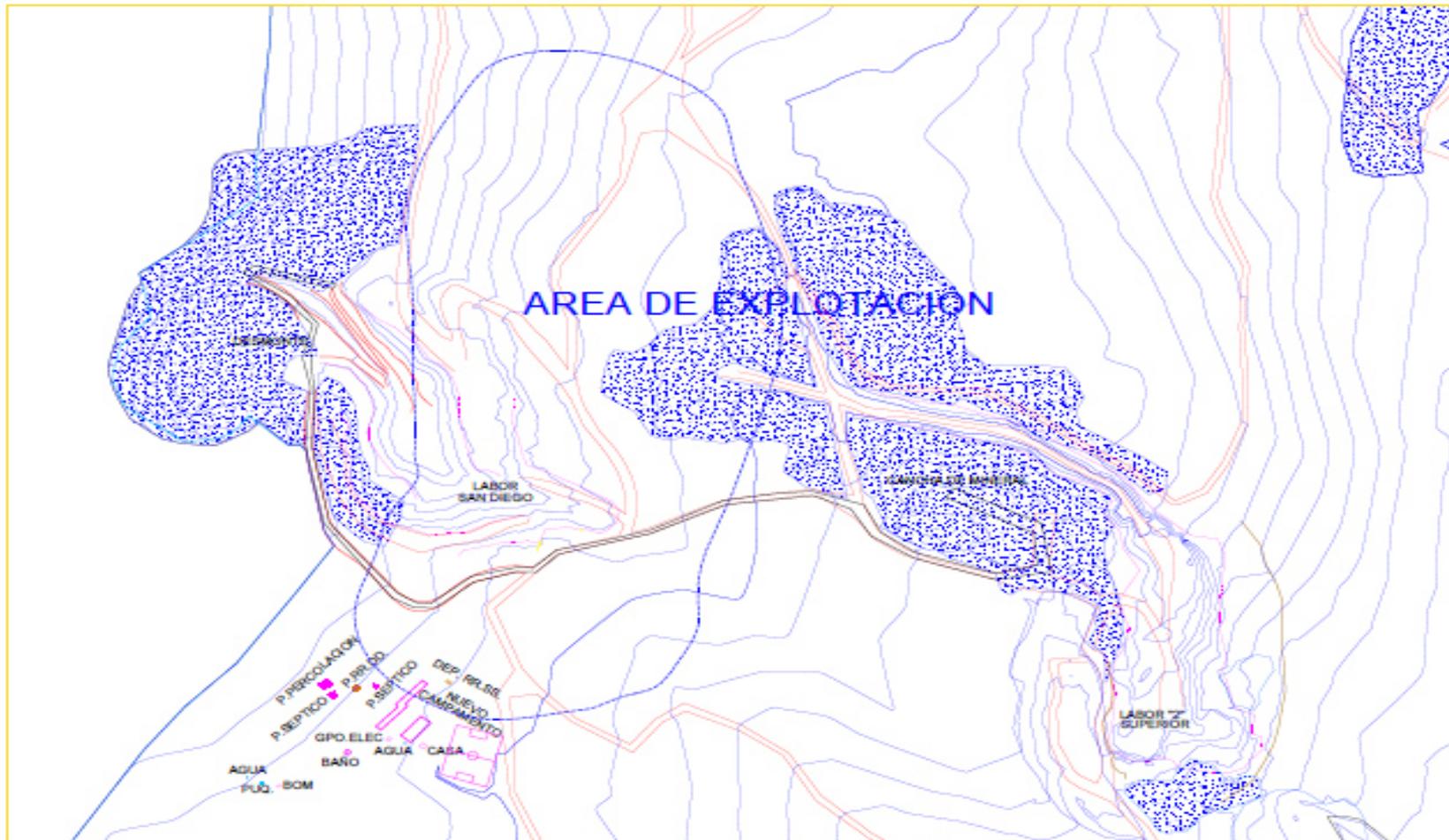
Tomado del Departamento de Planeamiento

2.10. Bases teóricas del estudio

La presente investigación titulada “Evaluación técnica económica en el sistema de transporte y acarreo de talco para la reducción de costos en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos S. A.” nos da a conocer una nueva metodología para reducir costos en las operaciones de transporte y acarreo de mineral con un incremento eficiente a la productividad durante el periodo 2019 al 2020 para el beneficio de la empresa minera.

La metodología que se utilizó para demostrar la hipótesis fue descriptiva con la evaluación de los indicadores operacionales entre equipos de carguío y acarreo seleccionados por la empresa. Estos indicadores permitieron realizar un análisis del dimensionamiento de flota y definir el rendimiento de los equipos evaluados. Una vez definido los escenarios actuales de capacidades de excavadoras y volquetes y la relación de número de pases se procedió a generar nuevos escenarios entre la excavadora actual y un nuevo sistema de acarreo, para finalmente realizar un escenario nuevo de selección de equipos de carguío y acarreo.

Con este análisis técnico y económico de los equipos de carguío y acarreo óptimos, se logrará mejorar la productividad y su consecuente reducción de costos en carguío y acarreo de mineral y desmonte.



**Figura 8. Área de estudio, UEA Corazón de Jesús N°8
Tomado del Departamento de Planeamiento**



*Figura 9. Layout de transporte de mineral y desmonte, UEA Corazón de Jesús N°8
Tomado del Departamento de Planeamiento*

2.11. Planeamiento de minado

Teniendo en cuenta el estudio geológico y el análisis de estabilidad de taludes se proyecta el diseño de la cantera para el plan de minado, el mismo que se presentara a continuación, considerándose plan de minado a corto, mediano y largo plazo.

2.11.1. Planeamiento de minado a corto plazo

El planeamiento de minado a corto plazo abarca lo relacionado a la producción del año 2018, la continuidad de los trabajos de preparación y explotación en el que se tendrá que lograr una producción mensual de 1000 TM. (12,000) TM/año).

2.11.2. Planeamiento de minado a mediano plazo

De acuerdo al comportamiento del mercado de no metálicos, es difícil programar la producción a mediano plazo; sin embargo, se tiene estimado mantener la misma producción para el mediano plazo 12,000 t/año. De producirse algún cambio en el mercado se modificará el planeamiento a mediano plazo que se comunicará de inmediato a la autoridad competente.

2.11.3. Planeamiento de minado a largo plazo

El planeamiento a largo plazo para la explotación de no metálicos es incierto; sin embargo, teniendo las reservas de mineral y teniendo la oferta y demanda estable se puede mantener la producción de 12,000 t/año.

Tabla15. Plan de producción programada y ejecutada, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8

PLAN DE PRODUCCIÓN MINERAL PROGRAMADA 2019 - 2020

UEA JESÚS PODEROSO N° 8

PERIODO	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	TOTAL	2018	2020
MINERAL	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	12,000	9,354	12,000
DESMONTE	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	24,000	4,650	24,000
TOTAL	3,000	36,000	14,004	36,000											
SR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.5	2

PLAN DE PRODUCCIÓN MINERAL EJECUTADA 2019 - 20

UEA JESÚS PODEROSO N° 8

PERIODO	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	TOTAL/PROM.
NUMERO DIAS EFECTIVOS	26	26	12	10	23	26	26	25	15	189
MINERAL COMERCIAL (Ton)	465	837	527	527	1,457	1,643	1,364	1,426	775	9,021
MINERAL ACOPIO (Ton)	610	678	206	426	815	1,020	1,201	2,141	1,619	8,715
TOTAL PRODUCIDO (Ton)	1,075	1,515	733	953	2,272	2,663	2,565	3,567	2,394	17,736
COSTO TOTAL TRANSPORTE (US\$/Mes)	11,165	11,165	5,153	4,294	9,877	11,165	11,165	10,736	6,441	81,162
COSTO UNITARIO (US \$/Ton)	24.01	13.34	9.78	8.15	6.78	6.80	8.19	7.53	8.31	9.00

Tomado del Departamento de Planeamiento

2.12. Características de los equipos de carguío y acarreo

- a) Equipos de acarreo. Está definido por volquetes D4N 773 D4C731 de marca Scania petrolero del 2007 con las siguientes características técnicas:

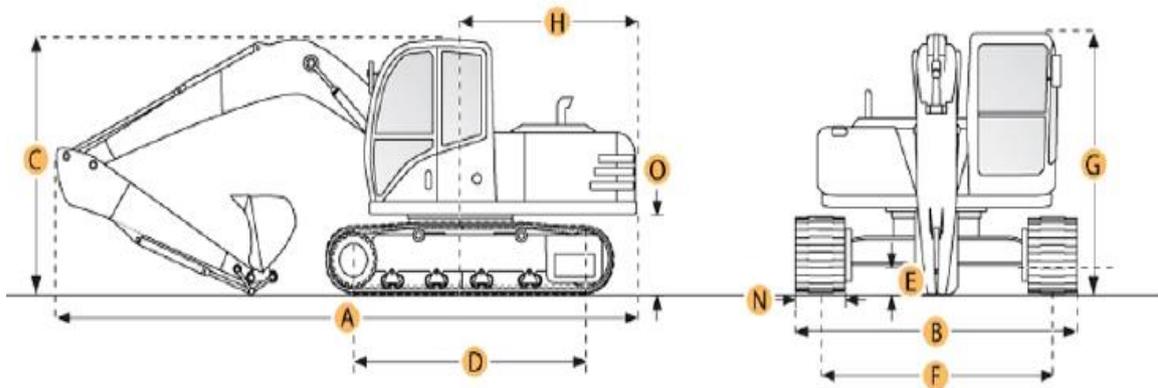
Tabla 16. Características técnicas de los equipos de acarreo en la UEA Jesús Poderoso N°8

CARACTERÍSTICAS DE VOLQUETE D4N 773 D4C731	
Razón social	Transp. Sierra Blanca SA
Placa	D4N773
Categoría	N3
Marca	SCANIA
Modelo	CB6X4
Año de fabricación	2007
Kilometraje actual	29832
Combustible	DIESEL
N ejes/n ruedas	3/10
Largo/Ancho/Alto	7.45 / 2.60 / 3.32
Peso neto (kg)	14073
Peso bruto (kg)	38500
Peso util (kg)	24427



Tomado del Departamento de Planeamiento

- b) Equipos de Carguío. Considera una excavadora hidráulica Caterpillar 329D L Long Reach con las siguientes características técnicas:



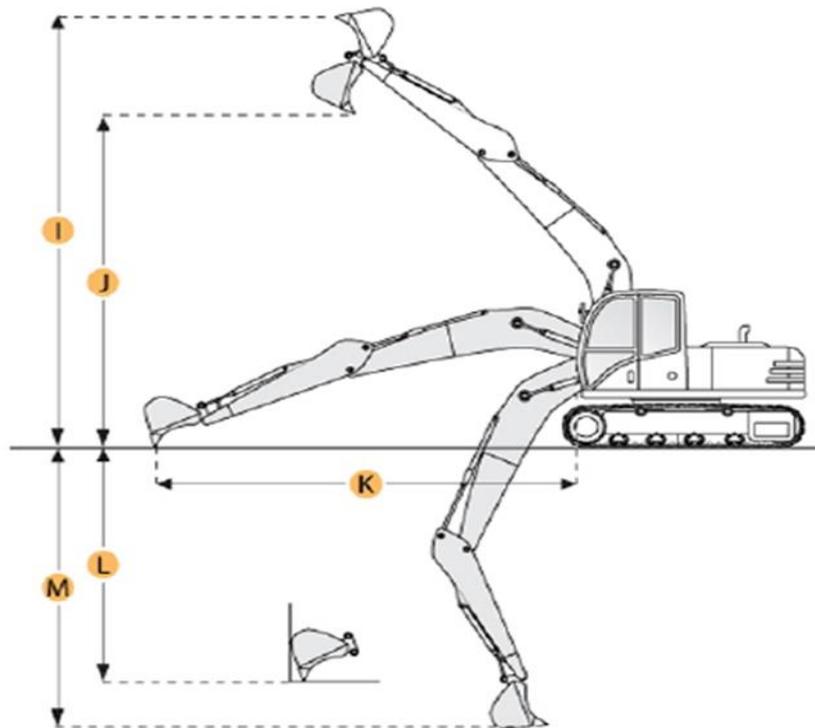


Figura 10. Dimensiones de los equipos de carguío en la UEA Jesús Poderoso N°8 Tomado del Departamento de Planeamiento

Tabla 17. Características técnicas de los equipos de carguío en la UEA Jesús Poderoso N°8

Dimensiones	
Peso operativo	29240 Kg
A. Largo	1438 cm
B. Anchura por fuera de las pistas	339 cm
C. Altura	323 cm
D. Largo de las pistas	399 cm
E. Distancia libre de piso a máquina	49 cm
F. Indicador de orugas	529
G. Altura a la cabina	304 cm
H. Radio de giro del swing	308 cm
I. Altura máxima de corte	1484.2 cm
J. Altura máxima de carga	148.3 cm
K. Alcance máximo a nivel de suelo	1860 cm
L. Profundidad máxima de excavación vertical	1398.6 cm
M. Profundidad máxima de excavación	1462 cm
N. Tamaño de pista	80 cm
O. Margen de contrapeso	111 cm
Capacidad de aceite de motor	30 Lt
Capacidad de aceite del swing	10 Lt
Capacidad de bombeo de aceite hidraulico	235 L/min
Capacidad de refrigerante	30 Lt
Capacidad de sistema hidraulico	310 Lt

Capacidad de tanque de combustible	520 Lt
Presión de válvula de alivio	5076.3 Psi
Velocidad de swing	10.2 rpm
Velocidad máxima	5.3 Km/h
Desplazamiento de motor	7.2 Lt
Marca de motor	CATERPILLAR
Modelo	C7 ACERT
Potencia neta	202 Hp
Torque del swing	60628 Lb ft
Fuerza de tracción	55977.4 Lb
Número de pistas por lado	50
Número de rodillos de cadena (oruga) por lado	9
Número de rodillos por lado	2
Capacidad de cucharón de referencia	1.1 m3
Capacidad máxima del cucharón	2.6 m3

Tomado del Departamento de Planeamiento

2.13. Situación actual de la operación minera

El presente trabajo de investigación permite analizar las condiciones operacionales de transporte de mineral y desmonte considerando parámetros operacionales de diseño, dimensionamiento de flota de carguío y acarreo de mineral.

a) Perfil de acarreo de la UEA Jesús Poderoso N°8

El perfil de acarreo de mineral en la UEA Jesús Poderoso N°8 considera los puntos de carguío (área de explotación) y los puntos de descarga (cancha de acumulación de mineral).

La distancia total desde el punto de carguío hasta el punto de descarga es de 850.60 metros considerando diferentes tramos con su respectiva gradiente desde tramos en gradiente 0 a tramos con gradiente 11 % en el área de operación (tajo) hasta tramos de 16 % en superficie.

La resistencia a la rodadura es bastante homogénea, se considera un valor de 2 % por las condiciones ideales de mantenimiento de las vías de acceso del perfil de acarreo y transporte.

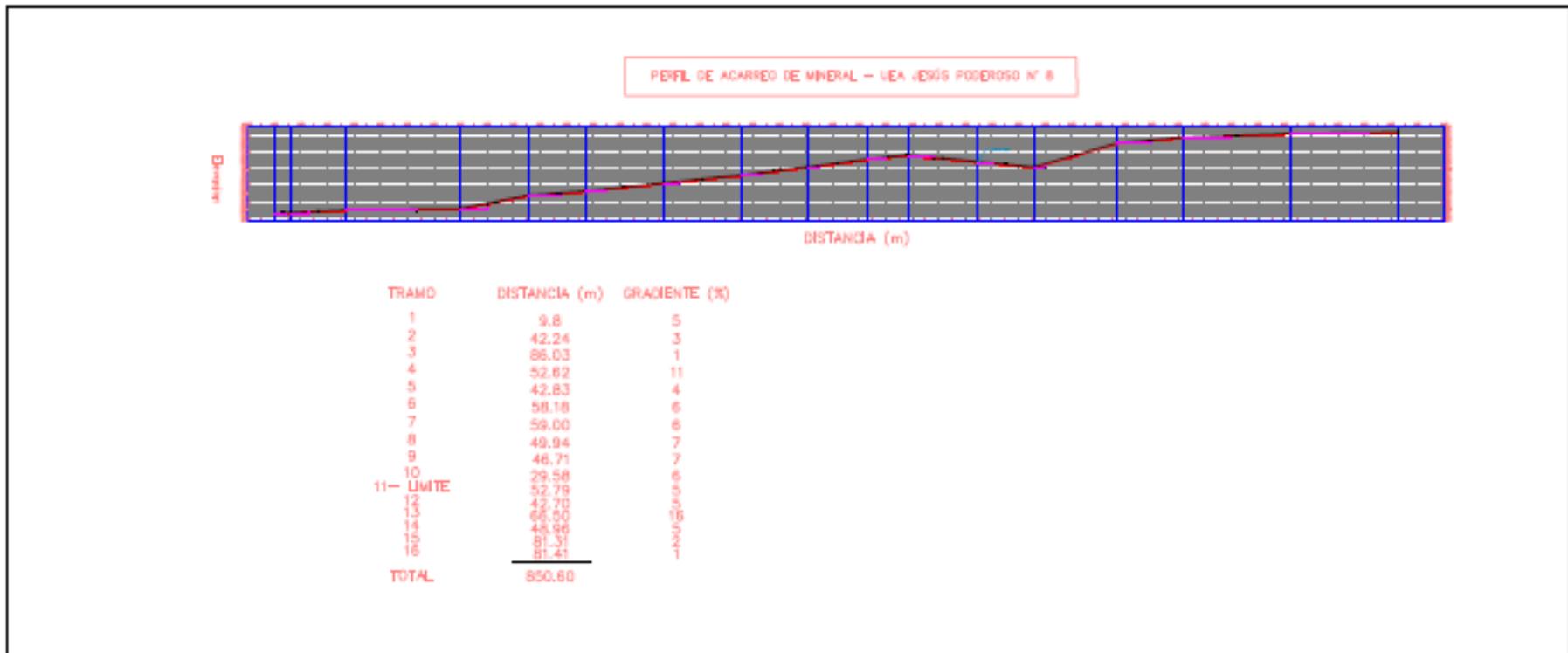


Figura 11. Perfil de acarreo y transporte de mineral, en la UEA Jesús Poderoso N°8



Figura 12. Cancha de mineral, en la UEA Jesús Poderoso N°8



Figura 13. Vías mantenidas en la UEA Jesús Poderoso N°8

b) Parámetros operacionales para dimensionamiento de flota de carguío y transporte de mineral – escenario actual

Las variables operacionales son consideradas en función de la producción de mineral mensual de 1971 toneladas mensuales y de 17,736 toneladas anuales

ejecutadas durante el periodo 2019 (9 meses), considerando 6 días por semana y 8 horas día.

Tabla 18. Parámetros operacionales en el dimensionamiento de flota en la UEA Jesús Poderoso N°8

Producción (9 meses)	17,736	t/año
Días/año	189	
Mineral	1971	t/mes
Mineral	563	t/semana
Mineral TPD	94	t/día
Mineral	11.7	t/h
Días/semana	6	
Días/mes	22	
Densidad Mx	2.75	t/m ³
Densidad estéril	2.20	t/m ³
Esponjamiento Mx	0.30	
Esponjamiento estéril	0.20	
h/día	8	

c) Características técnicas del equipo carguío y transporte de mineral - escenario actual

La relación del número de pases que involucra los equipos de carguío y transporte de mineral permitirá tener una idea clara del rendimiento de los equipos de carguío con los equipos de acarreo o transporte de mineral.

El equipo de carguío considera una excavadora CAT 329D L Long Reach, con una capacidad de balde de 2.60 m³ y año de fabricación del 2012.

El equipo de transporte considera un volquete SCANIA CB6X4 con un peso útil de 24.43 toneladas y año de fabricación 2007.

Tabla 19. Características técnicas de equipo de carguío y transporte de mineral en la UEA Jesús Poderoso N°8

Carguío CAT 329D L Long Reach	
Altura (m)	3.23
Ancho (m)	3.39
Longitud (m)	14.38
Altura máxima de corte (m)	14.84
Altura máxima de carga (m)	13.36
Capacidad balde [m ³]	2.60
Factor de llenado	0.90
Año de fabricación	2012
Transporte SCANIA CB6X4	
Altura (m)	3.32
Ancho (m)	2.60
Longitud (m)	7.45
Peso neto (t)	14.07
Peso bruto (t)	38.50
Peso útil (t)	24.43
horas/día	8
Año de fabricación	2007

d) Relación de número de pases entre equipos de carguío y transporte de mineral – escenario actual

Las consideraciones operacionales para relacionar los números de pases entre los equipos de carguío y transporte de mineral permitirán definir el rendimiento de ambos equipos bajo consideraciones actuales de operación. Este rendimiento de llenado permitirá definir el sobredimensionamiento o menor dimensionamiento entre equipos de carguío y transporte de mineral. Los números de pases calculados entre el equipo de carguío y el de acarreo es de 5, siendo el óptimo entre 3 a 4 pases máximo, por lo que el rendimiento de llenado genera un mayor costo de carguío.

Tabla 20. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de mineral en la UEA Jesús Poderoso N°8

	Mineral
	Excavadora
Balde (m ³)	2.60
Densidad (t/m ³)	2.75
Esponjamiento	0.30
Balde esponjado (t)	7.15
Balde (t) <i>insitu</i>	4.95
F. Llenado	0.90
	Mineral
	Volquete
Tolva (t)	24.43
Pasadas	4.93
Pasadas Programadas	5.00

e) Dimensionamiento de equipos de carguío mineral – escenario actual

De acuerdo a las características operacionales el cálculo de número de excavadoras en la UEA Jesús Poderoso N°8, considera un factor de llenado de 0.9 producto del grado de fragmentación del mineral después de la voladura; asimismo, las variables de disponibilidad se consideran en 88 % de acuerdo al mantenimiento preventivo realizado desde su adquisición y la utilización está en el rango del 75 % relacionado al tonelaje producido y la disponibilidad mecánica de la excavadora. También, se considera el tiempo de ciclo de carguío en 139 segundos para mineral. En función a las características operacionales actuales se definieron el requerimiento de 1 excavadora como equipo de carguío.

Tabla 21. Cálculo del número de excavadoras en el escenario actual, UEA Jesús Poderoso N°8

	Excavadora
F. Llenado	0.90
UT (%)	0.75
FO (%)	0.80
DF (%)	0.88
T ciclo (s)	139
s/h	3600
Rend Ef. (t/h)	128.20
Factor	0.48
Rend. Efectivo	128.20
Rend. Eficiente	60.92

Número de excavadoras	
Capacidad	2.60 m ³
Factor de llenado	90 %
UT (%)	75 %
FO (%)	80 %
DF (%)	88 %
Tiempo por baldada	139 s
Tiempo efectivas	8 h/día
Capacidad real	4.95 t
Tciclo	139 s/ciclo
Rendimiento	542 t/día
Producción Anual	102348 t/año
Número de excavadoras	1

f) Dimensionamiento de equipos de transporte mineral – escenario actual

En base al plan de producción realizado en la UEA Jesús Poderoso N°8, con una capacidad de tolva de 24.43 toneladas, un factor de llenado de 0.95 asociado al grado de fragmentación, con una disponibilidad mecánica del 86 % y la utilización del 73%, se genera el escenario de unidades necesarias en la operación. Siendo el requerimiento de 1 volquete para el cumplimiento del plan de producción de mineral ejecutado.

Tabla 22. Cálculo del número de volquetes en el escenario actual, UEA Jesús Poderoso N°8

Volquete	
Tolva (ton)	24.43
F. llenado	0.95
UT (%)	0.73
FO (%)	0.9
DF (%)	0.86
Total, factor	0.54

Número de volquetes	
	Mineral
Pasadas Real	5.00
T carguío (s)	139
T transporte ida (s)	518.0
T descarga (s)	162.0
T transporte vuelta (s)	412.0
T maniobra y aculatamiento (s)	22.0
T ciclo (s)	1253.0
s/h	3600
T ciclo (h)	0.35
Rend. Efectivo (t/h)	70.18
Rend. Eficiente (t/h)	37.67
Número de volquetes	1

g) Dimensionamiento de equipos de perforación mineral – escenario actual

Los equipos necesarios de perforación requeridos, para el cumplimiento del plan de producción considera una malla cuadrada de perforación de 8 metros de espaciamiento y 8 metros de *burden*, con una altura de banco de 8 metros y una pasadura o sobre perforación de 1.5 metros, considerando así mismo una disponibilidad del 74 % y la utilización del 53 %. Este valor bajo de utilización se debe a las condiciones operacionales de la mina, siendo el requerimiento de 1 perforadora.

Tabla 23. Cálculo del número de volquetes en el escenario actual, UEA Jesús Poderoso N°8
Perforación y tronadura

UT (%)	0.53
FO (%)	0.8
DF (%)	0.74
Burden (m)	8
Espaciamiento (m)	8
Altura banco (m)	8
Pasadura (m)	1.2
Densidad mineral (t/m ³)	2.75
Vpteo (m/h)	40

Perforación		
Tonelaje por tiro	Tt(t)	1408.00
Tonelaje por metro barrenado	Tmb (t/mb)	153.04
Metros barrenados requeridos por día	MBD (mb/d)	0.61
Rendimiento equipo perforación	R (mb/d)	100.40
Número de perforadoras	N	1

h) Costos de transporte mineral – escenario actual

Los costos de transporte se consideran teniendo en cuenta que los equipos son en alquiler, teniendo un costo de alquiler diario de S/1430 por día, con un tipo de

cambio de \$3.33; además, se considera variables de 6 días de operación a la semana y 8 horas diarias.

Se considera un costo unitario promedio anual de transporte por tonelada programado de 5 \$/t y una producción mensual promedio de 1,971 toneladas de mineral, siendo el tonelaje real extraído de 17,736 toneladas durante un periodo de 9 meses, generando un costo total de transporte de mineral anual de \$81,162.

i) Relación de número de pases entre equipos de carguío y transporte de desmorte – escenario actual

Las consideraciones operacionales para relacionar los números de pases entre los equipos de carguío y transporte de desmorte permitirán definir el rendimiento de ambos equipos bajo consideraciones actuales de operación. Este rendimiento de llenado entre los equipos de carguío y acarreo de desmorte, permitirá definir el sobredimensionamiento o menor dimensionamiento entre equipos de carguío y transporte de desmorte. Los números de pases calculados entre el equipo de carguío y el de acarreo es de 6, siendo el óptimo entre 3 a 4 pases máximo, por lo que el rendimiento de llenado genera un mayor costo de carguío de desmorte.

Tabla 24. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de desmorte en la UEA Jesús Poderoso N°8

	Desmorte
	Excavadora
Balde (m ³)	2.60
Densidad (t/m ³)	2.20
Esponjamiento	0.20
Balde esponjado (t)	5.72
Balde (t) <i>insitu</i>	4.29
F. Llenado	0.90

Desmante	
Volquete	
Tolva (t)	24.43
Pasadas	5.69
Pasadas programadas	6.00
Pasadas, real	8

j) Dimensionamiento de equipos de carguío desmante – escenario actual

De acuerdo a las características operacionales el cálculo de número de excavadoras en la UEA Jesús Poderoso N°8, considera un factor de llenado de 0.9 producto del grado de fragmentación del mineral después de la voladura; por otro lado, las variables de disponibilidad se consideran en 88 % de acuerdo al mantenimiento preventivo realizado desde su adquisición y la utilización está en el rango del 75 % relacionado al tonelaje producido y la disponibilidad mecánica de la excavadora. Asimismo, se considera el tiempo de ciclo de carguío es de 151 segundos para desmante. En función a las características operacionales actuales se definieron el requerimiento de 3 excavadoras como equipos de carguío.

Tabla 25. Cálculo del número de excavadoras para desmante, escenario actual en la UEA Jesús Poderoso N°8

	Excavadora
F. Llenado	0.90
UT (%)	0.75
FO (%)	0.80
DF (%)	0.88
T ciclo (s)	151
s/h	3600
Rend efectivo (t/h)	102.28
Factor	0.48
Rend. efectivo	102.28
Rend. eficiente	48.60

Número de excavadoras	
Capacidad	2.60 m ³
Factor de llenado	90%
UT (%)	75%
FO (%)	80%
DF (%)	88%
Tiempo por baldada	151 s
Tiempo efectivas	8 h/día
Capacidad real	4.29 t
Tciclo	151 s/ciclo
Rendimiento	432 t/día
Producción anual	81652 t/año
Número de excavadoras	3

k) Dimensionamiento de equipos de transporte mineral – escenario actual

En base al plan de producción realizado en la UEA Jesús Poderoso N°8, con una producción de desmonte promedio mensual de 26,629 toneladas y una producción total durante 9 meses de 239,658 toneladas, con una capacidad de tolva de 24.43 toneladas, un factor de llenado de 0.95 asociado al grado de fragmentación, con una disponibilidad mecánica del 86 % y la utilización del 73 %, se genera el escenario de unidades necesarias en la operación. Siendo el requerimiento de 3 volquetes para el cumplimiento del plan de producción de desmonte ejecutado.

Tabla 26. Cálculo del número de volquetes para desmonte, escenario actual en la UEA Jesús Poderoso N°8

	Volquete
Tolva (t)	24.43
F. Llenado	0.95
UT (%)	0.73
FO (%)	0.9
DF (%)	0.86
Total, factor	0.54

Número de volquetes	
	Desmonte
Pasadas, real	6.00
T carguío (s)	151
T transporte ida (s)	181.0
T descarga (s)	101.0
T transporte vuelta (s)	127.0
T maniobra y aculatamiento (s)	153.0
T ciclo (s)	713.0
s/h	3600
T ciclo (h)	0.20
Rend. efectivo (t/h)	123.33
Rend. eficiente (t/h)	66.20
Número de volquetes	3

l) Dimensionamiento de equipos de perforación desmote – escenario actual

Los equipos necesarios de perforación requeridos para el cumplimiento del plan de producción de desmote con una producción de desmote promedio mensual de 26,629 toneladas y una producción total durante 9 meses de 239,658 toneladas, considera una malla cuadrada de perforación de 8 metros de espaciamiento y 8 metros de *burden*, con una altura de banco de 8 metros y una pasadura o sobre perforación de 1.5 metros, considerando asimismo una disponibilidad del 74 % y la utilización del 53 %. Este valor bajo de utilización se debe a las condiciones operacionales de la mina, siendo el requerimiento de 1 perforadora.

Tabla 27. Cálculo del número de perforadoras para desmonte, escenario actual en la UEA Jesús Poderoso N°8

Perforación y tronadura		
Ut (%)		0.53
Fo (%)		0.8
Df (%)		0.74
Burden (m)		8
Espaciamiento (m)		8
Altura banco (m)		8
Pasadura (m)		1.2
Densidad desmonte (t/m ³)		2.20
Vp _{teo} (m/h)		40
Perforación		
Tonelaje por tiro	Tt (t)	1126.40
Tonelaje por metro barrenado	Tmb (t/mb)	122.43
Metros barrenados requeridos por día	Mbd (mb/d)	10.36
Rendimiento equipo perforación	R (mb/d)	100.40
Numero de perforadoras	N	1

m) Costos de transporte desmonte – escenario actual

Los costos de transporte se consideran teniendo en cuenta que los equipos son en alquiler, teniendo un costo de alquiler diario de S/1430 por día, con un tipo de cambio de \$3.33, se considera variables de 6 días de operación a la semana y 8 horas diarias.

Se considera un costo unitario promedio anual de transporte por tonelada de desmonte de 0.34 \$/t y el costo unitario de transporte de mineral de 5 \$/t, con una producción anual de material de 257,394 toneladas.

Tabla 28. Costos de transporte de desmonte y mineral periodo 2019, UEA Jesús Poderoso N°8

COSTO DE TRANSPORTE MINERAL - PRODUCCIÓN EJECUTADA 2019 - 20

UEA JESÚS PODEROSO N° 8

PERIODO	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	TOTAL/PROM.	INCIDENCIA
PRODUCCIÓN (Ton/mes)	1,075	1,515	733	953	2,272	2,663	2,565	3,567	2,394	17,736	1,971
COSTO ALQUILER (US \$/Mes)	11,165	11,165	5,153	4,294	9,877	11,165	11,165	10,736	6,441	81,162	9,659
NÚMERO DIAS PROGRAMADOS	27	26	26	26	26	27	27	25	26	236	26
NÚMERO DIAS EFECTIVOS	26	26	12	10	23	26	26	25	15	189	22
MINERAL COMERCIAL (Ton)	465	837	527	527	1,457	1,643	1,364	1,426	775	9,021	1172
MINERAL ACOPIO (Ton)	610	678	206	426	815	1,020	1,201	2,141	1,619	8,715	1207
COSTO UNITARIO (US \$/Ton)	10	7	7	5	4	4	4	3	3	5	

COSTO DE TRANSPORTE DESMONTE - PRODUCCIÓN EJECUTADA 2019 - 20

UEA JESÚS PODEROSO N° 8

PERIODO	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	TOTAL	PROMEDIO
PRODUCCIÓN DESMONTE (Ton/mes)	35,350	33,811	14,976	13,021	14,682	33,176	34,788	37,989	21,865	239,658	26,629
COSTO ALQUILER (US \$/Mes)	11,165	11,165	5,153	4,294	9,877	11,165	11,165	10,736	6,441	81,162	9,838
NÚMERO DIAS PROGRAMADOS	27	26	26	26	26	27	27	25	26	236	26
NÚMERO DIAS OPERACIÓN	26	26	12	10	23	26	26	25	15	189	23
COSTO UNITARIO (US \$/Ton)	0.32	0.33	0.34	0.33	0.67	0.34	0.32	0.28	0.29		0.34

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

Se desarrollará una investigación aplicada a un nivel explicativo, logrando la mejora de la productividad en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de Compañía Minera Agregados Calcáreos S. A. El método que se desarrolla es inductivo - deductivo, ya que se inicia de casos particulares a generales para luego interpretarlas. Siendo el resultado un método que mejore la productividad.

a) Método general

El método empleado en la investigación es el método inductivo-deductivo. Este método está orientado a observar e investigar a fondo los parámetros técnicos económicos y aplicar criterios para ver los resultados que se producen en la producción. Las evaluaciones de los parámetros técnicos económicos, servirán para llegar a determinar de qué manera mejorar la productividad en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de Compañía Minera Agregados Calcáreos S. A.

b) Métodos específicos

A continuación, se detalla el procedimiento de recolección y procesamiento de datos, donde determinamos el control de los KPI s, haciendo uso del método

general. Se realizará el análisis de los datos que se obtendrán en la observación directa de las variables.

- **Recopilación de informes anteriores.** Con la finalidad de poder entender el desarrollo de las actividades en la unidad minera, se recopilará toda la data de las áreas de Geología, Mina, Planeamiento y Geomecánica. Se interpretará los resultados de los informes de los meses anteriores.
- **Trabajo de campo.** Se realizará el trabajo de campo con las observaciones pertinentes de mapeo, monitoreo de convergencia/divergencia, análisis de tiempo y costeo de las variables de gestión en operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos S. A.
- **Trabajo de gabinete:** Se realizará el trabajo de campo con las observaciones pertinentes de mapeo, monitoreo de convergencia/divergencia, análisis de tiempo y costeo de las variables de gestión en operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso compañía minera Agregados Calcáreos S. A.
- **Resultados.** Se realizará la evaluación de los resultados en términos de rentabilidad de la mejora de la productividad en equipos de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso compañía minera Agregados Calcáreos S.A.

3.1.2. Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

De acuerdo a los diversos criterios de investigación, se considera 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 depende los resultados y conclusiones que se van a obtener. Se fundamenta en las ciencias básicas, como geología, operación mina, mecánica, economía y

tecnología. La investigación como ciencia aplicada se interesa en los estudios geológicos, operacionales y económicos.

b) Nivel

El nivel de la investigación que se desarrollará es de tipo explicativo, porque se busca conocer un método que ayude a mejorar la productividad bajo criterios técnicos económicos. Los estudios explicativos buscan nuevas respuestas que ayuden a mejorar ciertas deficiencias. Esto se sustentará porque la hipótesis será sometida a pruebas. La principal utilidad del nivel o alcance explicativo es saber cuál es el método que ayude a mejorar la productividad.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación consistirá en realizar el control técnico económico de las variables operacionales que influyen en la gestión en operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso compañía minera Agregados Calcáreos S. A. Se desarrollará en un periodo de 03 meses y luego se analizarán para la obtención de resultados.

3.2.1. Tipo de diseño de investigación

La investigación es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). Se realizará durante el periodo de 03 meses, se hará un control y registro de las variables, durante el estudio se visualizarán cambios a través del tiempo. En la investigación no se manipularán o tratarán de alterar a las variables. Solo nos enfocamos en investigar y observar las variables de gestión en operaciones de transporte y acarreo en la operación minera, luego analizamos la mejora de la productividad en la UEA Jesús compañía minera Agregados Calcáreos S. A.

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

02 (T1, T2, T3, T4)

GNO: 01 y 02

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población pertenece a la UEA Jesús Poderoso compañía minera Agregados Calcáreos S. A. en las diferentes labores de exploración, desarrollo, preparación y producción.

3.3.2. Muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico, intencionado y por conveniencia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación, se presentan los resultados de la presente tesis, mostrando la evaluación técnica económica en el sistema de transporte y acarreo de talco para la reducción de costos en la UEA Jesús compañía minera Agregados Calcáreos S. A. mediante el análisis del número de pases y dimensionamiento de equipos de carguío y transporte de mineral en un escenario actual y un escenario propuesto que optimice el sistema de transporte de mineral.

4.1.1. Cálculo de número de pases de equipos de carguío y transporte de mineral - escenario actual

Las consideraciones operacionales para relacionar los números de pases entre los equipos de carguío y transporte de mineral permitieron definir el rendimiento de ambos equipos bajo consideraciones actuales de operación. Este rendimiento de llenado entre la excavadora hidráulica Caterpillar 329DL y los volquetes Scania D4N773 permitirá definir el sobredimensionamiento o menor dimensionamiento entre equipos de carguío y transporte de mineral.

4.1.1.1. Layout de transporte de mineral – UEA Jesús Poderoso N°8

El perfil de acarreo de mineral en la UEA Jesús Poderoso N° 8, considera los puntos de carguío (área de explotación) y los puntos de descarga (cancha de acumulación de mineral).



Figura 14. Costos de transporte programado y ejecutado del plan de producción 2019, UEA Jesús Poderoso N°8

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ La distancia total desde el punto de carguío de mineral hasta el punto de acopio de mineral es de 850.60 metros, considerando diferentes tramos con su respectiva gradiente. Desde tramos en gradiente 0 a tramos con gradiente 11 % en el área de operación (tajo) hasta tramos de 16 % en superficie.
- ✓ La resistencia a la rodadura es bastante homogénea, se considera un valor de 2% por las condiciones ideales de mantenimiento de las vías de acceso del perfil de acarreo y transporte.

4.1.1.2. Parámetros operacionales para el dimensionamiento de flota de carguío y transporte de mineral y desmonte

Las variables operacionales durante el periodo de 9 meses son consideradas en función a la producción de mineral mensual de 1971 toneladas mensuales y de 17736 toneladas anuales ejecutadas durante el periodo 2019 e inicios del 2020.

El equipo de carguío considera una excavadora CAT 329D L Long Reach, con una capacidad de balde de 2.60 m³ y año de fabricación del 2012.

El equipo de transporte considera un volquete SCANIA CB6X4 con un peso útil de 24.43 toneladas y año de fabricación 2007.

Tabla 29. Características técnicas de equipos de carguío y transporte de mineral, UEA Jesús Poderoso N°8

Carguío CAT 329D L Long Reach	
Altura (m)	3.23
Ancho (m)	3.39
Longitud (m)	14.38
Altura máxima de corte (m)	14.84
Altura máxima de carga (m)	13.36
Capacidad balde [m ³]	2.60
Factor de llenado	0.90
Año de fabricación	2012

Transporte SCANIA CB6X4	
Altura (m)	3.32
Ancho (m)	2.60
Longitud (m)	7.45
Peso neto (t)	14.07
Peso bruto (t)	38.50
Peso útil (t)	24.43
h/día	8
Año de fabricación	2007

Las consideraciones operacionales para relacionar los números de pases entre los equipos de carguío y transporte de mineral permitirán definir el rendimiento de ambos equipos bajo consideraciones actuales de operación. Este rendimiento de llenado entre, la excavadora CAT 329D L Long Reach de capacidad de balde de 2.60 m³ y el volquete SCANIA CB6X4 de capacidad de tolva de 24.43 toneladas permitirán definir el sobredimensionamiento o menor dimensionamiento entre equipos de carguío y transporte de mineral.

Tabla 30. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de mineral en la UEA Jesús Poderoso N°8.

	Mineral
	Excavadora
Balde (m ³)	2.60
Densidad (t/m ³)	2.75
Esponjamiento	0.30
Balde esponjado (t)	7.15
Balde (t) <i>insitu</i>	4.95
F. Llenado	0.90

	Mineral
	Volquete
Tolva (t)	24.43
Pasadas	4.93
Pasadas programadas	5.00

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Los números de pases calculados entre el equipo de carguío y el de acarreo es de 5, siendo el óptimo entre 3 a 4 pases máximo, por lo que el rendimiento de llenado genera un mayor costo de carguío.
- ✓ Durante el escenario actual el número de pases real es de 5, en base a una capacidad de balde de la excavadora de 2.60 m³ y la capacidad de volquete de 24.43 toneladas.
- ✓ Este mayor número de pases entre lo calculado y lo real considera un mayor tiempo en el ciclo de carguío y acarreo, lo que indica que la relación excavadora: volquete, no es el óptimo generando menor rendimiento de los equipos.
- ✓ El mayor número de pases para llenar el volquete genera mayor tiempo de llenado, considerando un costo horario de la excavadora en \$33.25/h, el cual genera menor rendimiento de los equipos con su incremento de costos en carguío y transporte de mineral.

4.1.2. Cálculos de número de pases entre la misma excavadora y nuevo equipo de transporte de mineral

En base a los cálculos obtenidos en el escenario real de número de pases en 5, realizamos un nuevo análisis del rendimiento de los equipos de carguío con el de transporte de mineral, para lo cual el análisis representa la misma excavadora Caterpillar CAT 329DL y un nuevo equipo de transporte con capacidad de tolva de 18 toneladas (no se considera la marca del volquete por efectos de estudio).

4.1.2.1. Relación operacional entre equipo de carguío y transporte de mineral escenario misma excavadora

En el nuevo escenario de relación de equipos de carguío y transporte de mineral se consideró la misma excavadora CAT 329 DL con una capacidad de balde de 2.60 m³ y un nuevo equipo de transporte o acarreo de mineral de 18 toneladas de capacidad de tolva.

Tabla 31. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de carguío CAT 329DL y un nuevo equipo de transporte de mineral de 18 toneladas en la UEA Jesús Poderoso N°8

Mineral	
	Excavadora
Balde (m ³)	2.60
Densidad (t/m ³)	2.75
Esponjamiento	0.30
Balde esponjado (t)	7.15
Balde (t) <i>insitu</i>	4.95
F. Llenado	0.90
Mineral	
	Volquete
Tolva (t)	18.00
Pasadas	3.64
Pasadas Real	4.00

a) Análisis e interpretación de Resultados:

- ✓ Para el nuevo escenario de cálculo de número de pases considera el mismo equipo de carguío Caterpillar CAT 329DL y una nueva unidad de transporte de 18 toneladas de capacidad de tolva.

- ✓ El número de pases bajo consideraciones de densidad de mineral de 2.75 t/m³, un factor de esponjamiento de 20 % (considerando talco) y un factor de llenado de 0.9, el número de pases es de 4.

- ✓ Esta reducción de número de pases en 4 optimiza el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo. Esto representará un mayor ciclo de transporte de mineral desde los puntos de carguío (tajo) hacia los puntos de descarga (cancha mineral).

- ✓ Este menor tonelaje transportado por ciclo se incrementa 3 a 4 ciclos por día, considerando un menor transporte de mineral por la capacidad de tolva en 18 toneladas.

4.1.3. Cálculos de número de pases entre el mismo equipo de transporte y nuevo equipo de carguío

Los resultados obtenidos en el escenario actual y la simulación de la misma excavadora y diferente equipo de carguío permiten un nuevo análisis considerando el mismo equipo de Transporte Scania CB6X4 de 24.43 toneladas de capacidad de tolva y un nuevo equipo de carguío con capacidad de balde de 3.20 m³ (no se considera la marca de la excavadora por efectos de estudio).

4.1.3.1. Relación operacional entre equipo de carguío y transporte de mineral escenario mismo volquete

En el nuevo escenario de relación de equipos de carguío y transporte de mineral se consideró el mismo equipo de transporte de mineral Scania CB6x4 de 24.43 toneladas y una nueva excavadora con capacidad de 3.20 m³ de balde, considerando un factor de llenado de 0.9.

Tabla 32. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de carguío CAT 329DL y un nuevo equipo de transporte de mineral de 18 toneladas en la UEA Jesús Poderoso N°8

Mineral	
Excavadora	
Balde (m ³)	3.20
Densidad (t/m ³)	2.75
Esponjamiento	0.30
Balde esponjado (t)	8.80
Balde (t) <i>insitu</i>	6.09
F. Llenado	0.90
Mineral	
Volquete	
Tolva (t)	24.43
Pasadas	4.01
Pasadas, real	4.00

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Para el nuevo escenario de cálculo de número de pases considera el mismo equipo de transporte de Scania CB6X4 de 24.43 toneladas de capacidad y un nuevo equipo de carguío de 3.20 m³ de capacidad de balde.
- ✓ El número de pases calculado bajo consideraciones de densidad de mineral de 2.75 t/m³, un factor de esponjamiento de 30 % (considerando talco) y un factor de llenado de 0.9, se considera el número de pases en 4.
- ✓ Esta reducción de número de pases en 4, si bien es cierto que optimiza el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, esto representará un menor tiempo en el ciclo de carga y descarga de mineral en la unidad de transporte.

4.1.4. Cálculos de número de pases considerando nuevos equipos de carguío y acarreo, escenario óptimo

Los diferentes resultados obtenidos durante el análisis operacional de equipos de carguío y transporte de mineral, considerando el escenario actual, el escenario con la misma excavadora y diferente equipo de transporte, el escenario con el mismo volquete y diferente excavadora, generaron diferentes resultados desde lo viable con equipos de carguío y acarreo compatibles en términos de rendimiento hasta equipos de carguío y transporte no compatibles operacionalmente en dimensiones y capacidad.

Es por tal motivo que se consideró un análisis de equipos de carguío y acarreo óptimo, de acuerdo a las consideraciones operacionales de la UEA Jesús Poderoso N°8.

4.1.4.1. Relación operacional entre equipos de carguío y transporte de mineral diferentes - escenario óptimo

De acuerdo a los diferentes escenarios evaluados entre equipos de carguío y acarreo, se permitió identificar la no compatibilidad entre ellos por el número de pases para el llenado de carga del volquete.

Asimismo, este dimensionamiento de equipos ayuda a entender el dimensionamiento de flota entre equipos de carguío y acarreo asociados a los números de viajes de carga de mineral entre los puntos de carguío (tajo) y los puntos de descarga (Cancha de mineral).

Para el escenario óptimo se consideró un equipo de carguío de 4.6 m³ de capacidad de balde, con un factor de llenado de 0.9 y un equipo de transporte de 31 toneladas de capacidad.

Se consideró variables operacionales como producción diaria de 62 t/día, con una densidad de mineral de 2.75 m³/t y un factor de esponjamiento de 30 % en mineral.

Tabla 33. Cálculo del número de pases entre equipos de carguío y transporte diferentes al actual, UEA Jesús Poderoso N°8

Mineral	
Excavadora	
Balde (m ³)	4.60
Densidad (t/m ³)	2.75
Esponjamiento	0.30
Balde esponjado (t)	12.65
Balde (t) <i>insitu</i>	8.76
F. Llenado	0.90
Mineral	
Volquete	
Tolva (t)	31.74
Pasadas	3.62
Pasadas Real	4.00

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Para el análisis del escenario óptimo, se considera un equipo de carguío de 4.6 m³ de capacidad de balde y un equipo de transporte con 31 toneladas de capacidad de tolva.
- ✓ El número de pases calculado bajo consideraciones de densidad de mineral de 2.75 t/m³, un factor de esponjamiento de 30 % (considerando talco) y un factor de llenado de 0.9, se considera el número de pases en 4.
- ✓ Este valor óptimo de número de pases es 4, a diferencia de los casos anteriores el dimensionamiento de equipos de carguío y transporte son óptimos, mejorando el rendimiento de ambos equipos. esto representará un menor tiempo en el ciclo de carga y descarga de mineral en la unidad de transporte.

- ✓ Finalmente, los ciclos de transporte de mineral desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga consideran 3 viajes promedio por día, optimizando el tiempo efectivo de transporte de mineral.

4.1.5. Dimensionamiento de equipos de carguío y transporte de mineral escenario actual

De acuerdo al plan de producción de mineral requerido la cantidad de equipos de carguío y transporte de mineral necesarios, consideran variables de rendimiento como utilización y disponibilidad.

4.1.5.1. Determinación de número de equipos de carguío de mineral

Para el cálculo de número de equipos de carguío se consideran variables de utilización del 75 %, disponibilidad del 88 % y factor de llenado de 0.9.

Tabla 34. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8

Número de excavadoras	
Capacidad	2.60 m³
Factor de llenado	90 %
Ut (%)	75 %
Fo (%)	80 %
Df (%)	88 %
Tiempo por baldada	139 s
Tiempo efectivas	8 h/día
Capacidad real	4.95 t
Tciclo	139 s/ciclo
Rendimiento	542 t/día
Producción anual	102348 t/año
Número de excavadoras	1

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ De acuerdo a las variables operacionales, con un requerimiento de 94 t/día y una capacidad de excavadora de 2.60 m³, se necesitará 1 excavadora para el cumplimiento del plan de producción.

- ✓ Si bien es cierto que la necesidad de equipos en los distintos escenarios evaluados, considera la necesidad de 1 equipo de carguío.

- ✓ Las consideraciones de variables operacionales, asume disponibilidades mecánicas del 88 %, utilización del 75 %, un factor de llenado del 90 % y una capacidad real de 4.95 toneladas.

4.1.5.2. Determinación de número de equipos de transporte de mineral

Para el cálculo de número de equipos de transporte de mineral se consideran variables de utilización del 73 %, disponibilidad del 86 % y factor de llenado de 0.9.

Tabla 35. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8

Número de volquetes	Mineral
Pasadas, real	5.00
T carguío (s)	139
T transporte ida (s)	518.0
T descarga (s)	162.0
T transporte vuelta (s)	412.0
T maniobra y aculatamiento (s)	22.0
T ciclo (s)	1253.0
s/h	3600
T ciclo (h)	0.35
Rend. Efectivo (t/h)	70.18
Rend. Eficiente (t/h)	37.67
Número de volquetes	1

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ De acuerdo a las variables operacionales, con un requerimiento de 94 t/día de mineral y una capacidad de excavadora de 2.60 m³, se necesitará 1 volquete para el cumplimiento del plan de producción.
- ✓ Las variables operacionales, considera un tiempo por ciclo de transporte de mineral en 0.35 h/ciclo, considera el tiempo de carguío en 2.19 minutos, tiempo de ida en 8.38 minutos, tiempo de descarga en 1.42 minutos, tiempo de vuelta en 6.52 minutos y tiempo de espera en 0.22 minutos.
- ✓ La velocidad promedio de equipos de transporte con carga es de 6.09 km/h y la velocidad de equipos de transporte sin carga es de 7.02 km/h, considerando una distancia total de 850 metros.

4.1.6. Cálculos de número de pases de equipos de carguío y transporte de desmonte - escenario actual

Las variables operacionales durante el periodo de 9 meses son consideradas en función a la producción de desmonte mensual de 26,629 toneladas mensuales y de 239,658 toneladas ejecutadas durante el periodo 2019 e inicios del 2020.

El equipo de carguío considera una excavadora CAT 329D L Long Reach, con una capacidad de balde de 2.60 m³ y año de fabricación del 2012.

El equipo de transporte considera un volquete Scania CB6X4 con un peso útil de 24.43 toneladas y año de fabricación 2007.

4.1.6.1. Relación operacional entre equipo de carguío y transporte de desmonte escenario actual

Las consideraciones operacionales para relacionar los números de pases entre los equipos de carguío y transporte de desmonte permitirán definir el rendimiento de ambos equipos bajo consideraciones actuales de operación, el número de pases

definirá el sobredimensionamiento o menor dimensionamiento entre equipos de carguío y transporte de desmonte.

Tabla 36. Cálculo del número de pases entre equipo de carguío y transporte de desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8

Desmonte	
Excavadora	
Balde (m ³)	2.60
Densidad (t/m ³)	2.20
Esponjamiento	0.20
Balde esponjado (t)	5.72
Balde (t) <i>insitu</i>	4.29
F. Llenado	0.90
Desmonte	
Volquete	
Tolva (t)	24.43
Pasadas	5.69
Pasadas Programadas	6.00

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Los números de pases calculados entre el equipo de carguío y el de acarreo es de 6, siendo el óptimo entre 3 a 4 pases máximo, por lo que el tiempo de carguío genera un mayor costo de carguío.
- ✓ Durante el escenario actual el incremento de desmonte transportado de 239,650 toneladas versus lo transportado en mineral de 17,736 toneladas es mayor, por lo que el número de viajes de transporte de desmonte es mayor al número de viajes de mineral transportado

- ✓ El mayor número de viajes por transporte de desmorte con respecto al transporte de mineral se diferencia también por las distancias de puntos de carguío hasta los puntos de descarga, siendo en el *layout* de transporte de mineral en 850 metros y el *layout* de desmorte en 348.43 metros.

4.1.7. Cálculos de número de pases entre la misma excavadora y nuevo equipo de transporte de desmorte

En base a los cálculos obtenidos en el escenario real de número de pases en 6, realizamos un análisis sensibilidad considerando el rendimiento de los equipos de carguío con el de transporte de desmorte, para lo cual el análisis representa considerar la misma excavadora Caterpillar CAT 329DL de 2.60 m³ de capacidad y un nuevo equipo de transporte con capacidad de tolva de 18 toneladas (no se considera la marca del volquete por efectos de estudio).

Tabla 37. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de carguío CAT 329DL y un nuevo equipo de transporte de desmorte de 18 toneladas de capacidad en la UEA Jesús Poderoso N°8

Desmorte	
Excavadora	
Balde (m ³)	2.60
Densidad (t/m ³)	2.20
Esponjamiento	0.30
Balde esponjado (t)	5.72
Balde (t) <i>insitu</i>	3.96
F. Llenado	0.90
Desmorte	
Volquete	
Tolva (t)	15.00
Pasadas	3.5
Pasadas Real	4.00

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Para el nuevo escenario de cálculo de número de pases considera el mismo equipo de carguío Caterpillar CAT 329DL y una nueva unidad de transporte de 15 toneladas de capacidad de tolva.
- ✓ El número de pases bajo consideraciones de densidad de desmonte de 2.20 t/m³, un factor de esponjamiento de 20 % y un factor de llenado de 0.9, el número de pases es de 4.
- ✓ Esta reducción de número de pases en 4, si bien es cierto que optimiza el rendimiento de los equipos de carguío y transporte de desmonte, esto representará un mayor ciclo de transporte de mineral desde los puntos de carguío (tajo) hacia los puntos de descarga (cancha mineral), por la menor carga de desmonte transportada, por la capacidad de tolva en 15 toneladas.

4.1.8. Cálculos de número de pases de desmonte entre el mismo equipo de transporte y nuevo equipo de carguío

Los cálculos realizados consideran el mismo equipo de transporte Scania CB6X4 de 24.43 toneladas de capacidad de tolva y un nuevo equipo de carguío con capacidad de balde de 4.0 m³ (no se considera la marca de la excavadora por efectos de estudio).

Tabla 38. Cálculo del número de pases entre el mismo equipo de transporte Scania CB6X4 de 24.43 toneladas de capacidad y un nuevo equipo de carguío de 24 toneladas de capacidad en la UEA Jesús Poderoso N°8

	Desmonte
	Excavadora
Balde (m ³)	4.00
Densidad (t/m ³)	2.20
Esponjamiento	0.20
Balde esponjado (t)	8.80
Balde (t) <i>insitu</i>	6.09
F. Llenado	0.90

	Desmonte
	Volquete
Tolva (t)	24.43
Pasadas	3.50
Pasadas Real	4.00

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Para el nuevo escenario de cálculo de número de pases considera el mismo equipo de transporte de Scania CB6X4 de 24.43 toneladas de capacidad y un nuevo equipo de carguío de 4.0 m³ de capacidad de balde.
- ✓ El número de pases calculado bajo consideraciones de densidad de mineral de 2.20 t/m³, un factor de esponjamiento de 20 % y un factor de llenado de 0.9, considera el número de pases en 4.
- ✓ Esta reducción de número de pases en 4, si bien es cierto que optimiza el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo, esto representará un menor tiempo en el ciclo de carga y descarga de mineral en la unidad de transporte.

4.1.9. Cálculos de número de pases considerando nuevos equipos de carguío y acarreo, escenario óptimo

Los diferentes resultados obtenidos durante el análisis operacional de equipos de carguío y transporte de mineral, considerando el escenario actual, el escenario con la misma excavadora y diferente equipo de transporte, el escenario con el mismo volquete y diferente excavadora, generaron diferentes resultados desde lo viable con equipos de carguío y acarreo compatibles en términos de rendimiento hasta equipos de carguío y transporte de desmonte no compatibles operacionalmente en dimensiones y capacidad.

Es por tal motivo que se consideró un análisis de equipos de carguío y acarreo de desmote óptimo, de acuerdo a las consideraciones operacionales de la UEA Jesús Poderoso N° 8.

Tabla 39. Cálculo del número de pases entre equipos de diferentes capacidades de carguío y transporte de desmote propuestas en la UEA Jesús Poderoso N°8

Desmote	
Excavadora	
Balde (m ³)	4.60
Densidad (t/m ³)	2.20
Espojamiento	0.20
Balde esponjado (t)	10.12
Balde (t) <i>insitu</i>	7.01
F. Llenado	0.90
Desmote	
Volquete	
Tolva (t)	25.39
Pasadas	3.32
Pasadas Real	4.00

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Para el análisis del escenario óptimo, se considera un equipo de carguío de 4.6 m³ de capacidad de balde y un equipo de transporte con 25.4 toneladas de capacidad de tolva.
- ✓ El número de pases calculado bajo consideraciones de densidad de mineral de 2.20 t/m³, un factor de esponjamiento de 20 % y un factor de llenado de 0.9, se considera el número de pases en 3.62
- ✓ Este valor óptimo de número de pases en 3.62, a diferencia de los casos anteriores el dimensionamiento de equipos de carguío y transporte son óptimos,

mejorando el rendimiento de ambos equipos. esto representará un menor tiempo en el ciclo de carga y descarga de mineral en la unidad de transporte.

- ✓ Finalmente, en el escenario óptimo, considera un equipo de carguío de 4.6 m³ y un equipo de acarreo de 11.54 m³, considerando las densidades en mineral y desmonte para definir su capacidad real de carga.

4.1.10. Dimensionamiento de equipos de carguío y transporte de desmonte escenario actual

De acuerdo al plan de producción de desmonte requerido, se definió la cantidad de equipos de carguío y transporte necesarios, considerando variables de rendimiento como utilización y disponibilidad.

Para el cálculo de número de equipos de carguío se consideran variables de utilización del 75 %, disponibilidad del 88% y factor de llenado de 0.9.

Tabla 40. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8

	Excavadora
F. Llenado	0.90
UT (%)	0.75
FO (%)	0.80
DF (%)	0.88
T ciclo (s)	151
s/h	3600
Rend Ef. (t/h)	102.28
Factor	0.48
Rend. Efectivo	102.28
Rend. Eficiente	48.60

Número de excavadoras	
Capacidad	2.60 m ³
Factor de llenado	90%
Ut (%)	75%
Fo (%)	80%
Df (%)	88%
Tiempo por baldada	151 s
Tiempo efectivas	8 h/día
Capacidad real	4.29 t
Tciclo	151 s/ciclo
Rendimiento	432 t/día
Producción anual	81652 t/año
Número de excavadoras	3

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ De acuerdo a las variables operacionales, con un requerimiento de 1268 t/día y una capacidad de excavadora de 2.60 m³, se necesitará 3 excavadoras para el cumplimiento del plan de producción de desmonte.
- ✓ Si bien es cierto que la necesidad de equipos en los distintos escenarios evaluados considera la necesidad de 3 a 4 equipos de carguío.
- ✓ Las consideraciones de variables operacionales, asume disponibilidades mecánicas del 88 %, utilización del 75 %, un factor de llenado del 90 % y una capacidad real de 4.29 toneladas.

4.1.10.1. Determinación de número de equipos de transporte de desmorte

Para el cálculo de número de equipos de transporte de mineral se consideran variables de utilización del 73 %, disponibilidad del 86 % y factor de llenado de 0.9

Tabla 41. Variables operacionales para el cálculo de número de equipos de carguío, UEA Jesús Poderoso N°8

	Volquete
Tolva (t)	24.43
F. Llenado	0.95
UT (%)	0.73
FO (%)	0.9
DF (%)	0.86
Total factor	0.54

Número de volquetes	
	Desmorte
Pasadas, real	6.00
T carguío (s)	151
T transporte ida (s)	181.0
T descarga (s)	101.0
T transporte vuelta (s)	127.0
T maniobra y aculatamiento (s)	153.0
T ciclo (s)	713.0
s/h	3600
T ciclo (h)	0.20
Rend. Efectivo (t/h)	123.33
Rend. Eficiente (t/h)	66.20
Número de volquetes	3

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ De acuerdo a las variables operacionales actuales, considerando un requerimiento de 1268 t/día de desmorte, con una capacidad de excavadora de 2.60 m³ y capacidad de volquete de 24.43 toneladas se requiere de 3 unidades para el cumplimiento del plan de producción.

- ✓ Las variables operacionales consideran un tiempo por ciclo de transporte de desmonte en 0.15 h/ciclo, considera el tiempo de carguío en 2.31 minutos, tiempo de ida en 3.01 minutos, tiempo de descarga en 1.41 minutos, tiempo de vuelta en 2.07 minutos y tiempo de espera en 2.33 minutos.
- ✓ La velocidad promedio de equipos de transporte con carga es de 6.9 km/h y la velocidad de equipos de transporte sin carga es de 10.1 km/h, considerando una distancia total de 348.43 metros.

4.1.11. Análisis de costos de transporte de mineral y desmonte

Los costos de transporte de mineral y desmonte están asociados al plan de producción 2019 e inicios del 2020. El tonelaje de mineral transportado, considera un total de 17,736 toneladas y de desmonte transportado en 239,658 toneladas en la UEA Jesús Poderoso N°8.

Los días programados de producción es de lunes a sábado considerando un promedio de 8 horas efectivas; asimismo, el costo de alquiler de las unidades de transporte de mineral y desmonte es de S/ 1430/día o de \$ 429.43 /día a un tipo de cambio de 3.33.

Los días programados durante el periodo julio 2019 a marzo 2020 consideran 9 meses y 236 días programados.

La unidad de transporte de mineral y desmonte considera equipos Scania CB6X4 de 7.45 metros de longitud, 2.60 metros de ancho y 3.32 metros de alto, con una capacidad de tolva útil de 24.43 toneladas.

Tabla 42. Mineral transportado, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8.

MINERAL TRANSPORTADO

UEA JESUS PODEROSO N° 8

PERIODO (MES)	VIAJES CANCHA DE MINERAL (NRO)	DIAS EFECT. (NRO)	VIAJES/DIA (NRO)	Mx COMERCIAL (Ton)	Mx. NO COMERC. (Ton)	Mx TOTAL (Ton)
JULIO	44	26	1.69	465	609.92	1074.92
AGOSTO	62	26	2.38	837	677.66	1514.66
SETIEMBRE	30	12	2.50	527	205.9	732.9
OCTUBRE	39	10	3.90	527	425.77	952.77
NOVIEMBRE	93	23	4.04	1457	814.99	2271.99
DICIEMBRE	109	26	4.19	1643	1019.87	2662.87
ENERO	105	26	4.04	1364	1201.15	2565.15
FEBRERO	146	25	5.84	1426	2140.78	3566.78
MARZO	98	15	6.53	775	1619.14	2394.14
TOTAL	726	21	3.90	9,021	8,715	17,736

Tabla 43. Desmante transportado, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8

DESMONTE TRANSPORTADO

UEA JESUS PODEROSO N° 8

PERIODO (MES)	VIAJES DESMONTERA (NRO)	DIAS EFACT. (NRO)	VIAJES/DIA (NRO)	DESMONTE TOTAL (Ton)
JULIO	1447	26	55.65	35350.21
AGOSTO	1384	26	53.23	33811.12
SETIEMBRE	613	12	51.08	14975.59
OCTUBRE	533	10	53.30	13021.19
NOVIEMBRE	601	23	26.13	14682.43
DICIEMBRE	1358	26	52.23	33175.94
ENERO	1424	26	54.77	34788.32
FEBRERO	1555	25	62.20	37988.65
MARZO	895	15	59.67	21864.85
TOTAL	9,810	21	52.03	239,658

Tabla 44. Costo de transporte de mineral y desmonte ejecutada, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8

COSTO DE TRANSPORTE MINERAL - PRODUCCIÓN EJECUTADA 2019 - 20

UEA JESÚS PODEROSO N° 8

PERIODO	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	TOTAL/PROM.	INCIDENCIA
PRODUCCIÓN (Ton/mes)	1,075	1,515	733	953	2,272	2,663	2,565	3,567	2,394	17,736	1,971
COSTO ALQUILER (US \$/Mes)	11,165	11,165	5,153	4,294	9,877	11,165	11,165	10,736	6,441	81,162	9,659
NÚMERO DÍAS PROGRAMADOS	27	26	26	26	26	27	27	25	26	236	26
NÚMERO DÍAS EFECTIVOS	26	26	12	10	23	26	26	25	15	189	22
MINERAL COMERCIAL (Ton)	465	837	527	527	1,457	1,643	1,364	1,426	775	9,021	50.9%
MINERAL ACOPIO (Ton)	610	678	206	426	815	1,020	1,201	2,141	1,619	8,715	49.1%
COSTO UNITARIO (US \$/Ton)	10	7	7	5	4	4	4	3	3	5	

COSTO DE TRANSPORTE DESMONTE - PRODUCCIÓN EJECUTADA 2019 - 20

UEA JESÚS PODEROSO N° 8

PERIODO	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	TOTAL	PROMEDIO
PRODUCCIÓN DESMONTE (Ton/mes)	35,350	33,811	14,976	13,021	14,682	33,176	34,788	37,989	21,865	239,658	26,629
COSTO ALQUILER (US \$/Mes)	11,165	11,165	5,153	4,294	9,877	11,165	11,165	10,736	6,441	81,162	9,838
NÚMERO DÍAS PROGRAMADOS	27	26	26	26	26	27	27	25	26	236	26
NÚMERO DÍAS OPERACIÓN	26	26	12	10	23	26	26	25	15	189	23
COSTO UNITARIO (US \$/Ton)	0.32	0.33	0.34	0.33	0.67	0.34	0.32	0.28	0.29		0.34

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ El costo unitario de transporte de mineral y desmonte durante el periodo de estudio de la presente tesis es de \$5/t para mineral y de \$0.34 promedio para desmonte.

- ✓ Esta alta diferencia en el costo de mineral y desmonte se debe principalmente al tonelaje producido y transportado, siendo el de 17,736 toneladas de mineral y de 239,658 toneladas de desmonte.

- ✓ Esta relación desmonte mineral en el periodo de estudio generó un total de 726 viajes para mineral y de 9810 viajes para desmonte.

- ✓ El mineral transportado cancha de mineral, luego de su selección solo se considera 9,021 toneladas para su comercialización, mientras que 8,715 toneladas, se envía a zona de acopio para una nueva selección y su comercialización correspondiente.

- ✓ Del total de mineral transportado durante el periodo de estudio (9 meses) solo el 51 % es enviado para su comercialización de acuerdo a la calidad del mineral y el 49 % restante se volvió a clasificar para su posterior comercialización.

CONCLUSIONES

1. Al incorporar variables operacionales en el análisis del sistema de gestión de equipos de transporte de mineral y desmonte aumenta significativamente la productividad, considerando un nuevo equipo de carguío y acarreo en el dimensionamiento de flota en la UEA Jesús poderoso N°8.
2. El análisis de los planes de producción programados y ejecutados durante el periodo de estudio, julio 2019 hasta marzo del 2020 (9 meses), permitió analizar y evaluar operacionalmente los equipos de carguío y acarreo en mineral y desmonte.
3. El análisis comparativo de distintos escenarios de diferentes capacidades entre equipos de carguío y transporte de mineral permite generar significativamente la reducción de costos de carguío y transporte de mineral y desmonte.
4. Las variables operacionales durante el periodo de 9 meses son consideradas en función a la producción de mineral mensual de 1,971 toneladas mensuales y de 17,736 toneladas durante el periodo de estudio; así como, la producción de desmonte mensual de 26,629 toneladas promedio y de 239,658 toneladas en el mismo periodo. Esta gran diferencia entre el mineral y desmonte producido se debe principalmente a la gran variabilidad geológica presente en el yacimiento, por lo que su relación desmonte mineral es muy alta.
5. El equipo de carguío evaluado considera una excavadora CAT 329D L Long Reach con una capacidad de balde de 2.60 m³ y año de fabricación del 2012. Asimismo, los equipos de transporte consideran volquetes Scania CB6X4 con un peso útil de 24.43 toneladas y año de fabricación 2007.
6. La relación de número de pases entre el equipo de carguío y transporte en el escenario actual es de 5 para mineral y de 6 para desmonte, siendo el óptimo en

operaciones similares de 3 a 4 pases como máximo. Esta relación de pases considerando un tiempo en el ciclo efectivo de carguío en el número de pases de 2.19 minutos en mineral y de 2.31 minutos en desmonte.

7. Las distancias evaluadas en el *layout* de transporte de mineral y desmonte son de 850 metros y 350 metros desde los puntos de carguío hacia los puntos de descarga, generando tiempos totales en todo el ciclo de carguío, ida, descarga, retorno y espera de 17.34 minutos para mineral y de 9.22 minutos para desmonte.
8. Finalmente, los costos de transporte unitario promedio, de mineral fue de \$ 5/t y de desmonte de \$0.34 /t durante el presente estudio. Esta gran variabilidad de costo se debe principalmente al movimiento de material en desmonte producido y a la distancia desde los puntos de carguío hacia la desmontera.
9. Durante la nueva simulación para la elección del nuevo equipo de carguío y transporte, se consideró una excavadora de 4.6 m³ de capacidad de balde y un equipo de transporte de 11.54 m³ de capacidad, considerando 4 pases para su llenado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar en mayor detalle el estudio del modelo geológico del yacimiento, ya que la variabilidad geológica que se observa al realizar el desbroce de desmonte para exponer el mineral es demasiado alta y se desconoce en su real magnitud.
2. Así mismo es importante realizar en mayor detalle el layout de transporte desde los puntos de carguío hacia los de descarga de mineral y desmonte, considerando sus distancias reales, gradiente y resistencia a la rodadura, para definir las velocidades óptimas de transporte de mineral y desmonte con carga y sin carga.
3. Se recomienda evaluar en detalle las características mecánicas y eléctricas de los equipos de transporte, y asociarlas a los gráficos rimpull para definir su velocidad óptima y definir los costos altos en transporte de mineral.
4. Se recomienda realizar un análisis de mayor detalle del rendimiento de los equipos de carguío y transporte, para definir programas de optimización y reducción de costos, ya que solo se considera trabajar 6 días por semana y 8 horas diarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MAXERA BEDON, Carlos. *Aplicación de la Simulación para la optimización del acarreo del mineral*. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005, 80 pp.
2. NUÑEZ BERROSPI, Sindi y SOSA CABALLERO, Carlos. *Evaluación Técnica-Económica para la futura Ampliación de la Capacidad del Sistema de Transporte de Gas Natural del Proyecto Camisea*. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Huacho: Universidad Nacional Faustino Sanchez Carrión, 2015.
3. DOMINGUEZ GONZALES, Jorge. (2001). *Optimización del carguío y acarreo por Zublin Chile caso minera Yanacocha*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad de Ingeniería, 2001.
4. TOMAIRO PROLEÓN, Eder. *Aplicación del modelo matemático de simulación a las operaciones mineras unitarias de carguío y acarreo en tajos abiertos*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad de Ingeniería, 2018, 174 pp.
5. CORIMANYA MAURICIO, José. *Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Ferrobamba - Las bambas”, de la Universidad Nacional de Ingeniería*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad de Ingeniería, 2013, 246 pp.
6. SEGAMA EGOAVIL, Richard, A. *Incremento de productividad mediante optimización del sistema de transporte con camiones en el Tajo Norte – Sociedad Minera El Brocal*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú, 2019, 70 pp.

ANEXOS

ANEXOS A

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 45. Identificación de variables operacionales, UEA Jesús Poderoso N°8

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal
¿Cómo se puede mejorar la productividad incorporando un sistema de gestión de variables operacionales en equipos de acarreo y transporte de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos S. A.?	Desarrollar una metodología que permita mejorar la productividad incorporando una mejora en la gestión en las operaciones de transporte y acarreo de talco en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos S. A.	Al incorporar las variables operacionales en la gestión de los equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte, aumenta significativamente la productividad en la UEA Jesús poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos S. A.
Problemas secundarios	Objetivos Específicos	Hipotesis Secundarios
4. ¿Cómo aplicar criterios operacionales en la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos?	5. Determinar variables operacionales en la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.	3. El cumplimiento eficiente de los planes de producción en la selección de equipos de carguío y acarreo permitirá controlar eficientemente las variables operacionales en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.
2. ¿Cómo generar la reducción de costos en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos?	4. Determinar la reducción de costos en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte con una selección adecuada en equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús Poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.	6. El cumplimiento seguro y eficiente de la selección de equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte permitirá la reducción de costos de carguío y transporte de mineral y desmonte en la UEA Jesús poderoso N°8 de compañía minera Agregados Calcáreos.

ANEXO B

Planos planta y perfil



Figura 15. Área de explotación de mineral ejecutado, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8



Figura 16. Área de explotación de desmonte ejecutado, periodo 2019 - 20, UEA Jesús Poderoso N°8

ANEXO C
Data de costos

Tabla 46. Estructura de precios unitarios propuesto de unidades de transporte de mineral y desmonte, UEA Jesús Poderoso N°8

ESTRUCTURA DE PRECIOS UNITARIOS
VOLQUETE ACTROSS 6 X 4

<u>Equipo de Carguio - Volquete</u>				<u>Operador de Equipo</u>			
Horas trabajadas al mes	380 hr			Horas por dia	6,33		
Dias trabajados	30 dias						
Guardias por dia	2 Guardias			<u>Parametros Financieros</u>			
Horas por guardia	6 hr			Intereses (año)	19%		
Vida Util	6 Años			Factor de Conversion	0.0001		
Vida Economica	27,360 hr			Seguros	2.5%		
Valor de Rescate	20%						

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Cantidad	Costo Unitario	Vida Util	Costo Parcial	Costo Total
			(Personas)		US\$/Unidad	Hr	US\$	US\$/Pza
1.00	COSTO DE PROPIEDAD						5.93	5.93
1.01	Costo de Adquisicion						3.09	
	Volquete (Incluye toIva)	Pza		1.00	105.671	27,360	3.09	
1.02	Seguros						0.34	
	Seguros	Global		1.00	0.34		0.34	
1.03	Intereses						2.50	
	Intereses	Global		1.00	2.50		2.50	
2.00	COSTO DE OPERACIÓN						26.30	26.30
2.01	Mano de Obra						14.83	
	Operador de Volquete	Hr		1.00	14.83		14.83	
2.02	Herramientas y EPP						0.79	
	Implementos de seguridad	Gdia		1.00	0.68		0.68	
	Herramientas	Gdia		1.00	0.08		0.08	
	Lamparas Mineras	Gdia		1.00	0.03		0.03	
2.03	Consumibles						10.68	
	Llantas	Pza		10.00	340.91		1.73	
	Repuestos y Mantenimiento	Global		1.00	8.65		8.65	
	Insumos y Materiales	Pza		1.00	0.30		0.30	
	Petroleo	Gal		3.00	0.00		0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (US\$/h)								32.20
	Gastos Generales				18.0%		5.80	
	Utilidad Costo Directo				10.0%		3.22	
COSTO TOTAL (US\$/h)								41.20

Tabla 47. Estructura de costo por tonelada kilómetro transportado de mineral y desmorte propuesto de unidades de transporte de mineral y desmorte, UEA Jesús Poderoso N°8

Item	RUTA	Distancia m	Capacidad Real de Carga ton	Velocidad de Recorrido		TIEMPO TOTAL DE CICLO				COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE				NRO DE VIAJES N	PRODUCCION ton	COSTO UNITARIO US\$ / ton	COSTO UNITARIO US\$ / ton - Km
				Cargado	Vacio	Tiempo Perdida de Operación	Tiempo cargado	Tiempo vacio	TIEMPO TOTAL	Mano de Obra	Volquete	Combustible	TOTAL				
				m./min	m./min	min	min	min	min	US\$	US\$	US\$	US\$				
1.00 Transporte de Mineral y Desmorte																	
	0.00 Km <= d <= 0.50 Km	500	22.05	166.67	250.00	16.00	3.00	2.00	21.00	0.00	329.60	0.00	329.60	22.86	504.06	0.65	1.308
	0.51 Km <= d <= 1.00 Km	1,000	22.05	166.67	250.00	16.00	6.00	4.00	26.00	0.00	329.60	0.00	329.60	18.46	407.12	0.81	0.810
	1.01 Km <= d <= 1.50 Km	1,500	22.05	166.67	250.00	16.00	9.00	6.00	31.00	0.00	329.60	0.00	329.60	15.48	341.46	0.97	0.644
	1.51 Km <= d <= 2.00 Km	2,000	22.05	166.67	250.00	16.00	12.00	8.00	36.00	0.00	329.60	0.00	329.60	13.33	294.03	1.12	0.560
	2.01 Km <= d <= 2.50 Km	2,500	22.05	166.67	250.00	16.00	15.00	10.00	41.00	0.00	329.60	0.00	329.60	11.71	258.18	1.28	0.511
	2.51 Km <= d <= 3.00 Km	3,000	22.05	166.67	250.00	16.00	18.00	12.00	46.00	0.00	329.60	0.00	329.60	10.43	230.11	1.43	0.477
	3.01 Km <= d <= 3.50 Km	3,500	22.05	166.67	250.00	16.00	21.00	14.00	51.00	0.00	329.60	0.00	329.60	9.41	207.55	1.59	0.454
	3.51 Km <= d <= 4.00 Km	4,000	22.05	166.67	250.00	16.00	24.00	16.00	56.00	0.00	329.60	0.00	329.60	8.57	189.02	1.74	0.436
	4.01 Km <= d <= 4.50 Km	4,500	22.05	166.67	250.00	16.00	27.00	18.00	61.00	0.00	329.60	0.00	329.60	7.87	173.53	1.90	0.422
	4.51 Km <= d <= 5.00 Km	5,000	22.05	166.67	250.00	16.00	30.00	20.00	66.00	0.00	329.60	0.00	329.60	7.27	160.38	2.06	0.411
	5.01 Km <= d <= 5.50 Km	5,500	22.05	166.67	250.00	16.00	33.00	22.00	71.00	0.00	329.60	0.00	329.60	6.76	149.09	2.21	0.402
	5.51 Km <= d <= 6.00 Km	6,000	22.05	166.67	250.00	16.00	36.00	24.00	76.00	0.00	329.60	0.00	329.60	6.32	139.28	2.37	0.394
	6.01 Km <= d <= 6.50 Km	6,500	22.05	166.67	250.00	16.00	39.00	26.00	81.00	0.00	329.60	0.00	329.60	5.93	130.68	2.52	0.388
	6.51 Km <= d <= 7.00 Km	7,000	22.05	166.67	250.00	16.00	42.00	28.00	86.00	0.00	329.60	0.00	329.60	5.58	123.08	2.68	0.383
	7.01 Km <= d <= 8.00 Km	8,000	22.05	166.67	250.00	16.00	48.00	32.00	96.00	0.00	329.60	0.00	329.60	5.00	110.26	2.99	0.374
	8.01 Km <= d <= 9.00 Km	9,000	22.05	166.67	250.00	16.00	54.00	36.00	106.00	0.00	329.60	0.00	329.60	4.53	99.86	3.30	0.367
	9.01 Km <= d <= 10.00 Km	10,000	22.05	166.67	250.00	16.00	60.00	40.00	116.00	0.00	329.60	0.00	329.60	4.14	91.25	3.61	0.361
	10.01 Km <= d <= 11.00 Km	11,000	22.05	166.67	250.00	16.00	66.00	44.00	126.00	0.00	329.60	0.00	329.60	3.81	84.01	3.92	0.357
	11.01 Km <= d <= 12.00 Km	12,000	22.05	166.67	250.00	16.00	72.00	48.00	136.00	0.00	329.60	0.00	329.60	3.53	77.83	4.23	0.353

Tabla 48. Parámetros de operación de unidades de transporte de mineral y desmonte, UEA Jesús Poderoso N°8

CARACTERÍSTICAS DE VOLQUETE D4C 731			
Razón social	Transp. Sierra Blanca SA		
Placa	D4C731		
Categoría	N3		
Marca	SCANIA		
Modelo	CB6X4		
Año de fabricación	2007		
Kilometraje actual	30559		
Combustible	DIESEL		
N ejes/n ruedas	3/10		
Largo/Ancho/Alto	7.45 / 2.60 / 3.32		
Peso neto (kg)	14073		
Peso bruto (kg)	38500		
Peso útil (kg)	24427		
ALQUILER DE VOLQUETE			
	HORAS	PRECIO	NOTA
HORAS MINIMAS	5	1090	De lunes a viernes se trabajan 9 horas por día, los sabados se trabajan 5 horas.
POR DÍA	9	1430	
POR SEMANA	50	8240	