

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de los factores operacionales y su influencia en
la productividad del proceso de transporte de mineral y
desmante en el NV 4025 de la Compañía Minera
Argentum, UEA codiciada 2019**

Bryan Soberanes López

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" .

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su bendición y amor, ya que gracias a él todo me va bien, también a mi madre, ya que siempre está a mi lado apoyándome y dándome fuerzas para concluir con mis metas y sueños.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre que siempre me apoya incondicionalmente en la parte moral y económica para poder cumplir mis sueños y metas.

A mi hermano, parte importante en mi vida.

Bryan Soberanes

RESUMEN

La compañía minera Argentum se encarga de la extracción de minerales como plomo, plata, cobre y zinc. Para el proceso de transporte de desmonte y mineral se encuentra a cargo la contratista Multicosailor, es una empresa dedicada al rubro del transporte de desmonte y mineral, que está buscando la manera de cómo tener una mayor productividad y reducir los tiempos muertos, por lo tanto, es necesario idear nuevos métodos o sistemas para el transporte y carguío de mineral que nos permitan medirlo en base a parámetros característicos.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la identificación y el análisis de los principales factores operacionales y su influencia en la producción de una flota de volquetes de transporte de mineral y desmonte. Para la identificación de estos factores se utilizarán modelos estadísticos y observación directa, que luego serán cuantificados en modelos matemáticos para ver su influencia en la productividad.

El trabajo de investigación está dividido en dos partes; la primera, describe el sistema de carguío y transporte, identificando los factores operacionales mediante el registro de datos y observación en campo de las operaciones; la segunda, consta del procesamiento de los datos obtenidos en campo utilizando métodos estadísticos y herramientas de gestión para obtener una interpretación de los resultados y así generar una idea de mejora y un mayor control.

Se realizó el análisis de tiempos, distancias, velocidades, consumo de combustible, tonelaje y las valorizaciones mensuales. Este análisis ayudará a obtener propuestas de mejora más confiables que optimicen la productividad con la interpretación de los resultados obtenidos del estudio.

Palabras clave: acceso, bocamina, nivel, scoop, veta

ABSTRACT

The mining company Argentum is responsible for the extraction of minerals such as lead, silver, copper and zinc. Contractor Multicosailor is in charge of the process of stripping and mineral transport, it is a company dedicated to the field of stripping and mineral transport, which is looking for ways to have greater productivity and reduce downtime, therefore, it is necessary to devise new methods or systems for the transport and loading of ore that allow us to measure it based on characteristic parameters.

The purpose of this research work is to identify the main operational factors and their influence on the production of a fleet of ore transport dump trucks and cuttings. Statistical models and direct observation will be used to identify these factors, which will then be quantified in mathematical models to see their influence on productivity.

The research work is mainly divided into two parts, the first part describes the loading and transport system, identifying operational factors through data recording and field observation of operations.

The second part consists of processing the data obtained in the field using statistical methods and management tools to obtain an interpretation of the results and thus generate an idea of improvement and greater control.

The analysis of times, distances, speeds, fuel consumption, tonnage and monthly valuations will be carried out. This analysis will help to obtain more reliable improvement proposals that optimize productivity with the interpretation of the results obtained from the study.

Keywords: access, level, mine, scoop, vein

ÍNDICE

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Introducción.....	xii
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1. Problema general.....	15
1.1.2. Problemas específicos	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general:	16
1.2.2. Objetivos específicos:.....	16
1.3. Justificación e importancia	16
1.3.1. Justificación metodológica.....	16
1.3.2. Justificación social.....	17
1.4. Hipótesis de la investigación	17
1.4.1. Hipótesis general.....	17
1.4.2. Hipótesis específica	17
1.5. Identificación de variables	17
1.6. Matriz de operacionalización de variables.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes del problema.....	19
2.1.1. Antecedentes nacionales	19
2.1.2. Antecedentes internacionales	20
2.2. Generalidades de la mina.....	21
2.2.1. Ubicación y accesibilidad	21
2.2.2. Clima	22

2.2.3. Geomorfología.....	22
2.2.4. Geomecánica	22
2.3. Geología.....	28
2.3.1. Geología general.....	28
2.3.2. Geología regional.....	29
2.3.3. Estratigrafía.....	30
2.3.4. Geología estructural.....	31
2.4. Bases teóricas.....	32
2.4.1. Indicadores claves de desempeño.....	33
2.4.2. Tiempos en operaciones mineras.....	34
2.4.3. Índices operacionales.....	36
2.4.4. Diagrama causa – efecto.....	38
2.4.5. Diagrama de pareto.....	41
2.4.6. Factores operacionales.....	42
2.4.7. Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias continuas en minería.....	43
2.4.8. Análisis de datos con métodos estadísticos.....	46
2.4.9. Relación entre variables aleatorias.....	49
2.4.10. Análisis de regresión.....	51
2.5. Plan de minado uea codiciada.....	52
2.5.1. Plan de producción.....	55
2.5.2. Ciclo de minado.....	55
2.5.3. Descripción del sistema de transporte actual.....	58
2.5.4. <i>Layout</i> de transporte.....	58
2.5.5. Descripción de unidades actuales.....	61
2.5.6. Tonelaje transportado.....	62
2.5.7. Costos unitarios de transporte.....	64
2.5.8. Tiempos efectivos de transporte.....	67
2.5.9. Valorización del sistema de transporte.....	67
CAPÍTULO III.....	69
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	69
3.1. Método y alcances de la investigación.....	69
3.1.1. Método de la investigación.....	70
3.1.2. Alcances de la investigación.....	71

3.2. Diseño de la investigación.....	71
3.3. Población y muestra	71
3.3.1. Población.....	71
3.3.2. Muestra	72
CAPÍTULO IV.....	73
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	73
4.1.1 Análisis de tiempos	73
4.1.2. Análisis de distancias de transporte	80
4.1.3. Análisis de velocidades	82
4.1.4. Análisis de consumo de combustible	82
4.1.5. Análisis de tonelaje transportado	83
4.1.6. Análisis de valorización	84
Conclusiones.....	86
Recomendaciones.....	88
Referencias	89
Anexos	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	18
Tabla 2. Determinación del método de explotación más adecuado	26
Tabla 3. Disponibilidad mecánica semestral	36
Tabla 4. Utilización efectiva semestral (horas)	37
Tabla 5. Utilización efectiva	37
Tabla 6. Plan de producción UEA Codiciada.....	52
Tabla 7. Programa de avance UEA Codiciada	54
Tabla 8. Plan de producción veta Rosita.....	55
Tabla 9. Rutas de viajes de mineral	58
Tabla 10. Rutas de viajes de desmonte	59
Tabla 11. Características de los volquetes.....	62
Tabla 12. Tonelaje transportado de desmonte	62
Tabla 13. Tonelaje transportado de mineral.....	63
Tabla 14. Costos unitarios de transporte de mineral	65
Tabla 15. Costos unitarios de transporte de desmonte	66
Tabla 16. Tiempos efectivos de transporte	67
Tabla 17. Resumen de tiempos efectivos	73
Tabla 18. Disponibilidad mecánica.....	74
Tabla 19. Disponibilidad física.....	75
Tabla 20. Utilización efectiva.....	80
Tabla 21. Distancias de la ruta de transporte.....	81
Tabla 22. Velocidades de equipos	82
Tabla 23. Consumo de combustible mensual.....	83
Tabla 24. Tonelaje mensual	83
Tabla 25. Valorización mensual	84
Tabla 26. Tiempos por pérdidas operacionales.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de producción planeada vs producción ejecutada	15
Figura 2. Mapa del distrito minero de Morococha	21
Figura 3. Proyección estereográfica composito de la distribución polar de las fracturas de los registros lineales realizados en el bypass 580, bypass 113, acceso 580 y cámara 113.....	23
Figura 4. Proyección estereográfica composito de los sistemas de fracturas principales de los registros lineales realizados en el bypass 580, bypass 113, acceso 580 y cámara 113	23
Figura 5. Estación geomecánica en el bypass 113, nivel 4025	25
Figura 6. Ponderación en función de la geomecánica de la roca encajonante techo	27
Figura 7. Ponderación en función de la geomecánica de la roca encajonante piso	27
Figura 8. Ponderación en función de la geomecánica del depósito mineral.....	28
Figura 9. Modelo de mineralización, distrito minero de Morococha.....	29
Figura 10. Estratigrafía del distrito de Morococha	31
Figura 11. Tolva 580 UEA Codiciada	33
Figura 12. Pasos para definir un KPI.....	34
Figura 13. Método Asarco	35
Figura 14. Ejemplo de diagrama de causa - efecto	39
Figura 15. Diagrama de causa-efecto para la identificación de factores	40
Figura 16. Ejemplo de diagrama de Pareto.....	41
Figura 17. Ley de Pareto.....	41
Figura 18. Diagrama de Pareto de demoras operacionales de enero a junio ...	42
Figura 19. Diagrama de distribución exponencial.....	45
Figura 20. Diagrama de distribución T-Student.....	46
Figura 21. Operación unitaria de perforación	56
Figura 22. Operación unitaria voladura	57
Figura 23. Layout de transporte	60
Figura 24. Gráfico de tonelaje de desmonte	63
Figura 25. Gráfico de tonelaje de mineral	64

Figura 26. Valorización enero – junio 2019	68
Figura 27. Diagrama de Pareto enero	75
Figura 28. Diagrama de Pareto febrero	76
Figura 29. Diagrama de Pareto marzo	77
Figura 30. Diagrama de Pareto abril	77
Figura 31. Diagrama de Pareto mayo	78
Figura 32. Diagrama de Pareto junio.....	79

INTRODUCCIÓN

El transporte y carguío de material es una operación minera unitaria importante en el ciclo de minado, en esta operación influyen muchos factores operacionales. Es importante identificar y cuantificar estos factores para determinar su origen y sus consecuencias como el incumplimiento del plan de producción y paradas no planificadas.

En estos tiempos, para una empresa contratista, es muy importante que sus costos unitarios de transporte de material sean bajos y su productividad sea óptima, para que esto se cumpla es importante controlar los factores operacionales.

En el primer capítulo, se realizó el planteamiento del problema, la justificación e importancia de este trabajo. Actualmente no se cumple con la producción planeada, generando pérdidas económicas en la valorización mensual. Los volquetes pierden mucho tiempo en mantenimiento, esto debido a que no hay un plan de mantenimiento adecuado.

En el segundo capítulo, se muestran los antecedentes y bases teóricas utilizadas en el trabajo de investigación. Para determinar la influencia de los factores operacionales en la producción, estos son medidos mediante el uso de herramientas estadísticas y de gestión para llevar un mejor control de los factores operacionales. Se utilizaron herramientas de gestión como el diagrama de Pareto, Ishikawa y el método de Asarco para tener una visión más completa de la situación de la mina.

En el tercer capítulo, se muestra el método, alcance y el diseño de la investigación. En la presente investigación predomina lo cuantitativo, como la toma de tiempos, cálculo de distancias, velocidades, capacidad de carga, disponibilidad mecánica y utilización efectiva. La población pertenece a los operadores de volquete que trabajan en la compañía minera Argentum.

En el cuarto capítulo, se muestran los resultados, el análisis de la influencia de factores operacionales y la interpretación de los resultados. Las condiciones operacionales en la compañía minera Argentum no es la adecuada debido a la baja disponibilidad de los equipos de carguío generando colas y tiempos muertos.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Los costos unitarios de carguío y transporte en una operación minera son los más representativos en el ciclo de minado, es por esta razón que se buscan mecanismos para reducir costos como la contratación de empresas especializadas en la actividad de carguío y transporte de mineral, alquiler de volquetes entre otros.

La presencia de tiempos muertos e inoperatividad no programada repercute en los costos de forma negativa que se traducen en pérdidas, además la falta de planificación genera la paralización de las labores asociadas al transporte de mineral que ocasionan una improvisación en el área de mantenimiento.

Problemas como falta de mantenimiento, fallas mecánicas, desgaste de los aceros, conducta de los operadores se presentan fortuitamente, lo cual genera tiempos innecesarios que retrasan el ciclo de extracción del mineral causando el incremento de los costos que afecta en la economía de la empresa a largo o corto plazo, también afecta al área de planta ya que no se cumple con el tonelaje planeado.

Actualmente en la compañía minera Argentum para el carguío y transporte de mineral utilizan 10 volquetes Mercedes Benz Actros 3344K que tienen como capacidad 26.563 toneladas cada uno.

Para saber cuál es la influencia de las variables operativas en la productividad es importante cuantificar variables mediante relaciones matemáticas y un tratamiento estadístico. Esto ayudará a tener un mejor control de la extracción del mineral y así optimizar el rendimiento de los equipos de acarreo, operador y condiciones de la operación.

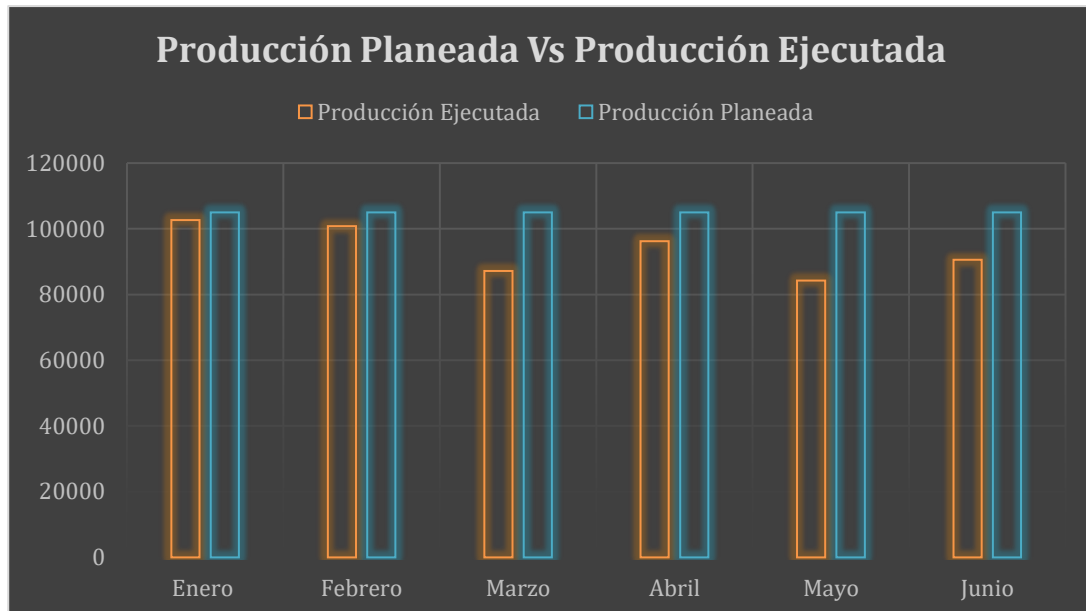


Figura 1. Gráfico de producción planeada vs producción ejecutada
Fuente: elaboración propia

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es la influencia de los factores operacionales en la productividad en el proceso de transporte de mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de la disponibilidad mecánica en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada 2019?
- ¿Cuál es la influencia de la utilización efectiva en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada 2019?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de los factores operacionales en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la disponibilidad mecánica en la productividad en el proceso de transporte de mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada
- Determinar la influencia de las variables operacionales en la evaluación económica en el sistema de transporte mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación metodológica

El presente trabajo de investigación, **Análisis de los factores operacionales y su influencia en la productividad del proceso de transporte de mineral y desmonte en el Nv 4025 de la compañía minera Argentum, UEA Codiciada 2019**, surge ante la necesidad de mejorar la operación unitaria de transporte de mineral y desmonte ya que la empresa contratista Multicosailor SAC presenta altos costos de transporte y muchas paradas por mantenimiento correctivo, esto sucede porque la planificación no es la adecuada.

Por estas consideraciones, se realizó el presente trabajo, lo cual permitió obtener un modelo matemático adecuado que ayudó a tener alternativas más confiables.

El proyecto planteado beneficiará a la compañía minera Argentum en la reducción de costos, ya que un buen modelo matemático permitirá optimizar la producción de transporte de mineral y desmonte, también permitirá reducir las paradas no planificadas.

1.3.2. Justificación social

El proyecto planteado beneficiará a la empresa contratista Multicosailor en la preservación de la vida del personal, ya que con un mejor control de los factores operacionales se consigue un mejor mantenimiento de los equipos y por lo tanto minimizar el riesgo de accidentes.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

- El control de la aplicación de los factores operacionales influye positivamente en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada 2019.

1.4.2. Hipótesis específica

- La consolidación en el control de la disponibilidad mecánica influye positivamente en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada 2019.
- El cumplimiento de programas de utilización efectiva influye positivamente en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la compañía minera Argentum, UEA Codiciada 2019.

1.5. Identificación de variables

a) Variable independiente

- Factores operacionales

b) Variable dependiente

- Productividad

1.6. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Factores operacionales	Son variables que influyen en la operación minera. El control adecuado de estas variables genera el correcto funcionamiento del ciclo operacional.	Variables que influyen en la operación minera	Disponibilidad mecánica Velocidad Tiempo de ciclos Distancia recorrida
Productividad	Es el gasto económico necesario para realizar una operación minera, y nos expresa el grado de eficiencia de la operación.	Grado de eficiencia de la operación	Producción Valorización económica

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

- Tesis de pregrado que lleva como título “*Estudio del sistema de acarreo de interior de mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E. E. NCA servicios mina Morococha*”. (1) El investigador tiene como objetivo evaluar y proponer el plan de optimización de flota de acarreo en mina subterránea, de tal manera que su aplicación sea de forma sencilla y práctica, disminuyendo la dispersión de tiempo e incrementando la productividad con el análisis de KPI, que conlleven a obtener mejor beneficio o ratio de costo US\$/tm-km.
- Tesis de pregrado que lleva como título “*Identificación de factores operacionales y su influencia en la producción de una flota de volquetes Volvo FMX 6X4 en la empresa NCA servicios de la minera Argentum*”. (2) El investigador tiene como objetivo determinar la función matemática óptima que describa adecuadamente el modelo de producción por guardia-ruta, considerando la influencia de factores operacionales presentes en el proceso de extracción de mineral y desmonte por una flota de volquetes 6 X 4 de la operación minera subterránea en estudio.
- Tesis de pregrado que lleva como título “*Influencia de factores operacionales en la productividad de volquetes Volvo FMX 8 X 4 en el proceso de extracción de mineral y desmonte en una operación subterránea*”. (3) El investigador tiene como objetivo crear modelos estadísticos que demuestran la relación entre la

producción y el factor operador, por otro lado, se analiza cómo influye el equipo con la producción y finalmente la relación con las condiciones del terreno.

- Tesis de pregrado que lleva como título “*Optimización de flota de camiones aplicando programación dinámica mina Corihuarmi*”. (4) El investigador tiene como objetivo optimizar el dimensionamiento de la flota de carguío y acarreo del proceso de minado y mejorar la disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo de la mina.
- Tesis de pregrado que lleva como título “*Producción real vs producción potencial de equipos de carguío, acarreo y aplicación del match factor para determinar el número óptimo de volquetes mina Arasí*”. (5) El investigador tiene como objetivo analizar y calcular el factor de acoplamiento (*match factor*) óptimo entre el equipo de carguío y las unidades de acarreo en las operaciones carguío/acarreo.

2.1.2. Antecedentes internacionales

- Tesis de pregrado que lleva como título “*Incremento de producción a partir de la gestión del tiempo en el transporte de mineral en el sector Nicole, concesión minera Esperanza II, empresa minera Minecsa, Zaruma-Ecuador*”. (6) El investigador tiene como objetivo aumentar la producción a partir de gestión de tiempos en el transporte de mineral que permita acelerar el ritmo de producción.
- Tesis de pregrado que lleva como título “*Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional*”. (7) El investigador tiene como objetivo elaborar un programa de mantenimiento preventivo para la flota de tractocamiones mediante la utilización de los manuales del fabricante, la experiencia del personal, la capacidad operativa y estudiando el comportamiento de estos equipos en empresas similares, reduciendo así la cantidad de paradas no programadas.
- Tesis de pregrado que lleva como título “*Optimización de los procesos de desarrollo y construcción en minería block caving caso estudio mina El Teniente Codelco Chile*”. (8) El investigador tiene como objetivo generar una optimización de los procesos de desarrollo y construcción trabajando en la gestión y seguridad del proyecto, ya que estos presentan una variable crítica incluso más relevante que los aspectos técnicos.

- Tesis de pregrado que lleva como título “*Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento*”. (9) El investigador tiene como objetivo estudiar los beneficios que podría traer la utilización de prioridades de atención en el proceso de carga de camiones en minería a cielo abierto, cuando la flota de transporte disponible es heterogénea en términos de capacidad, y por consecuencia, en costos operacionales.

2.2. Generalidades de la mina

2.2.1. Ubicación y accesibilidad

La compañía minera Argentum se encuentra ubicada en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín. A una altitud de aproximadamente 4,500 m s. n. m.; se accede por la carretera Central a la altura del km 142.

Su ubicación en coordenadas geográficas es: 8 717 596 N y 375 577 E.



Figura 2. Mapa del distrito minero de Morococha
Fuente: Departamento de Geología

La compañía minera Argentum cuenta actualmente con dos unidades económicamente administrativas:

La UEA Morococha está ubicada a una altitud de 4543 m s. n. m. con coordenadas 8'717,480 N y 375,520 E.

La UEA Manuelita está ubicada al SE del distrito de Morococha a 10 km al este de la divisoria continental, con una altitud de 4550 m s. n. m. y cuenta con una extensión de 836.8 ha.

2.2.2. Clima

El clima de la zona es frígido durante todo el año, se divide en dos etapas: la húmeda de noviembre a abril con precipitaciones de granizo y nevada; y la seca durante todo el resto del año con frío más intenso y precipitaciones eventuales. La temperatura de verano varía de 3 °C a 20 °C y en invierno de -4 °C a 14 °C.

La mayor parte de la zona se encuentra cubierta de pastos naturales, principalmente pajabrava (*ichu*).

2.2.3. Geomorfología

El distrito de Morococha está ubicado en un área de relieve topográfico abrupto, con elevaciones que van desde 4,400 hasta 5,000 m s. n. m., siendo la cumbre más alta la zona de Yanashinga con 5,480 m s. n. m. Los valles tienen forma de U, cuyos fondos están cubiertos por las lagunas Huacracocha y Huascacocha.

2.2.4. Geomecánica

Los principales sistemas de fracturas son los siguientes:

- Sistema 1: N50°E/77°SE - 320°/28°
- Sistema 2: N60°W/89°SW - 330°/89°
- Sistema 3: N05°E/77°NW - 275°/77°

En las labores subterráneas de la compañía minera Argentum se observó que la masa rocosa presenta dos zonas estructurales, de la roca encajonante formado por calizas y el composito del área mineralizada compuesta por el cuerpo Rosita, según esto, las siguientes son las características del arreglo estructural de la masa rocosa:

- Zona de calizas (caja techo – caja piso)

Se presentan 3 sistemas de discontinuidades:

- El sistema 1 tiene rumbo NEE y buzamiento echado al SE. Está conformado principalmente por diaclasas y venillas de mineral.

- El sistema 2 tiene rumbo NW y buzamiento empinado al SW. Está conformado principalmente por diaclasas.
- El sistema 3 tiene rumbo NEE y buzamiento echado al NW.

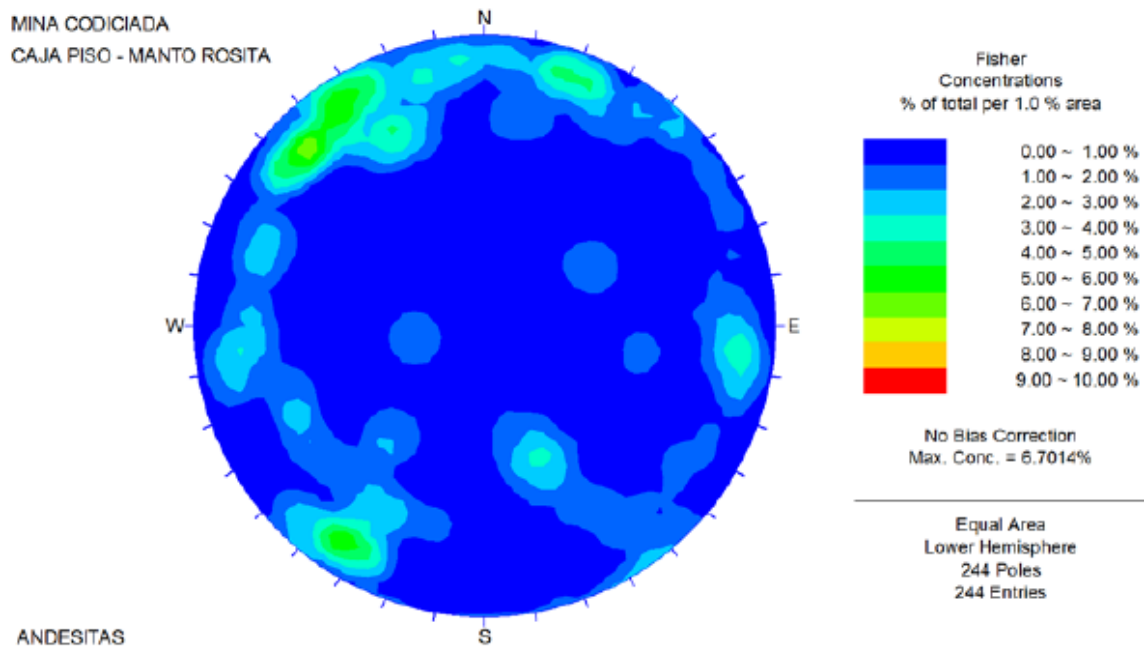


Figura 3. Proyección estereográfica compoisto de la distribución polar de las fracturas de los registros lineales realizados en el bypass 580, bypass 113, acceso 580 y cámara 113
Fuente: Departamento de Geología

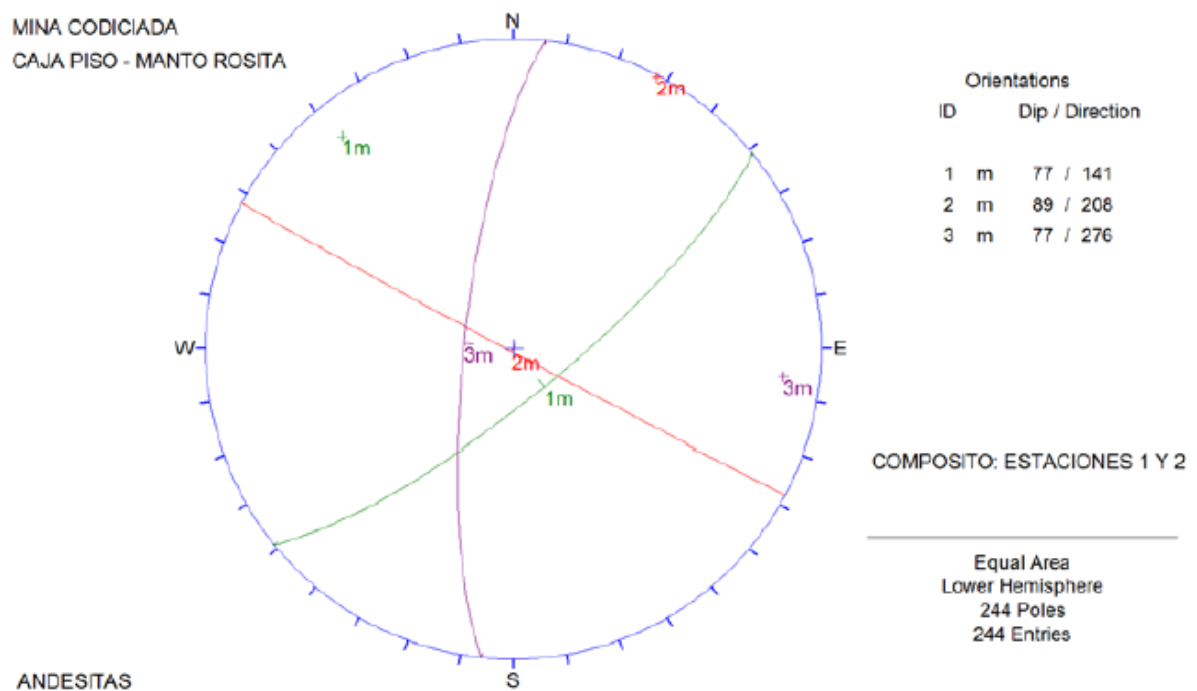


Figura 4. Proyección estereográfica compoisto de los sistemas de fracturas principales de los registros lineales realizados en el bypass 580, bypass 113, acceso 580 y cámara 113
Fuente: Departamento de Geología

En las labores, las fracturas se presentan planas, rugosas, cerradas y ligeramente abiertas con oxidación en superficie y recubrimiento de clorita, epidota y sericita, los cuales son minerales característicos de alteraciones propilíticas, habiéndose obtenido un promedio de 6 a 7 fracturas por metro lineal (moderadamente fracturadas).

La resistencia de la roca intacta se estimó a partir de ensayos realizados en rocas andesíticas de otras labores (especialmente del crucero 850) obteniéndose un valor promedio de 120 MPa. De acuerdo con las características de las discontinuidades y la presencia de goteos y/o flujos de agua se ha obtenido una clasificación geomecánica según el índice RMR 14 (10) entre 60 a 65 (roca Tipo IIB).

Las filtraciones observadas en el *bypass* 113 y acceso 580 (contacto caja piso y cuerpo Rosita) probablemente estén asociadas a percolaciones de agua superficial a través de chimeneas de ventilación o labores que se han comunicado con superficie, encontrándose acumuladas en cavernas cársticas formadas en las calizas del grupo Pucará que sobreyacen a las andesitas del volcánico Catalina, donde se vienen excavando ambas labores.

El caudal promedio de las filtraciones es de 140 a 150 l/s, según las mediciones realizadas por la Superintendencia de Medio Ambiente, por lo que se viene ejecutando cunetas en el *bypass* 113, las cuales han requerido el ensanchamiento de la pared izquierda del *bypass* 113, la cual deberá sostenerse con empernado sistemático debido al lajamiento que se viene presentando por las voladuras ejecutadas para la conformación de la cuneta.



SERVICIOS DE GEOLOGÍA APLICADA S.A.

ESTACION GEOMECÁNICA EN LABORES MINERAS



COMPANIA MINERA ARGENTUM S.A.
MNA NOROCOCHA

PROYECTO: DISEÑO DE MINADO MANTO ROSITA
 NIVEL: 4025
 ESTRUCTURA: CAJA PISO - MANTO ROSITA

REFERENCIA: Mina Codiciada
 REALIZADO POR: C.V-D.G
 REVISADO POR: C.V.

ESTACION N°: 1
 FECHA: 22/02/2017
 HOJA: 1/1

LABOR		ORIENTACION DE LABOR		LONGITUD DE ESTACION	
Cam 113 - Bypass 113		330° y 75° (azimut)		21.0m	
TIPO DE ROCA				FREC. FRACTURA	
A	%	B	%	C	%
Andesita	100				5

TIPO DE ESTRU.	BUZAMIENTO	DIRECCION BUZAMIENTO	ESPACIAMIENTO (m)	RELLENO		OBSERVACIONES
				TIPO	ESPESOR	
D	40	338	0.2 - 0.3	Ox, Py	<5mm	
D	77	201	0.1 - 0.4	Ox, Py	<5mm	
D	63	156	0.5 - 0.6	Ox, Py	<5mm	
D	75	131	0.4 - 0.6	Ox, Py	<5mm	

TIPO DE ROCA			
Clc	Caliza	Esq	Esquistos
Gr	Granito	Arc	Arenisca
Adm	Adamita	Ign	Ignimbrito
Oz	Cuarzita	Rio	Rolita
Lim	Limolita	And	Andesita

TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Ca	Caliza
Py	Pirita	An	Antidrita
Ser	Serfita	Si	Silice

TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasis	Vn	Venilla
F	Falla	J	Junta
Ct	Contacto	C	Cebalzo
V	Veta	Fs	Fisura

ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0.6 - 2 m
3	0.1 - 0.4 m
4	0.05 - 0.2 m
5	< 0.05 m

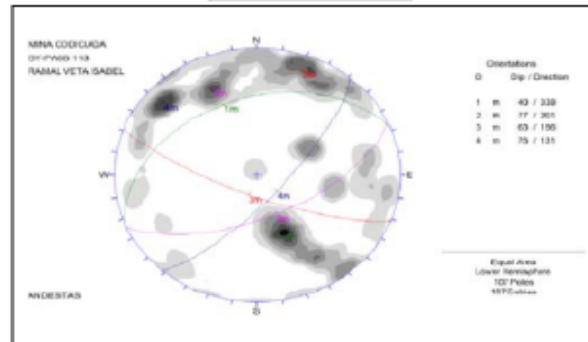
RESISTENCIA DE ROCA INTACTA			
	f _c (MPa)	σ _c (MPa)	TPO
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
PROMEDIO	120	85	

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R - 2014)

1. R. COMPRE. UNIAxIAL (Mpa)	9.5	3. CONDICION DE DISCONTINUIDADES				VALORACION
	PERSISTENCIA	< 1 m Long (5)	1-3 m (4)	X 3-10 m (2)	> 10 m (0)	4
	RUGOSIDAD	Muy Rugosa (5)	Rugosa (3)	X Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3
	RELLENO	Duro < 5mm (5)	X Duro > 5mm (2)	Suave < 5 mm (2)	Suave > 5 mm (0)	5
	METEORIZACION	no alterado (5)	Mod. Meteor. (3)	X Muy Meteor. (1)	Descompuesta (0)	3
4. PRESENCIA DE AGUA						
Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	X Flujo (0)	VALORACION	4
5. ALTERABILIDAD I62 (%)						
> 95 (10)	60-95 (8)	X 30-60 (6)	< 30 (0)	0	VALORACION	6
VALOR TOTAL RMR (Básico) (Suma de valoración 1 a 5) =						62.5
CLASE DE MACIZO ROCOSO (según RMR 14 - Básico)						
RMR	100 - 91	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	II
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	

OBSERVACIONES: La resistencia de roca intacta se ha estimado en base a los ensayos de resistencia a la compresión simple realizados en diferentes labores excavados en andesitas, tanto de mina Codiciada como de mina Manucilla, equivalente a 120 MPa.

Estereograma



Fotografía



RESISTENCIA DE ROCA INTACTA (ISRM-1978)		
ROCA	RESISTENCIA	TIPO
Extremad. Resistente	>50	R6
Muy resistente	10-50	R5

ROCA	RESISTENCIA	TIPO
Resistente	50-100	R4
Poco resistente	25-50	R3

ROCA	RESISTENCIA	TIPO
Debil	5-25	R2
Muy Debil	1-5	R1

Figura 5. Estación geomecánica en el bypass 113, nivel 4025
 Fuente: Departamento de Geomecánica

a. Esfuerzos *in situ*

De acuerdo con el esfuerzo vertical a partir del criterio de carga litostática, considerando una profundidad mínima y máxima de la mineralización de 600 m y 650 m respectivamente. Según este criterio, el esfuerzo vertical *in situ* de aproximadamente 17.5 y un esfuerzo horizontal de 9.2 MPa. La constante “k” (relación de los esfuerzos horizontal a vertical) para determinar el esfuerzo *in situ* horizontal se ha estimado utilizando el criterio de, entonces, “k” tendría un valor aproximado de 0.53.

b. Determinación del método de explotación más adecuado de acuerdo con las características geomecánicas

- De acuerdo con el método

Tabla 2. Determinación del método de explotación más adecuado

Método con mínimo soporte o con espacios abiertos	Metodos con soporte adicional o con relleno	Metodos por hundimiento o derrumbes
<ol style="list-style-type: none">1. Cámaras y pilares.2. Tajeo por subniveles.3. Cráteres verticales en retroceso.	<ol style="list-style-type: none">1. Corte y relleno ascendente.2. Corte y relleno descendente.3. Almacenamiento provisional.4. Entibación con cuadros.5. Tajeos largos.	<ol style="list-style-type: none">1. Hundimiento por subniveles.2. Hundimiento por bloques.
<ol style="list-style-type: none">1. Son de dilución intermedia.2. Mala recuperación Si los pilares Residuales no Pueden extraerse.	<ol style="list-style-type: none">1. Altos costos de minado.2. Alta recuperación y baja dilución.	<ol style="list-style-type: none">1. Bajo costo por tonelada2. Baja recuperación y fuerte dilución

Fuente: elaboración propia

- De acuerdo con las características geomecánicas

SELECCIÓN DE METODO DE EXPLOTACION										
Ponderación en función de la geomecánica de la roca encajonate techo										
Método de explotación	Resistencia de las rocas			Espaciamiento entre fracturas				Resistencia de las discontinuidades		
	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	G
Hundimiento por bloques	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0
Camaras por subnivel	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subnivel	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0
Tajeo Largo	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0
Cámaras y pilares	0	3	0	0	1	2	4	0	2	4
Cámaras almacén	4	2	1	4	4	3	0	0	2	0
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2
Estibación con marcos	4	2	2	3	4	2	2	4	3	2

Resistencia de las rocas: P= Pequeña, M= Media, A= Alta
 Espaciamiento entre fracturas: MP= Muy Pequeña; P= Pequeña, G= Grande, MG= Muy Grande
 Resistencia de las discontinuidades: P= Pequeña, M= Media, G= Grande

De la clasificación:	Valor:
Preferido	3 a 4
Probable	1 a 2
Improbable	0
Desechado	-49

Figura 6. Ponderación en función de la geomecánica de la roca encajonante techo
 Fuente: Departamento de Geomecánica

SELECCIÓN DE METODO DE EXPLOTACION										
Ponderación en función de la geomecánica de la roca encajonate piso										
Método de explotación	Resistencia de las rocas			Espaciamiento entre fracturas				Resistencia de las discontinuidades		
	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	G
Hundimiento por bloques	2	3	3	1	3	3	3	1	3	0
Camaras por subnivel	0	2	4	0	0	2	4	0	2	4
Hundimiento por subnivel	0	2	4	0	1	3	4	0	2	1
Tajeo Largo	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
Cámaras y pilares	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
Cámaras almacén	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Corte y relleno	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
Estibación con marcos	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

Resistencia de las rocas: P= Pequeña, M= Media, A= Alta
 Espaciamiento entre fracturas: MP= Muy Pequeña; P= Pequeña, G= Grande, MG= Muy Grande
 Resistencia de las discontinuidades: P= Pequeña, M= Media, G= Grande

De la clasificación:	Valor:
Preferido	3 a 4
Probable	1 a 2
Improbable	0
Desechado	-49

Figura 7. Ponderación en función de la geomecánica de la roca encajonante piso
 Fuente: Departamento de Geomecánica

SELECCIÓN DE METODO DE EXPLOTACION										
Ponderación en función de la geomecánica del depósito del mineral										
Método de explotación	Resistencia de las rocas			Espaciamiento entre fracturas				Resistencia de las discontinuidades		
	P	M	A	MP	P	G	MG	P	M	G
Hundimiento por bloques	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0
Camaras por subnivel	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4
Hundimiento por subnivel	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2
Tajeo Largo	2	3	3	4	4	1	1	4	3	1
Cámaras y pilares	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4
Cámaras almacén	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4
Corte y relleno	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
Estibación con marcos	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2

Resistencia de las rocas: P= Pequeña, M= Media, A= Alta
Espaciamiento entre fracturas: MP= Muy Pequeña; P= Pequeña, G= Grande, MG= Muy Grande
Resistencia de las discontinuidades: P= Pequeña, M= Media, G= Grande

De la clasificación:	Valor:
Preferido	3 a 4
Probable	1 a 2
Improbable	0
Desechado	-49

Figura 8. Ponderación en función de la geomecánica del depósito mineral
Fuente: Departamento de Geomecánica

De acuerdo con lo obtenido de los cuadros de ponderación en función a la geomecánica:

Tenemos como métodos que se ajustan mejor a las características geomecánicas el de corte y relleno en *breasting* haciendo uso de relleno consolidado, con los laboreos en dirección perpendicular a la dirección del cuerpo dejando un escudo de mineral al tope del tajo.

2.3. Geología

2.3.1. Geología general

Los yacimientos minerales existentes en el distrito de Morococha presentan diferentes tipos de depósitos como: vetas, mantos, cuerpos y disseminaciones. Los minerales presentes en este yacimiento son Cu, Ag, Zn, Pb y en pocas cantidades Tungsteno.

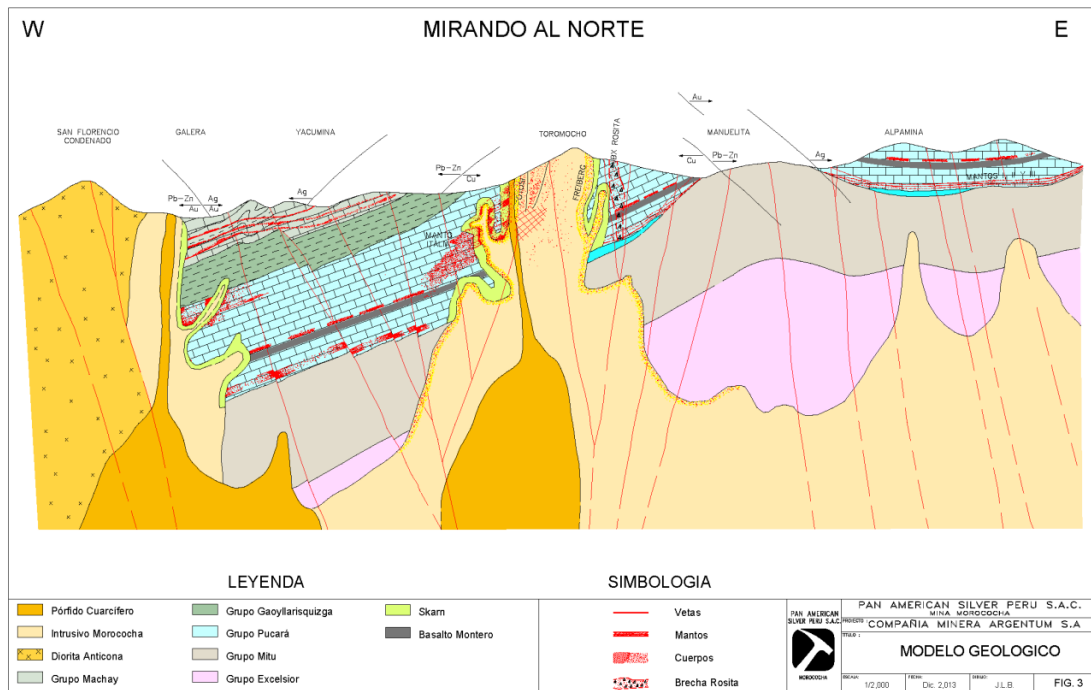


Figura 9. Modelo de mineralización, distrito minero de Morococha
Fuente: Departamento de Geología

2.3.2. Geología regional

El distrito de Morococha se encuentra en la parte noroeste del domo de Yauli. El grupo Mitu está presente por los volcánicos Catalina (domo de Yauli) y se encuentra en discordancia angular con las filitas del grupo Excelsior. La secuencia sedimentaria está representada por las calizas del grupo Pucará, ubicados en ambos flancos del anticlinal donde se formaron vetas, cuerpos y mantos mineralizados.

Por encima de las calizas del grupo Pucará se encuentra el grupo Goyllarisquiza, contenida por conglomerado rojo basal, lutitas rojas, capas de cuarcita, areniscas y luego las calizas cretácicas de las formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha. La actividad volcánica en la zona comenzó en el Pérmico con las andesitas y dacitas de los volcánicos Catalina. La mayor actividad volcánica se registró a fines del terciario con las intrusiones de la diorita Anticona, la monzonita y pórfido cuarcíferos. El domo de Yauli es la estructura más predominante con una extensión de 35 km.

2.3.3. Estratigrafía

La secuencia estratigráfica en el distrito de Morococha está comprendida en rocas que van desde el Paleozoico hasta el Mesozoico y que pertenecen a los siguientes grupos litológicos:

a. Grupo Excelsior

Las rocas más antiguas presentes en la zona son las filitas Excelsior que consisten en lutitas negras a verde olivo, fuertemente plegadas y foliadas.

b. Grupo Mitu

Las rocas volcánicas fueron formadas por derrames lávicos de andesitas y dacitas que se encuentran descansando en discordancia angular sobre las filitas del grupo Excelsior.

c. Grupo Pucará

Son calizas que se encuentran por encima del grupo Mitu, estas calizas están subdivididas en 13 horizontes con una potencia de 431 m.

d. Grupo Goyllarisquizga

Son conglomerados basales, areniscas, calizas, lutitas y derrames lávicos que están ubicados por encima del grupo Pucará.

e. Grupo Machay

Este grupo está representado por calizas negras lutáceas y margosas con una secuencia de 450 m.

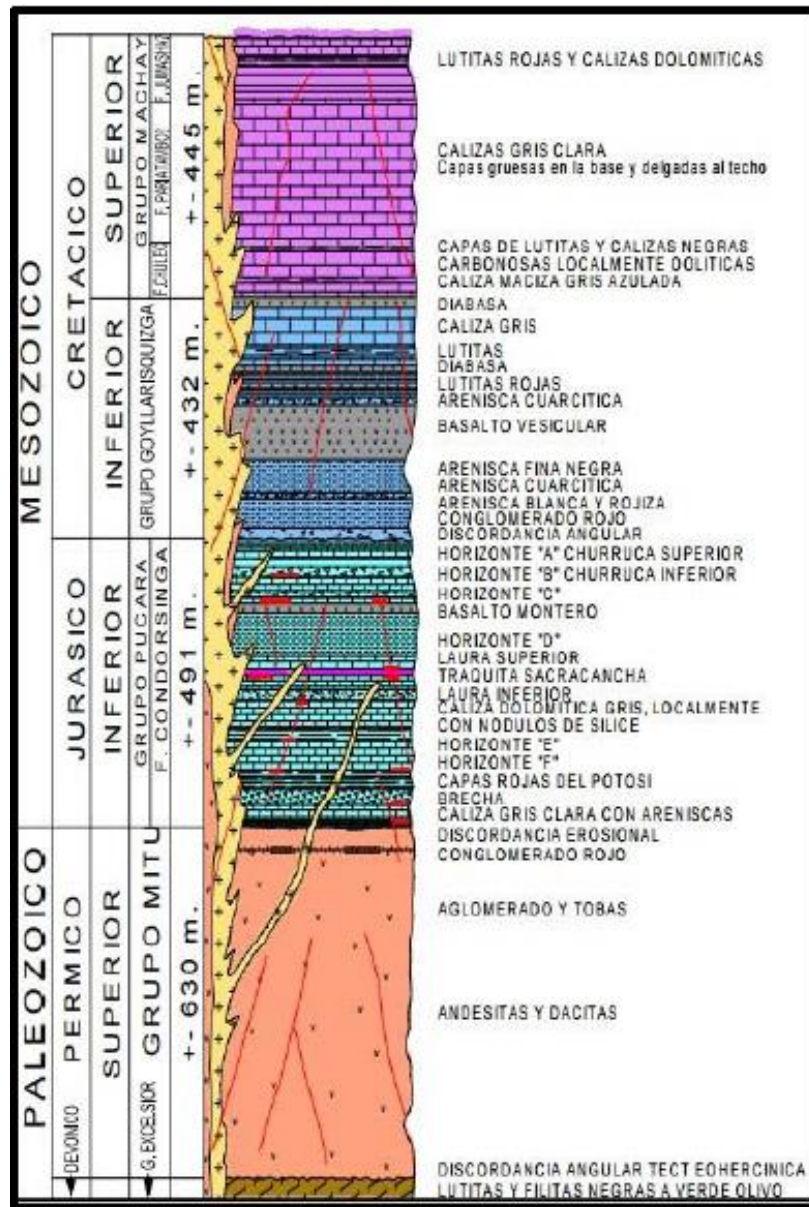


Figura 10. Estratigrafía del distrito de Morococha
 Fuente: Departamento de Geología

2.3.4. Geología estructural

- **Plegamiento**

La estructura más predominante en la zona es el domo de Yauli con una extensión de 33 km de largo con 22 km de ancho, está conformado por tres anticlinales: anticlinal de Pomococha, anticlinal de Ultimatum-Yauli y anticlinal San Cristóbal – Morococha.

- **Fracturamiento**

En la zona hubo cuatro sucesos de fracturamiento.

En la primera etapa se produjeron fuerzas compresivas y luego al terminar estas fuerzas, se produjeron fuerzas tensionales originando fracturamientos longitudinales al eje anticlinal, que luego fueron rellenadas por cuerpos intrusivos.

En la segunda etapa se originaron fracturas paralelas al eje del anticlinal San Cristóbal y fracturas preintrusión. El plegamiento originó deslizamientos de los estratos inferiores del Pucará sobre los volcánicos subyacentes originando fallas de rumbo y buzamiento de los estratos del Pucará.

En la tercera etapa se originaron fracturas post o concomitantes con los intrusivos Chumpe y San Francisco, estas fracturas fueron rellenadas por soluciones hidrotermales que originaron las vetas.

Finalmente, se originaron fracturamientos postmineralización que se pueden observar en los diques y vetas que fueron desplazados.

2.4. Bases teóricas

El presente trabajo describe los principales conceptos que se utilizaron. Se realizó la definición de los factores operacionales que influyen en la producción y los indicadores de desempeño KPI (*Key Performance Indicators*). También se explica teóricamente las distribuciones de probabilidades más utilizadas y se describe teóricamente el tratamiento y análisis estadístico de datos.

Para el transporte de material en interior de mina son mayormente utilizado los volquetes, debido a su aceleración, capacidad de carguío y proporcionan costos de transporte relativamente bajos. El uso de volquetes para transporte de material genera un alto grado de flexibilidad, ya que según sea la producción se puede incrementar o disminuir el número de volquetes.

En la unidad minera Argentum, la empresa contratista Multicosailor utiliza los volquetes Mercedes Benz Actros 3344K para el acarreo de material, para el carguío de material utiliza los scoops de 6 yd³, 4.5 yd³ y tolvas de carguío, la mayoría de las demoras son ocasionadas por la baja disponibilidad de equipos, ya que solo cuentan con dos scoops de cada tipo para las dos zonas (Alapampa y Codiciada).



Figura 11. Tolva 580 UEA Codiciada
Fuente: elaboración propia

2.4.1. Indicadores claves de desempeño

Indicadores claves de desempeño o también llamados KPI, miden el rendimiento de un proceso. El valor obtenido está directamente relacionado con un objetivo planeado y esta expresado en valores porcentuales.

Los indicadores son muy importantes para el logro de objetivos, ya que sirve como una ruta para llegar a lo planificado. Los indicadores son necesarios para controlar los procesos y gestionar la organización.

A) Principales características de los KPI

- Los KPI deben de estar relacionados con los objetivos deseados por la compañía.
- Fácil de entender.
- El KPI debe poder ser influenciado de acuerdo con la evolución del monitoreo.
- El KPI debe ser fácil de implantarlo y adaptarlo a la creación de nuevos objetivos.

En la siguiente figura se muestran los pasos sobre cómo definir un KPI que sea capaz de representar los intereses de la empresa.

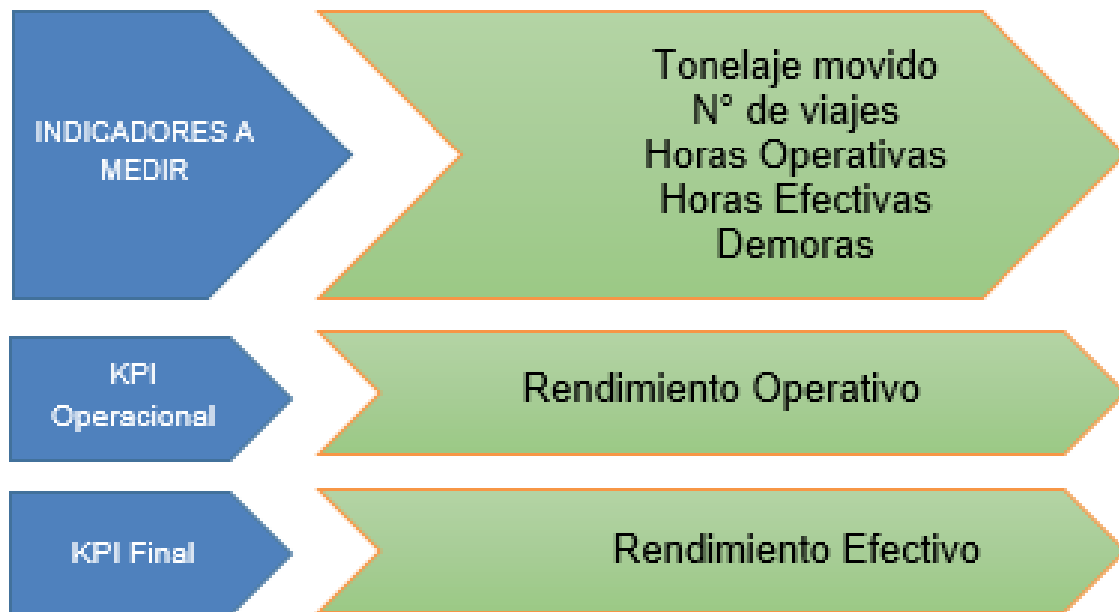


Figura 12. Pasos para definir un KPI
Fuente: elaboración propia

B) Importancia de indicadores de gestión

Una adecuada selección del KPI es importante para la gestión y el control de las operaciones. Por lo tanto, es importante identificar cuáles son los KPI más influyentes en la actividad del transporte de material, ya que estos indicadores darán una visión de cómo se desarrollan los procesos inmersos y que influyen en la organización del proceso, permitiendo verificar y controlar el cumplimiento de los objetivos planeados, con el propósito de tomar decisiones dependiendo del estado de los indicadores.

Los indicadores de gestión definen la necesidad de realizar cambios o mejoras en determinados procesos.

2.4.2. Tiempos en operaciones mineras

A. Tiempo cronológico (TCR)

Son las horas del tiempo natural como días, meses y años. Este tiempo se divide en dos:

- Tiempo hábil
- Tiempo inhábil

$$TCR = HH + HIN$$

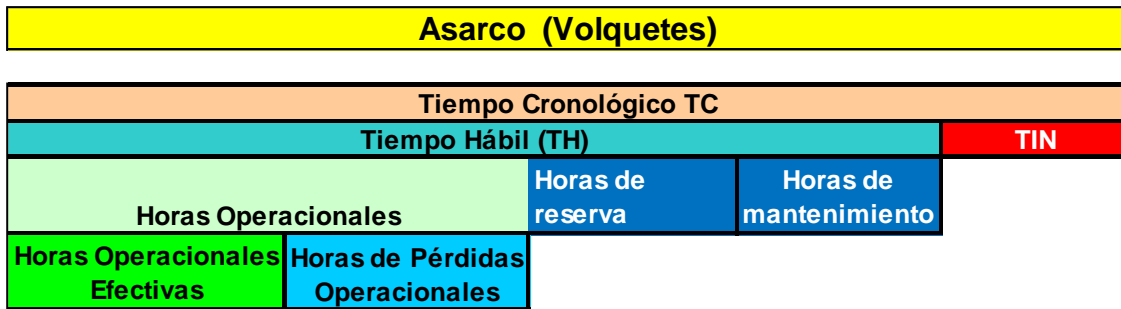


Figura 13. Método Asarco
Fuente: elaboración propia

Tiempo hábil (HH)

Son las horas en las que los volquetes se encuentran en actividad productiva (trasladando y cargando material). Este tiempo hábil se divide en tres:

- **Horas operacionales (HOP):** son las horas en las que el equipo se encuentra bajo la conducción de un operador asignado cumpliendo una tarea asignada. Al tiempo en el cual el equipo funciona correctamente se le llama tiempo efectivo (HEF) y se le llama tiempo de pérdida operacional (HPE) son las esperas que el equipo tiene, ya sea por esperar a los *scoops*, tolva campaneada o espera de turno.

$$HOP = HEF + HPE$$

- **Horas de mantenimiento (HMT):** son las horas en las que el equipo se encuentra en mantenimiento debido a fallas mecánicas.

$$HH = HOP + HPE$$

- **Tiempo de reserva (HRE):** son las horas en las que el equipo se encuentra en condiciones para realizar sus funciones, pero se realiza, por ejemplo, si el *scoop* no se encuentra disponible y los volquetes no son reasignados a otros puntos.

Tiempo inhábil (HIN)

Son las horas en las que el equipo estando en correctas condiciones se encuentra paralizado por las siguientes razones: charlas de seguridad, alerta roja por tormentas eléctricas, etc.

2.4.3. Índices operacionales

Los índices operacionales son importantes para llevar el control de los equipos a través de su tiempo de vida, para una buena toma de decisiones y controlar el deterioro de los equipos es importante obtener información de buena calidad.

A. Disponibilidad mecánica

La disponibilidad mecánica se obtiene restando las horas paradas que tiene el equipo a las horas trabajadas. Este indicador es directamente proporcional a la eficiencia del mantenimiento e inversamente proporcional a la antigüedad.

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{(\text{Horas trabajadas} - \text{Horas parado}) \times 100\%}{\text{Horas trabajadas}}$$

Tabla 3. Disponibilidad mecánica semestral

	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35	PROMEDIO MENSUAL
ENERO	98.58%	97.96%	97.00%	97.22%	96.42%	97.00%	97.50%	96.50%	97.67%	96.53%	97.24%
FEBRERO	97.12%	97.90%	95.92%	95.35%	95.20%	97.28%	95.02%	93.87%	95.15%	97.67%	96.05%
MARZO	96.28%	97.75%	97.25%	96.87%	96.33%	95.62%	95.75%	93.65%	97.28%	97.28%	96.41%
ABRIL	95.85%	96.25%	97.03%	96.02%	97.08%	97.66%	96.08%	94.32%	95.67%	98.42%	96.44%
MAYO	94.50%	95.78%	96.95%	94.41%	95.58%	95.95%	96.68%	92.62%	96.85%	97.53%	95.69%
JUNIO	88.25%	92.52%	94.20%	92.15%	96.26%	93.90%	92.51%	93.83%	94.68%	95.20%	93.35%
Promedio	95.10%	96.36%	96.39%	95.34%	96.15%	96.23%	95.59%	94.13%	96.22%	97.11%	95.86%

Fuente: elaboración propia

En el semestre de estudio, el promedio de disponibilidad mecánica es de 95.86%, esto es un valor óptimo y esto se obtiene debido a que los equipos con los que cuenta la empresa contratista son nuevos, aparte que las vías están en óptimas condiciones, apoyando al cuidado de los equipos.

En el mes de junio se obtiene una disponibilidad mecánica de 93.35% que es la más baja de todo el semestre, esto se origina debido al estado de las vías; ya que, por las lluvias constantes las vías se maltratan en mayor proporción y esto origina que los equipos se desgasten más.

B. Utilización efectiva

Es el tiempo en el cual el volquete se encuentra realizando su función. Este indicador es directamente proporcional a la necesidad de utilización del equipo e inversamente proporcional a su rendimiento.

$$\text{Utilización Efectiva} = \frac{\text{Tiempo efectivo} \times 100\%}{\text{Tiempo de operación}}$$

Tabla 4. Utilización efectiva semestral (horas)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
MCA-26	9:29:15	7:18:27	9:32:32	9:25:32	7:57:34	7:41:33	8:34:09
MCA-27	9:02:14	9:43:45	9:48:48	8:30:37	7:45:16	7:52:23	8:47:10
MCA-28	8:53:48	9:22:02	7:41:15	7:27:38	8:41:53	7:48:09	8:19:07
MCA-29	9:03:51	8:22:59	8:43:07	8:56:03	8:18:46	8:29:51	8:39:06
MCA-30	9:27:31	8:28:42	8:43:07	9:25:40	9:12:02	8:30:32	8:57:56
MCA-31	9:56:33	9:46:44	7:47:31	9:37:30	8:53:48	8:25:20	9:04:34
MCA-32	9:03:51	9:45:00	8:25:20	9:28:53	8:21:41	7:30:51	8:45:56
MCA-33	8:39:39	9:22:02	6:59:46	9:05:43	7:57:31	8:05:56	8:21:46
MCA-34	8:54:50	9:37:45	8:47:56	8:56:03	7:17:06	8:43:07	8:42:48
MCA-35	8:18:46	8:28:42	9:38:43	7:37:25	8:51:02	7:50:01	8:27:27
Promedio mensual	9:05:02	9:01:37	8:36:49	8:51:06	8:19:40	8:05:46	

Fuente: elaboración propia

El promedio semestral de la utilización efectiva de los equipos es de 8:40 horas, una guardia cuenta con 10 horas de trabajo, esto quiere decir que por guardia hay una pérdida de 1:20 horas por equipo.

Esta diferencia genera una pérdida económica significativa y se tiene que llevar el control para incrementar la productividad.

Tabla 5. Utilización efectiva

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
MCA-26	95%	76%	95%	95%	80%	78%	87%
MCA-27	90%	98%	98%	86%	89%	79%	90%
MCA-28	89%	97%	78%	75%	89%	78%	84%
MCA-29	90%	85%	88%	90%	84%	85%	87%
MCA-30	95%	85%	88%	95%	93%	85%	90%
MCA-31	99%	98%	78%	96%	91%	85%	91%
MCA-32	90%	98%	85%	95%	85%	75%	88%
MCA-33	88%	95%	70%	98%	80%	81%	85%
MCA-34	90%	96%	88%	89%	73%	88%	87%
MCA-35	84%	85%	96%	76%	89%	79%	85%
Promedio mensual	91%	91%	86%	90%	85%	81%	

Fuente: elaboración propia

El promedio de utilización efectiva es de 87%, siendo junio el mes donde se observa una menor utilización efectiva, este valor se relaciona directamente con la disponibilidad mecánica de los equipos.

C. Rendimiento operativo

Es el promedio de unidades de producción realizadas por el equipo por cada unidad de tiempo de operación.

$$\text{Rendimiento Operativo} = \frac{\text{Unidades de producción promedio}}{\text{Unidad de tiempo de operación}}$$

D. Rendimiento efectivo

Es el promedio de unidades de producción realizadas por el equipo en cada unidad de tiempo efectivo de operación.

$$\text{Rendimiento Efectivo} = \frac{\text{Unidades de producción promedio}}{\text{Unidad de tiempo efectivo de operación}}$$

2.4.4. Diagrama causa – efecto

El diagrama de causa – efecto es también llamado diagrama Ishikawa debido a su creador Kaoru Ishikawa, quien buscaba mejorar el control de calidad de su empresa. Es una representación gráfica que muestra la relación hipotética y cualitativa de los diversos factores operacionales que contribuyen en un proceso determinado.

Para construir el diagrama de causa – efecto primero se tiene que realizar una inspección por todos los procesos inmersos en un problema, estos factores serán representados en el diagrama para analizarlos y llegar a una solución.



Figura 14. Ejemplo de diagrama de causa - efecto
Fuente: Studylib

A. Ventajas

- Ayuda a encontrar las principales causas de un problema.
- Enfoca los esfuerzos del equipo de trabajo a las causas principales.
- Genera que todo el equipo realice una lluvia de ideas para la solución del problema.
- Ayuda al análisis de las principales causas de un problema, facilitando la toma de decisiones y darles un mejor control a todos los factores operacionales.

B. Pasos para la construcción del diagrama de causa – efecto

- Definir el problema a analizar
- Colocar el problema en el lado derecho del diagrama
- Identificar las causas principales del problema
- Identificar factores específicos de cada causa principal que influyan en el problema.
- Analizar el gráfico.

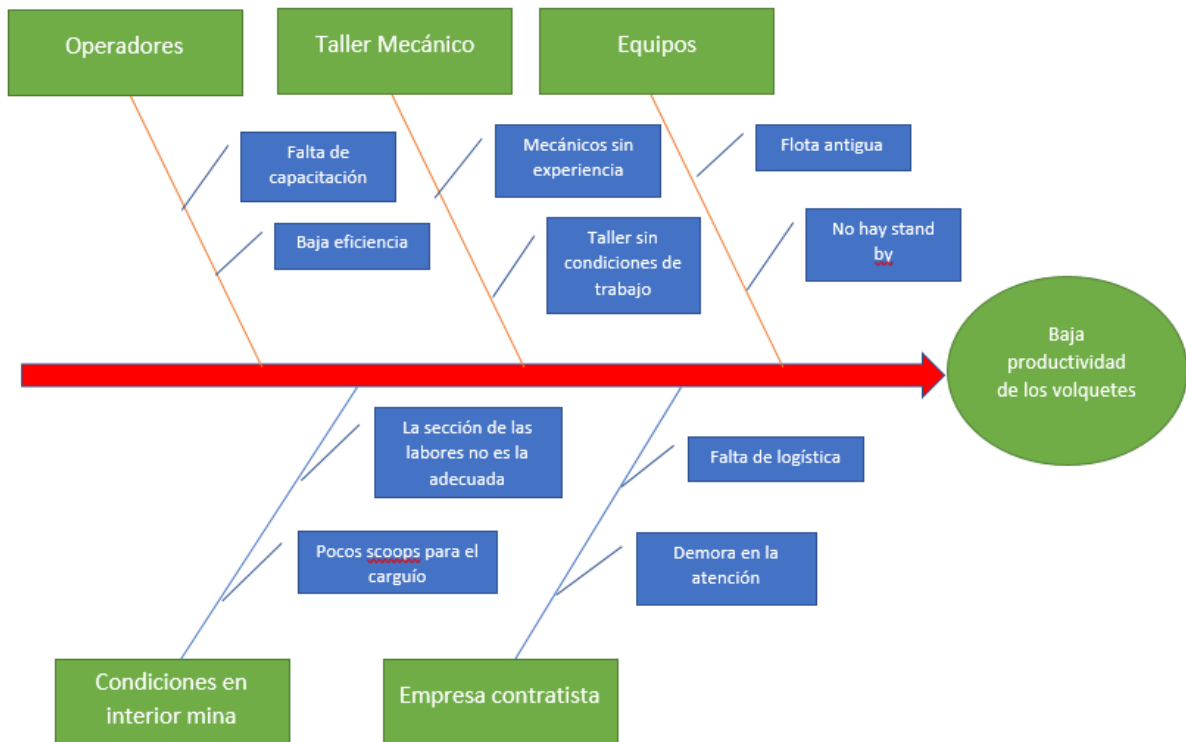


Figura 15. Diagrama de causa-efecto para la identificación de factores
Fuente: elaboración propia

En el diagrama mostrado en la Figura 15 se muestra la relación de causa efecto de los siguientes factores identificados en las operaciones.

- **Operadores:** se identificó que se cuenta con operadores sin capacitación y baja eficiencia debido a actitudes inadecuadas.
- **Taller mecánico:** el taller mecánico de la empresa contratista no cuenta con condiciones de trabajo y también los mecánicos que trabajan en el taller no cuentan con experiencia.
- **Equipos:** se cuenta con una flota antigua y no se cuenta con *stand by*.
- **Condiciones en interior de mina:** la sección de las labores no son las adecuadas por lo que los volquetes tienen que hacer más movimientos para doblar en las curvas y también los *scoops* no se abastecen para todas las cámaras de carguío.
- **Empresa contratista:** existe deficiencia en la parte logística y también hay demora en la atención.

2.4.5. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica que permite asignar prioridades, se organizan los datos de izquierda a derecha en orden descendente de acuerdo con el nivel de influencia que tienen con el problema principal.

El diagrama permite demostrar el principio de Pareto que consta que existen muchos problemas sin importancia y pocos problemas importantes.

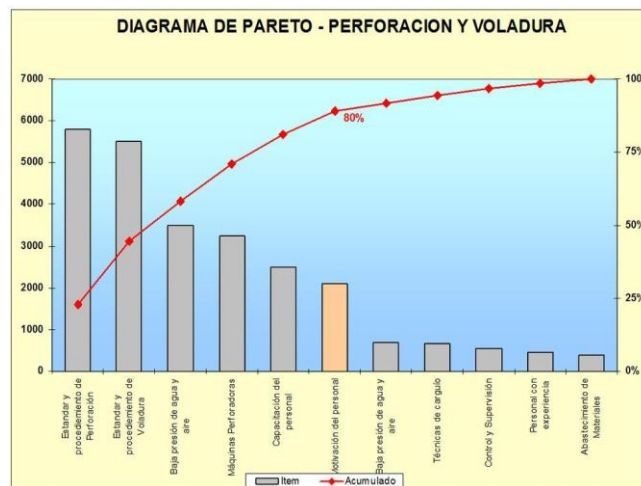


Figura 16. Ejemplo de diagrama de Pareto
Fuente: Studylib

Pareto observó que el 20% de cualquier cosa producirá el 80% de los efectos, mientras que el otro 80% solo dará el 20% de los efectos.



Figura 17. Ley de Pareto
Fuente: Studylib

Para establecer la causa principal se realizó el diagrama de Pareto, las demoras en la operación para dar prioridad a los principales problemas y mejorarlos.

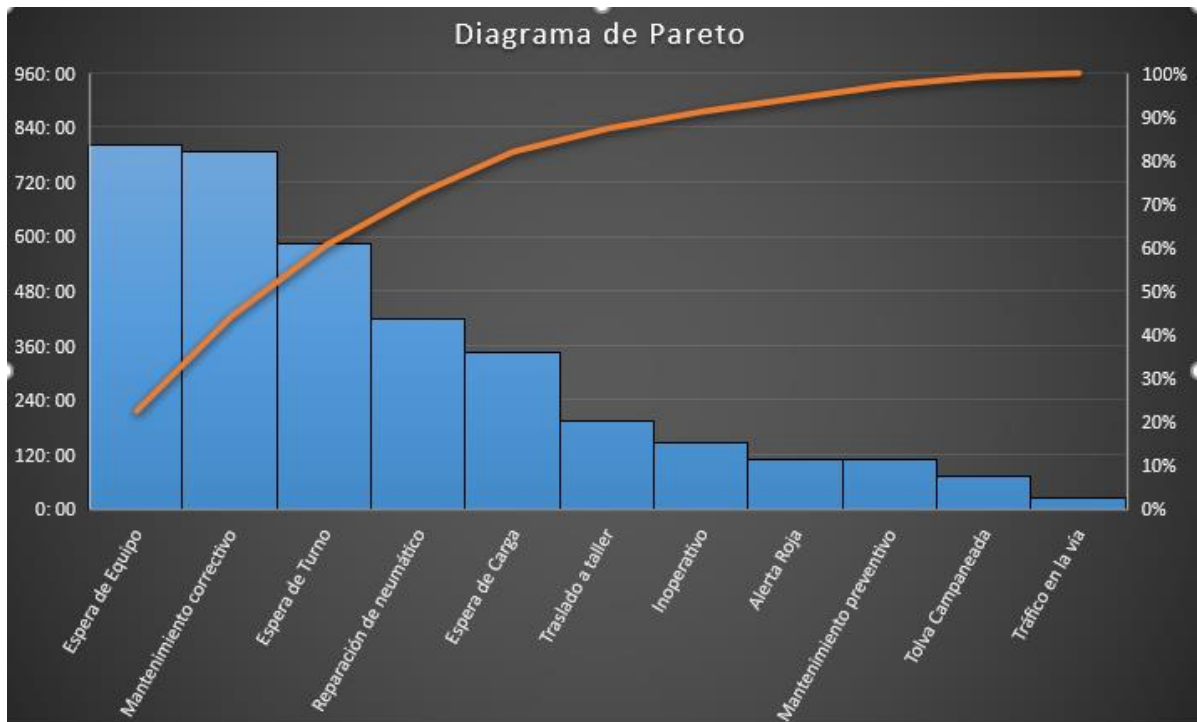


Figura 18. Diagrama de Pareto de demoras operacionales de enero a junio
Fuente: elaboración propia

La Figura 18 muestra el análisis del diagrama de Pareto en un tiempo de seis meses consecutivos donde podemos observar que la alta incidencia de demoras es originada producto de falta o demoras de equipos de carguío (scoops), generando tiempos muertos.

En segundo lugar, podemos ver que las demoras son originadas por problemas mecánicos, relacionados a la disponibilidad mecánica de los equipos.

Por último, la espera de turno generado por los pocos puntos de carguío que son asignados en cada guardia genera colas de los volquetes para que sean cargados.

Con esto se demuestra que la causa principal está relacionada con las condiciones de la operación y problemas mecánicos.

2.4.6. Factores operacionales

Los factores operacionales influyen directamente en la productividad de una operación minera, por lo que se busca darles un control adecuado a estos.

A. Factor operador

El factor operador o también llamado rendimiento del operador influye directamente en la producción de los volquetes (t/guardia), esto vendría a ser la productividad del operador.

En este factor se toman en cuenta distintas características como destreza del operador, experiencia, capacitación continua, estado anímico, ambiente laboral, etc.

B. Factor disponibilidad del equipo

La disponibilidad del equipo o también llamado horas máquina influyen en la producción de un equipo, la producción del equipo se reduce debido a paradas no programadas por mantenimiento correctivo y preventivo.

También se debe de considerar al área de logística, ya que estos brindan repuestos al área de mantenimiento. Una respuesta rápida del pedido de repuestos disminuye el tiempo empleado para el mantenimiento.

C. Factor eficiencia operativa

Para tener una buena productividad se debe tener en cuenta los siguientes aspectos como el tráfico en la vía, terreno en mal estado por falta de mantenimiento, tolva campaneada, pocos equipos de carga (*scoops*).

2.4.7. Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias continuas en minería

En la industria minera los procesos y resultados son cuantificables y con estos resultados se obtiene una descripción cualitativa, como principal característica están los datos aleatorios, lo cual indica que tienen una distribución probabilística conocida.

Los experimentos aleatorios generan datos que nos permiten tomar decisiones para tener un mayor control de cada factor a estudiar.

A. Distribución Gamma

La distribución Gamma se utiliza para modelar variables que describen el tiempo hasta que se produce x veces un determinado suceso. Es una distribución adecuada para modelar el comportamiento de variables aleatorias continuas con asimetría positiva.

La función de densidad de probabilidad de distribución Gamma se expresa a continuación:

$$\frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (11)$$

Donde:

β = escala de parámetro

α = tamaño de parámetro

$\alpha.\beta$ = media

$\alpha.\beta^2$ = desviación estándar

Este tipo de probabilidad se utiliza en minería para describir el transcurso del tiempo en la que un componente falle y también es utilizado para estudios de confiabilidad.

B. Distribución exponencial

La distribución exponencial es un modelo adecuado para la distribución de probabilidad del tiempo de espera entre dos actividades que sigan el proceso de Poisson.

La función de densidad de probabilidad de distribución exponencial se expresa a continuación:

$$\frac{1}{\theta} e^{-x/\theta} \quad (11)$$

Donde:

θ = escala de parámetro

θ = media

θ = desviación estándar

Este tipo de distribución es utilizada para modelar y realizar un estudio de fallas, disponibilidades, teoría de colas y confiabilidad.

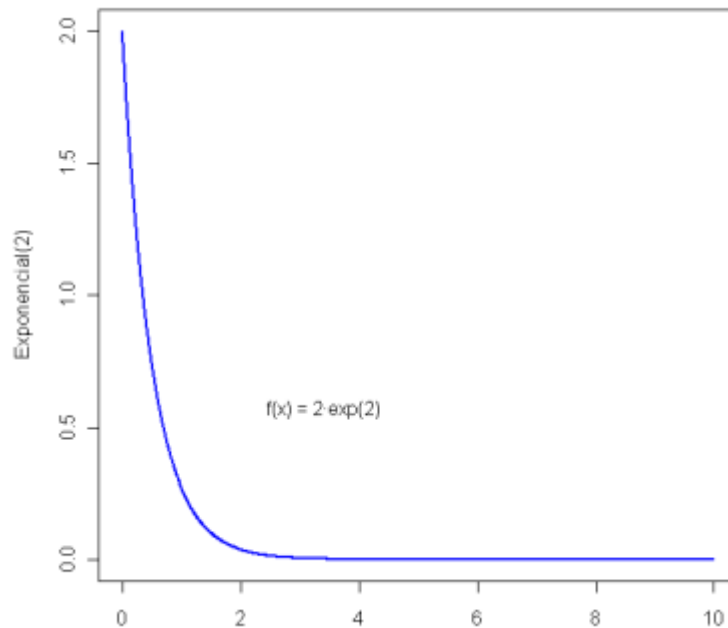


Figura 19. Diagrama de distribución exponencial

Fuente: Statistics for Mining Engineering

C. Distribución T-Student

La distribución de T-Student, también llamada teoría de muestras pequeñas es una distribución de probabilidad que es utilizada para estimar la media de una población normalmente distribuida y esta muestra es pequeña.

La función de densidad de probabilidad de Distribución T-Student se expresa a continuación: (11)

$$\frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)\sqrt{\nu\pi}} * \frac{1}{\left(1 + \frac{x^2}{\nu}\right)^{\frac{(\nu+1)}{2}}}$$

$$-\infty < x < +\infty$$

Donde:

r= distribución Gamma

$v =$ grados de libertad

media= 0

Varianza = $\frac{v}{v-2}$, $v > 2$

Este tipo de distribución es utilizado para el modelamiento de procesos repetitivos como la carga y descarga de los volquetes, generando intervalos de confianza para su control.

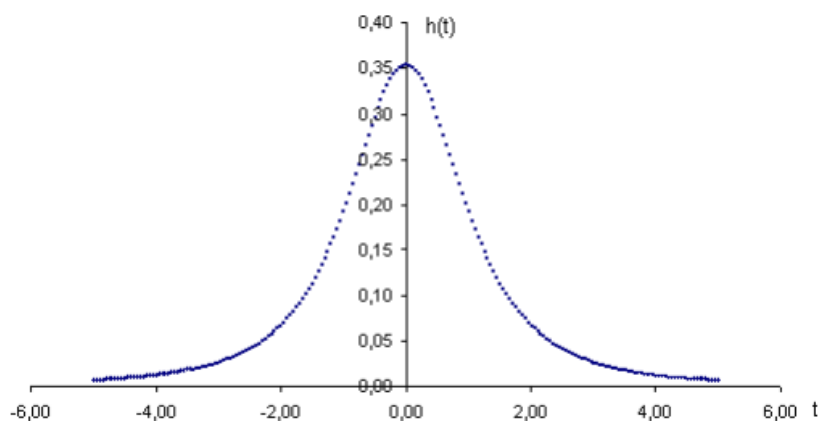


Figura 20. Diagrama de distribución T-Student
Fuente: Statistics for Mining Engineering

2.4.8. Análisis de datos con métodos estadísticos

Para la elaboración de un modelo matemático óptimo es importante realizar un análisis de datos mediante modelos estadísticos. Las etapas de validación de datos son: validación de la aleatoriedad de muestras, identificación y tratamiento de variables atípicas y análisis de secuencia estacionaria de datos.

A. Validación de la aleatoriedad de la muestra

Es importante la validación de la aleatoriedad en una muestra, ya que esto determina que la muestra de datos tomada es representativa. Para que una muestra de datos pueda modelarse matemáticamente mediante un proceso estadístico tiene que ser una muestra aleatoria que presente una distribución de probabilidad específica.

B. Identificación de valores atípicos

La identificación de las variables atípicas garantizará que se pueda realizar un adecuado tratamiento estadístico, por lo tanto, es necesario identificar y analizar los valores atípicos.

Mediante la aplicación de las distribuciones exponencial y T-Student se evalúa si los valores atípicos presentes en la muestra tomada deben ser considerados o no.

- Aplicación de la distribución exponencial:

La función F-Snedecor nos permite detectar la existencia de valores atípicos con la contrastación de la igualdad de varianzas de poblaciones normales.

Para la consideración de la variable atípica debe cumplir con la siguiente condición: (11)

$$(mmnn: mmnn-1) > FF\alpha(2nn, 2(nn-1))$$

El cociente de las medias se compara con el resultado de la evaluación del tamaño de muestra de la función F-Snedecor con un nivel de significancia 0.05.

Si la desigualdad se cumple, el valor atípico debe ser considerado en la distribución.

- Aplicación de la distribución T-Student:

Para la consideración de la variable atípica debe cumplir con la siguiente condición. (11)

$$T_K = \sqrt{\frac{n}{n-1}} \frac{X_k - m_{n-1}}{S_{n-2}}$$
$$S_{n-2} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1, i \neq k}^n (X_i - \bar{x}_{n-1})^2}$$

Donde:

T_K : variable aleatoria para una distribución T-Student

X_k : variable atípica

S_{n-2} : varianza

\bar{x}_{n-1} : media de la muestra sin considerar la variable atípica

Después de realizar los cálculos de la varianza se obtiene el valor de la variable aleatoria para la distribución T-Student, luego se calcula la función T-Student con el tamaño de la muestra y con un nivel de significancia de 0.05.

$$T_K > T_\alpha(n - 2)$$

Luego de calcular los valores estos se comparan, si la desigualdad se cumple entonces tiene que eliminar el valor atípico de la distribución.

C. Prueba de estacionariedad en una secuencia de datos

La prueba de estacionariedad nos permite estimar directamente las relaciones a largo plazo de una secuencia de datos. Para un buen tratamiento de los datos se debe tener en cuenta una buena secuencia de tiempo en un escenario para observar si los datos aumentan o disminuyen dependiendo de la media.

Cuando los valores de una muestra de datos aumentan y disminuyen respecto del promedio se puede decir que es una secuencia no estacionaria, por lo tanto, se debe realizar un proceso estocástico y encontrar la función de distribución de probabilidad. Cuando no existe una relación con el tiempo, podemos decir que la muestra es estacionaria.

Para realizar la prueba de estacionariedad se evalúa el coeficiente de correlación de Spearman, para lo que utilizaremos la siguiente relación: (11)

$$r_s = 1 - \frac{1}{n(n^2 - 1)} 6R_n$$

Donde: (11)

$$R_n = \sum_{i=1}^n (v_i - 1)^2$$

Cuando el coeficiente de correlación de Spearman se encuentra en el intervalo $[-1, 1]$, este coeficiente es normal.

El coeficiente de correlación de Spearman (ρ), puede tomar valores entre el rango de $+1$ a -1 donde:

- $\rho = +1$; significa una perfecta asociación de rango
- $\rho = 0$; significa que no hay asociación de rangos
- $\rho = -1$; significa una perfecta asociación negativa entre los rangos

Una hipótesis estadística que afirma que no existe dependencia de los datos con el tiempo es formulada $H_0 : \rho = 0$, por otro lado, cuando existe dependencia de los valores de una variable con el tiempo la hipótesis formulada es $H_1: \rho \neq 0$.

$$|r_s| \geq r_s(a, n)$$

Donde:

$r_s(a, n)$: valor crítico

Si el valor crítico calculado con un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), una muestra de tamaño n , cumple con la desigualdad, la hipótesis H_0 es rechazada.

2.4.9. Relación entre variables aleatorias

Para realizar un control estadístico y calcular la influencia de los factores en la productividad, se tiene que analizar las relaciones entre las variables identificadas, para ello se considera coeficientes de correlación y regresión.

a) Coeficiente de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson es utilizado para variables cuantitativas, es un índice que mide el grado de covariación entre variables relacionadas linealmente.

Para el cálculo de un coeficiente de correlaciones, se utiliza el método de construcción de diagramas de dispersión de las variables aleatorias en un sistema de coordenadas rectangulares X, Y; donde se utiliza (x, y) como puntos para realizar la observación. Si los puntos están ubicados en un lugar donde pueden ser encerrados en una elipse, podemos decir que existe una correlación lineal entre las variables aleatorias.

En minería existen distintos tipos de coeficientes de correlación, tales como:

- Coeficiente de correlación lineal
- Rangos de coeficientes de correlación
- Coeficientes de correlación no lineal
- Coeficientes de correlación parciales
- Coeficientes de correlación múltiple

El más utilizado en la industria minera es el coeficiente de correlación lineal de Pearson. Definida por la siguiente fórmula:

$$\rho = Cov(X, Y) / \sigma(X)\sigma(Y)$$

Donde:

ρ : coeficiente de correlación lineal

$Cov(X, Y)$: covarianza

Está determinada entre el intervalo [-1, +1], cuando existe un incremento del valor de las dos variables el coeficiente se convierte en 1, pero cuando ocurre lo contrario el coeficiente es -1. (11)

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde:

R_{xy} : coeficiente de correlación lineal

Lo importante es saber si el coeficiente es estadísticamente significativo o no. La hipótesis nula H_0 se formula $\rho=0$ (No existe correlación); existen dos formas de verificar la hipótesis nula.

La primera forma es aplicar la fórmula de Student, si $n \geq 3$ la hipótesis es verdad, y se calcula con la siguiente fórmula: (11)

$$t = \frac{R_{xy}}{\sqrt{1 - R_{xy}^2}} \sqrt{n - 2}$$

Se realiza el cálculo del valor crítico t (α , $n - 2$) en la tabla de distribución de Student, si se cumple la siguiente desigualdad: $t > t$ (α , $n - 2$), la hipótesis nula puede ser rechazada.

La otra forma es utilizar los valores críticos de la tabla del coeficiente de correlación de Pearson, teniendo en cuenta que el número de variables aleatorias es $k=2$.

2.4.10. Análisis de regresión

El análisis de regresión involucra el estudio de la relación ente dos variables cuantitativas. Es utilizada para:

- Observar si existe una relación entre dos variables de independencia estadística.
- Calcular la fuerza de la asociación, a través del coeficiente de correlación.
- Observar la forma de la relación. Usando los datos se propondrá un modelo para la relación en el cual se podrá predecir el valor de una variable a partir de la otra.

Para explicar el comportamiento de las variables se necesita ajustar un modelo matemático de la siguiente forma: (11)

$$y = f(x) + \varepsilon$$

Donde:

ε : componente estocástico del modelo, variable aleatoria

X: Variable explicativa o independiente

2.5. Plan de minado UEA Codiciada

La extracción de mineral y desmonte en la operación minera se realiza de forma mecanizada haciendo uso de sistemas de carguío como *scoops* y tolvas.

La compañía minera Argentum tiene tres zonas principales de extracción (Codiciada, Alapampa y Manuelita). En la zona Codiciada, Nv 025 se extrae mineral y desmonte mediante tolvas, y el material acumulado en las principales cámaras de carguío son cargadas por *Scooptram* de 6 yd³.

A. Plan de producción UEA Codiciada

Asimismo, se presenta el plan de producción de la UEA Codiciada que consta de tres estructuras: veta Isabel, veta Rosita y veta Ramal Alianza.

Tabla 6. Plan de producción UEA Codiciada

Estructura	Valores	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Total 2019
Rosita	TMS	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	48000
	Ag g/t	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	% Cu	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	% Pb	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35
	% Zn	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87
	VPTS/t	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Isabel	TMS	5900	5500	5600	5500	5400	6000	6200	5400	6200	6100	6100	6100	70000
	Ag g/t	71	88	76	116	110	111	90	87	93	96	95	92	93.75
	% Cu	1.14	1.64	1.56	1.86	1.78	1.85	2.37	2.11	2.26	3.41	2.02	3.85	2.15
	% Pb	0.39	0.38	0.26	0.29	0.28	0.4	0.26	0.3	0.43	0.37	0.29	0.38	0.34
	% Zn	2.34	2.06	2.02	2.75	2.33	2.12	1.52	2.02	1.98	1.58	2.19	1.77	2.06
	VPTS/t	98	111	103	138	127	126	118	120	127	147	124	158	124.75
Ramal Alianza	TMS	11600	11700	14600	12000	13800	10700	10900	11100	10200	9900	8600	7900	133000
	Ag g/t	113	122	106	103	123	103	89	101	132	154	132	146	118.66667
	% Cu	0.46	0.38	0.43	0.48	0.46	0.41	0.46	0.47	0.4	0.42	0.71	0.69	0.48
	% Pb	0.49	0.49	0.58	0.53	0.51	0.63	0.62	0.67	0.61	0.68	0.6	0.45	0.57
	% Zn	1.87	2.1	2.36	2.22	2.25	2.54	2.47	2.65	2.93	3.58	2.65	1.99	2.47
	VPTS/t	93	98	99	96	104	101	95	104	118	140	121	112	106.75

Fuente: elaboración propia

Para el 2019, se proyectó la explotación de 251,000 tms en la zona Codiciada, que está compuesta de tres estructuras (veta Rosita, veta Isabel y veta Ramal

Alianza). Con un valor promedio de mineral de 125.83 \$/t, con leyes promedias de plata de 97.47 g/t, 0.9% Cu, 1.09% Pb y 3.13% Zn.

B. Programa de avance

A continuación, se presenta el programa de avance de la UEA Codiciada:

Tabla 7. Programa de avance UEA Codiciada

Fase	Zona	Veta	Tipo	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Total 2019	
Preparación	Codiciada	Ana Cecilia	SN	100	140	90	40	30	50	50	51					551	
			ACC	20			30										50
			CH	15	30	15	30										90
			RA				40	40									80
			CAM	20	40												60
		Isabel	SN	30	30	40	140	140	200	260	360	300	200	240	260		2200
			ACC			25		40	30	30	30						155
			OP	15	15	20											50
			CAM	40	20												60
		Millet	SN											120	120	120	360
			ACC														
		Ramal Alianza	SN	180	150	190	140	170	200	220	150	230	180	200	205		2215
			ACC					25	20		40						85
			CH	30	30	30	15	15		15		15					150
			OP	20								20					40
		Rosita	CAM	20	20	20	20		15	15	15						125
SN	25		55	60											140		
ACC				60	90	60	60	15							285		
BP			15	15	15	15	15								75		
Desarrollo	Codiciada	Ana Cecilia	RA	15	15	15	15	15	15	15						105	
			SN	125	125	45	25									320	
		Isabel	ACC	40													40
			CH	20													20
			RA	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		300
			CAM	10	20												30
		Millet	ACC												30	30	60
			RA											30	30	30	90
		Ramal Alianza	GA	15	15	15	15				30					40	130
			RA	45	45	75	75	75	125	95	125	105	105	105	100		1075
			RB			100	100	95									295
		Rosita	XC			60	60	60	60								240
			GA	25													25
			RA			30	30	30	15	15	15						135
			RB								50	50					100
																	TOTAL

Fuente: elaboración propia

En la UEA Codiciada, los metros avanzados para labores de preparación (subniveles, accesos, chimeneas, ore *pass* y cámaras) es de 6771 m y para labores de desarrollo (subniveles, rampas, *raise boring*, cruceros, galerías, *bypass* y cámaras) es 2965 m.

2.5.1. Plan de producción

Para la estructura veta Rosita se tiene proyectado la explotación 48000 tms en el año 2019. Con un valor promedio de mineral de 146 \$/t de leyes de plata de 80 g/t, 0.07% Cu, 2.35% Pb y 4.87% Zn.

Tabla 8. Plan de producción veta Rosita

Estructura	Valores	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Total 2019
Rosita	TMS	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	48000
	Ag g/t	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	% Cu	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	% Pb	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35
	% Zn	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87	4.87
	VPTS/t	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146

Fuente: elaboración propia

2.5.2. Ciclo de minado

El método utilizado en la mina Argentum es el *Sub Level Stopping* que consta en dividir el cuerpo mineralizado en sectores propicios para el laboreo y consiste en arrancar el mineral mediante subniveles de explotación efectuando disparos en planos verticales con tiros paralelos, luego de la explotación se queda vacío el caserón.

Para la preparación de este método se contemplan galerías de perforación, galerías base y chimeneas VCR para generar una cara libre.

A. Perforación

La perforación se realiza con tiros largos radial que van desde 15 a 25 m hacia arriba y que abarcan de 40 a 60 m hacia abajo que son tiros DTH, el rendimiento alcanzado es de 40 a 60 metros perforando con máquinas semipesadas y pesadas lo cual aumenta el rendimiento de la perforación.



Figura 21. Operación unitaria de perforación
Fuente: Departamento de Planeamiento

B. Voladura

Los explosivos utilizados son: dinamita 65% x 1 1/2" x 12" y ANFO.

Los accesorios de voladura que se utilizaron son: fulminante antiestático no eléctrico, *pentacord*, mecha rápida y armada de mecha lenta.

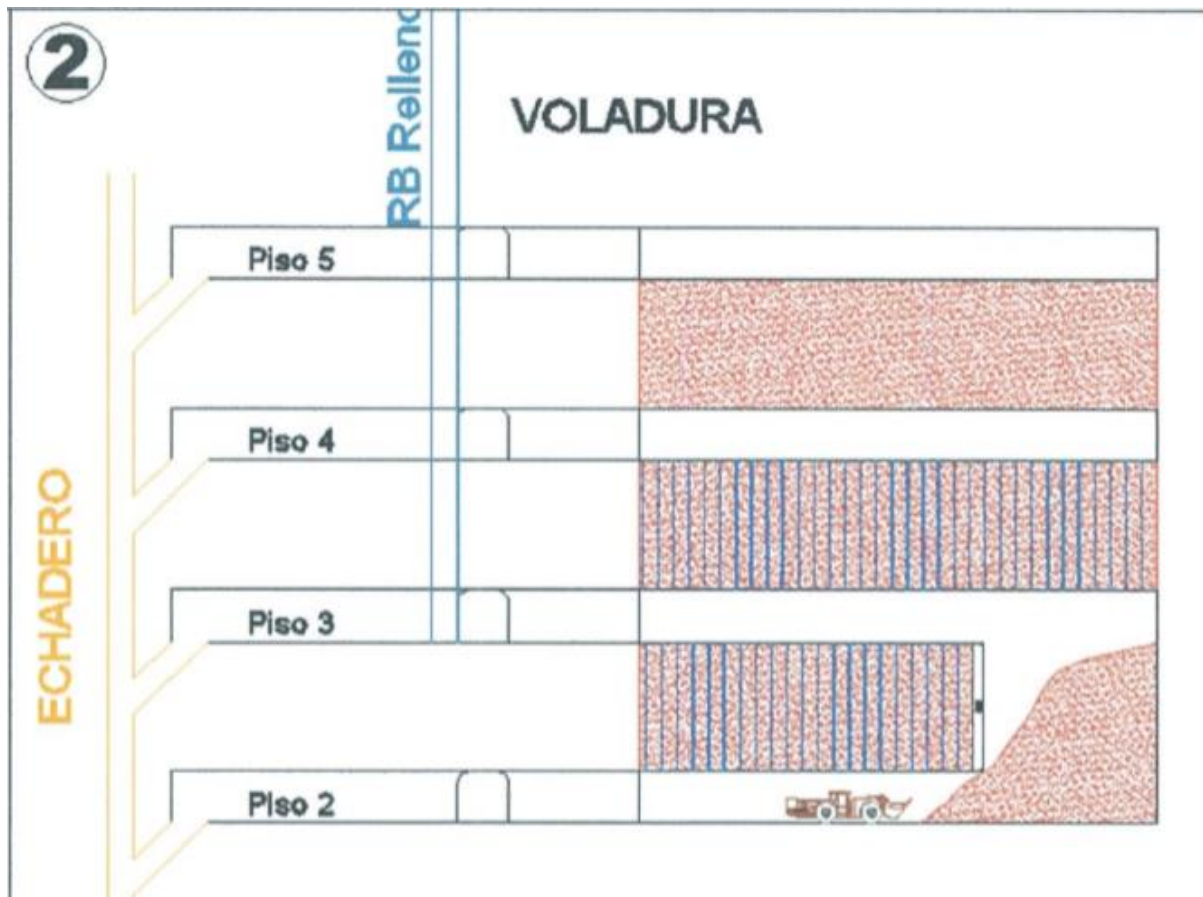


Figura 22. Operación unitaria voladura
Fuente: Departamento de Planeamiento

C. Limpieza

- Para la limpieza se debe contar con refugios para la ubicación del operador de *scoop* a control remoto.
- Se debe contar con iluminación por el subnivel inferior y superior.
- El *scoop* a control remoto debe tener una capacidad de cuchara 0.75, 2.2 o 4.2 yd³.
- El operador se ubicará en el refugio e iniciará el proceso de limpieza con el control remoto, en su retorno con carga cuando el *scoop* este afuera de la zona de explotación, dejará el control remoto y subirá al *scoop* para maniobrar manualmente hasta el echadero.

D. Relleno

- Primero se colocará un dique con desmote en el subnivel inferior para controlar el relleno dentro del área explotada.

- El relleno se hará en avanzada por el nivel superior, colocando previamente un dique en el borde del tajeo para evitar que el *scoop* entre en la zona explotada.

2.5.3. Descripción del sistema de transporte actual

Actualmente para la UEA Codiciada están asignados 10 volquetes Mercedes Benz de 25 toneladas de capacidad. En el nivel 4025 las principales cámaras de carguío son: Cam 853, Cam 852, Cam 851, Cam 125, Cam 124, Cam 580 y Cam 581. Desde estas cámaras el mineral es llevado a superficie. El material es cargado de tolvas o por *scoops*, luego es transportado mediante un sistema de rampas llegando a la bocamina.

2.5.4. Layout de transporte

El mineral es llevado a la cancha de mineral Ombla que se encuentra del otro lado de la carretera central, ubicado a 6.25 km de la bocamina y el desmonte es llevado a un lugar de acopio llamado Cancha de Preparación de Agregado ubicado a 800 metros de la bocamina.

Los viajes de mineral presentan las siguientes distancias:

Tabla 9. Rutas de viajes de mineral

Origen	Destino	Distancia (km)
Proy. Sierra - NV 025 (CAM 853)	Cancha mineral	10.42
Proy. Sierra - NV 025 (TV 124)	Cancha mineral	10.6
Proy. Sierra - XC 850 (CAM 852)	Cancha mineral	10.55
Proy. Sierra-RP 242 (TV 580) BP113	Cancha mineral	10.44
Proy. Sierra - XC 850 (CAM 850)	Cancha mineral	10.4
Proy. Sierra - NV 025 (CAM 125)	Cancha mineral	10.56
Proy. Sierra-RP 242 (TV 581) BP113	Cancha mineral	10.6

Fuente: elaboración propia

Los viajes de desmonte presentan las siguientes distancias:

Tabla 10. Rutas de viajes de desmonte

Origen	Destino	Distancia
Proy. Sierra - NV 025 (CAM 853)	Cancha de preparación de agregado	4.97
Proy. Sierra - NV 025 (TV 124)	Cancha de preparación de agregado	4.8
Proy. Sierra - XC 850 (CAM 852)	Cancha de preparación de agregado	4.75
Proy. Sierra-RP 242 (TV 580) BP113	Cancha de preparación de agregado	4.6
Proy. Sierra - XC 850 (CAM 851)	Cancha de preparación de agregado	4.6
Proy. Sierra - NV 025 (CAM 125)	Cancha de preparación de agregado	4.76
Proy. Sierra-RP 242 (TV 581) BP113	Cancha de preparación de agregado	4.8

Fuente: elaboración propia

El *layout* de transporte consta de 7 cámaras de carguío (Cam 853, Cam 852, Cam 851, Cam 124, Cam 125, Cam 580, Cam 581) que almacenan tonelajes de mineral y desmonte que son llevados hasta la cancha de mineral.

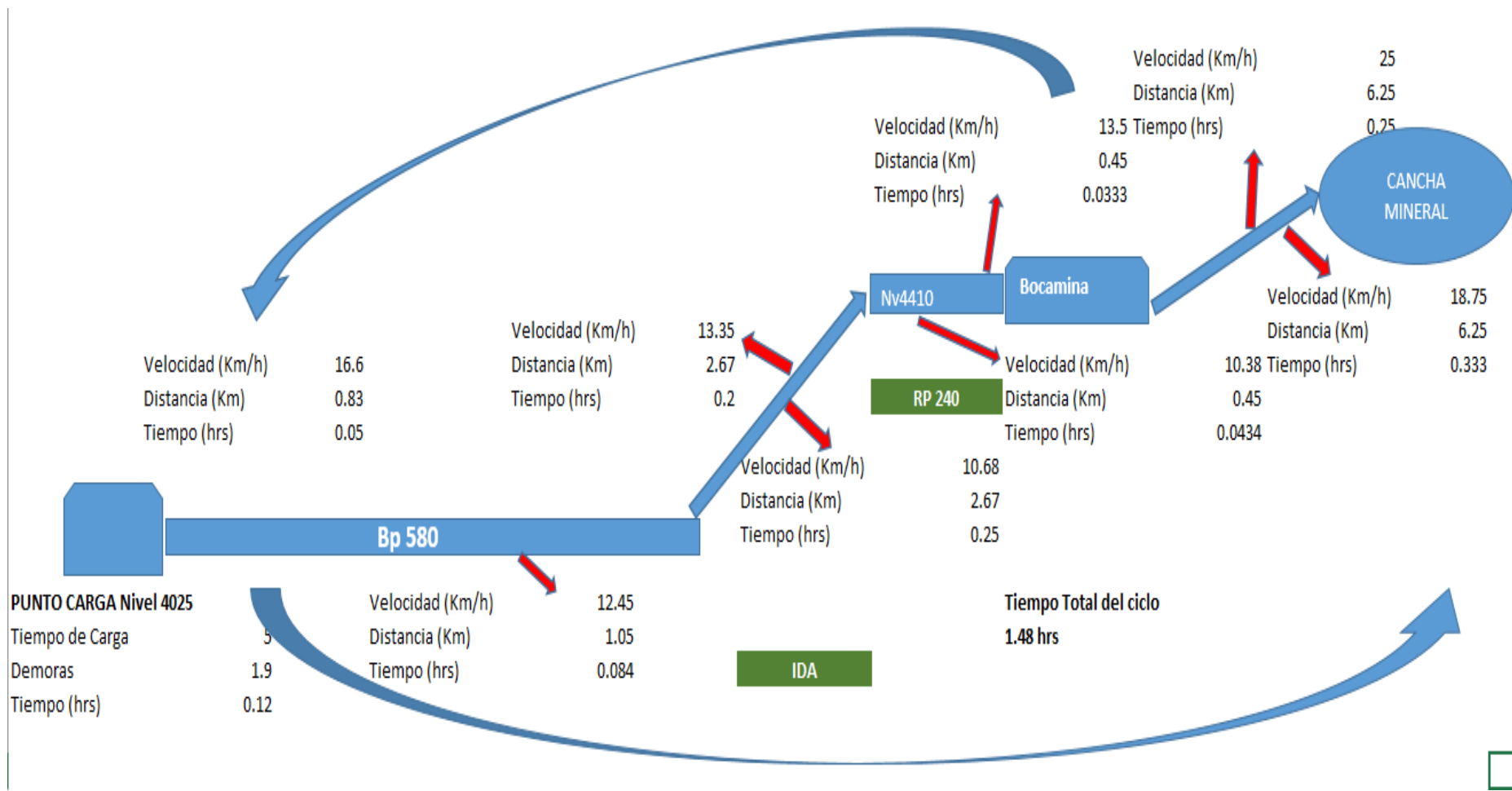


Figura 23. Layout de transporte
Fuente: elaboración propia

La distancia promedio desde las cámaras de carguío hasta la Rp 240 es de 1.05 km con una velocidad con carga de 12.45 km/h y con una velocidad sin carga de 13.35 km/h. La longitud de la Rp 240 es de 2.67 km, donde los volquetes transitan con una velocidad con carga de 10.68 km/h y sin carga de 13.35 km/h. La distancia desde la Rp 240 hasta la bocamina es de 0.45 km, donde los volquetes transitan a una velocidad de 10.38 km/h con carga y sin carga a 13.5 km/h. Desde la bocamina hasta la cancha mineral hay una distancia de 6.25 km donde los volquetes transitan a una velocidad de 18.72 km/h con carga y 25 km/h sin carga.

La distancia promedio desde las cámaras de carguío del nivel 4025 de la zona Codiciada hasta la cancha mineral Ombla es de 10.2 km y el tiempo promedio del ciclo de transporte es de 1.48 horas.

2.5.5. Descripción de unidades actuales

Se cuenta con una flota de 10 volquetes Mercedes Benz Actros 3344 K que cuenta con las siguientes características:

Tabla 11. Características de los volquetes

Categoría	N3
Color	Amarillo
Motor	541946C1009699
Combustible	Diesel
Form. rodante	6 X 4
Serie	WD3KHAAA2J0152775
Año de fabricación	2017
Año modelo	2018
Versión	Alemania
Ejes	3
Asientos	2
Pasajeros	1
Ruedas	10
Cilindros	6
Cilindrada	11.946
P. bruto	41
P. neto	14.432
Carga útil	26.568
Longitud	7.8
Altura	2.9
Ancho	2.6

Fuente: elaboración propia

2.5.6. Tonelaje transportado

Los volquetes asignados a la zona Codiciada transportan hasta media guardia desmote y luego transportan mineral hasta finalizar la guardia.

Los tonelajes de desmote removidos desde enero hasta junio del 2019 son los siguientes:

Tabla 12. Tonelaje transportado de desmote

Tonelaje Desmote										
	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35
ENERO	7085.09	6137.40	6725.97	5553.31	5619.41	6812.31	6115.19	5529.54	5879.45	5512.38
FEBRERO	5015.72	5916.81	5620.67	4836.23	4749.41	6017.89	5907.48	5137.27	5439.49	3927.53
MARZO	4725.38	4430.22	5373.08	3851.67	5070.59	3972.93	4578.99	3464.70	4406.71	4404.20
ABRIL	5083.62	5214.04	4973.34	5016.87	5313.98	6296.82	5392.08	4980.06	5257.05	4316.21
MAYO	4470.80	3717.46	6018.45	4114.91	5232.61	2922.18	5308.41	4553.35	3253.16	5517.00
JUNIO	4843.05	3928.96	6331.69	3400.91	4861.12	6718.64	5614.14	3998.62	4056.42	4628.72

Fuente: elaboración propia

El tonelaje promedio removido por mes es de 5052 toneladas y en promedio son 7 viajes por día. La variación de tonelajes por equipo se muestra en el siguiente gráfico:

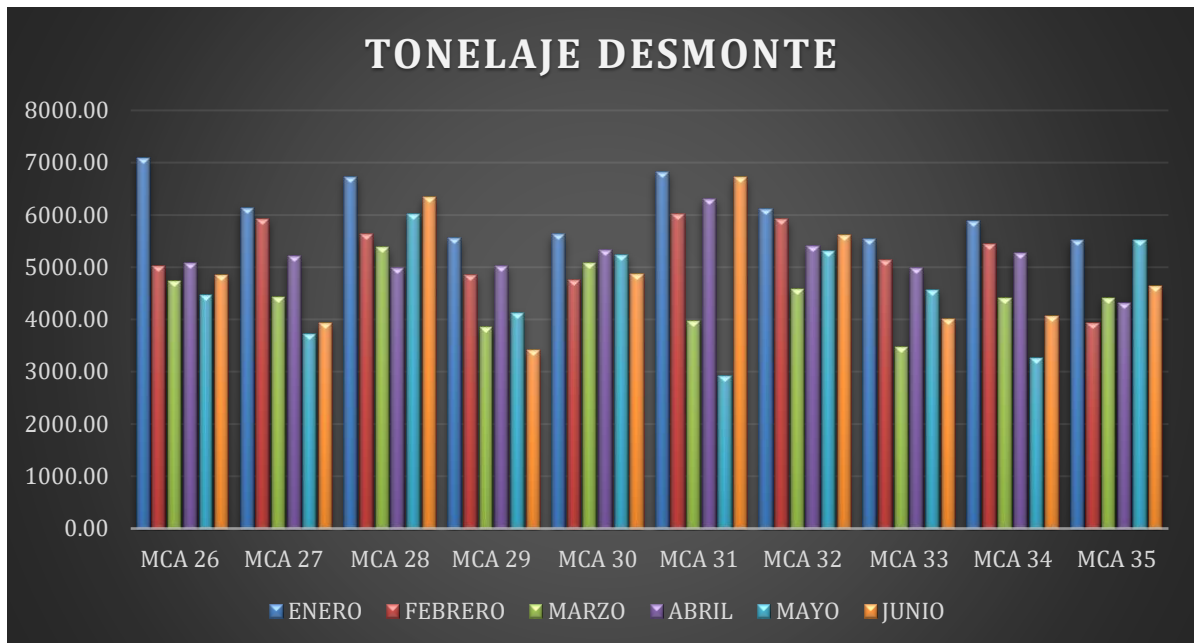


Figura 24. Gráfico de tonelaje de desmonte

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en el gráfico, los tonelajes removidos en el mes de mayo son los más bajos de este semestre y el mejor mes es enero en donde se alcanzaron los picos más altos de producción.

Los tonelajes de mineral removidos desde enero hasta junio del 2019 son los siguientes:

Tabla 13. Tonelaje transportado de mineral

Tonelaje Mineral										
	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35
ENERO	3699.03	4469.20	4643.77	4307.95	3544.16	4320.79	3862.91	4368.11	4343.66	4099.06
FEBRERO	2977.66	5442.89	5703.83	5077.04	4510.93	5249.64	4992.05	5840.38	5305.55	3157.05
MARZO	4557.27	4591.88	3935.46	4362.87	4262.44	3869.06	3994.19	3777.79	4479.95	5010.40
ABRIL	4735.50	4276.18	3943.55	4540.10	4467.11	4543.87	4422.11	4629.59	4781.02	4070.58
MAYO	3569.11	4167.63	4429.76	4543.59	4056.81	2607.41	3163.86	3944.46	4023.12	4385.09
JUNIO	3399.13	4352.19	3895.07	5334.76	3649.43	4070.92	2655.13	5120.40	5257.13	4410.37

Fuente: elaboración propia

El tonelaje promedio de mineral removido por mes es de 4303 toneladas y en promedio se realizan 6 viajes de mineral diarios. La variación de tonelajes por equipos se muestra en el siguiente gráfico:

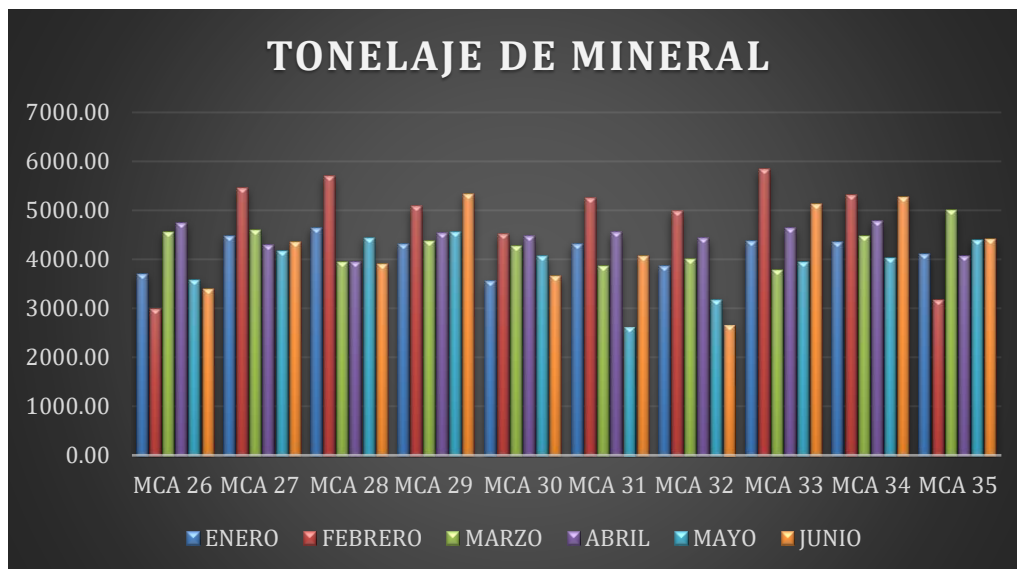


Figura 25. Gráfico de tonelaje de mineral
Fuente: elaboración propia

El mes con los picos más altos de producción fue febrero, por lo contrario, el mes en donde se tuvo la menor producción fue mayo.

2.5.7. Costos unitarios de transporte

Para la estructura de los costos unitarios de transporte se tomaron en cuenta la mano de obra, el costo de volquete y el costo del combustible. En la siguiente tabla se muestran los costos unitarios de cada cámara de carguío de la zona Codiciada nivel 4025:

Tabla 14. Costos unitarios de transporte de mineral

ORIGEN	DESTINO	Distancia vacio	Distancia	Capacidad Real de Carga	Velocidad de Recorrido		TIEMPO TOTAL DE CICLO				COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE				NRO DE VIAJES	PRODUCCION	COSTO UNITARIO	COSTO UNITARIO	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO
					Cargado	Vacio	Tiempo Perdida de Operación	Tiempo cargado	Tiempo vacio	TIEMPO TOTAL	Mano de Obra	Volquete	Combustible	TOTAL						
PROY.S. -RP 242 (CAM 852) BP113	CANCHA MINERAL	10670	10670	25.004	250.000	333.333	13.500	42.680	32.010	88.190	0.000	349.600	56.060	405.660	5.443	136.090	2.981	0.279	0.922	9.837
PROY.S. -RP 242 (TV 581)	CANCHA MINERAL	10600	10600	25.004	250.000	333.333	13.500	42.400	31.800	87.700	0.000	349.600	56.060	405.660	5.473	136.850	2.964	0.280	0.923	9.782
PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA MINERAL	10440	10440	25.004	250.000	333.333	13.500	41.760	31.320	86.580	0.000	349.600	56.060	405.660	5.544	138.621	2.926	0.280	0.925	9.657
PROY.S. - NV 025 (CAM 853)	CANCHA MINERAL	10770	10770	25.004	250.000	333.333	13.500	43.080	32.310	88.890	0.000	349.600	56.060	405.660	5.400	135.018	3.004	0.279	0.921	9.915
PROY.SIERRA - NV 025 (TV 124)	CANCHA MINERAL	10600	10600	25.004	250.000	333.333	13.500	42.400	31.800	87.700	0.000	349.600	56.060	405.660	5.473	136.850	2.964	0.280	0.923	9.782
PROY.SIERRA - RP 202 (CAM 851)	CANCHA MINERAL	10550	10550	25.004	250.000	333.333	13.500	42.200	31.650	87.350	0.000	349.600	56.060	405.660	5.495	137.399	2.952	0.280	0.924	9.743
PROY.SIERRA-RP S- (CAM 125)	CANCHA MINERAL	10560	10560	25.004	250.000	333.333	13.500	42.240	31.680	87.420	0.000	349.600	56.060	405.660	5.491	137.289	2.955	0.280	0.923	9.751

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Costos unitarios de transporte de desmante

ORIGEN	DESTINO	Distancia vacio	Distancia	Capacidad Real de	Velocidad de Recorrido		TIEMPO TOTAL DE CICLO				COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE				NRO DE VIAJES	PRODUCION	COSTO UNITARIO	COSTO UNITARIO	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO		
					m	ton	Cargado	Vacío	Tiempo Perdida de Operación	Tiempo cargado	Tiempo vacío	TIEMPO TOTAL	Mano de Obra	Volquete							Combustible	TOTAL
PROY.S. -RP 242 (CAM 852) Bf	CANCHA DE PREPARACIÓN DE AGREGADO	4750	4,750.00	25.00	250.00	333.33	13.50	19.00	14.25	46.75	0.00	349.60	56.06	405.66	10.27	256.72	1.58	0.333	1.098	5.214		
PROY.S. -RP 242 (TV 581)	CANCHA DE PREPARACIÓN DE AGREGADO	4800	4,800.00	25.00	250.00	333.33	13.50	19.20	14.40	47.10	0.00	349.60	56.06	405.66	10.19	254.81	1.59	0.332	1.094	5.254		
PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA DE PREPARACIÓN DE AGREGADO	4600	4,600.00	25.00	250.00	333.33	13.50	18.40	13.80	45.70	0.00	349.60	56.06	405.66	10.50	262.62	1.54	0.336	1.108	5.097		
PROY.S. - NV 025 (CAM 853)	CANCHA DE PREPARACIÓN DE AGREGADO	4970	4,970.00	25.00	250.00	333.33	13.50	19.88	14.91	48.29	0.00	349.60	56.06	405.66	9.94	248.54	1.63	0.328	1.084	5.386		
PROY SIERRA - NV 025 (TV 124)	CANCHA DE PREPARACIÓN DE AGREGADO	4800	4,800.00	25.00	250.00	333.33	13.50	19.20	14.40	47.10	0.00	349.60	56.06	405.66	10.19	254.81	1.59	0.332	1.094	5.254		
PROY SIERRA - RP 202 (CAM 851)	CANCHA DE PREPARACIÓN DE AGREGADO	4600	4,600.00	25.00	250.00	333.33	13.50	18.40	13.80	45.70	0.00	349.60	56.06	405.66	10.50	262.62	1.54	0.336	1.108	5.097		
PROY SIERRA-RP S- (CAM 125)	CANCHA DE PREPARACIÓN DE AGREGADO	4760	4,760.00	25.00	250.00	333.33	13.50	19.04	14.28	46.82	0.00	349.60	56.06	405.66	10.25	256.34	1.58	0.332	1.097	5.222		

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en el cuadro el costo total de transporte está comprendido con el costo de combustible que es de 56.06 dólares americanos y el costo del volquete que es de 346.6 dólares americanos haciendo un total de 405.66 dólares americanos.

A mientras más larga sea la ruta, mayor es el precio valorizado por viaje. La ruta más larga es desde la Cam 853 hasta la cancha mineral.

2.5.8. Tiempos efectivos de transporte

Para el cálculo del tiempo efectivo de cada unidad se calculó el tiempo perdido que está comprendido en: tiempo no programado, tiempo de mantenimiento no programado, tiempo de mantenimiento, tiempo de reserva y tiempo de pérdidas operacionales.

$$\text{Tiempo efectivo} = 20 \text{ h} - \text{Tiempo perdido}$$

Asimismo, se presenta la tabla con los tiempos efectivos de cada unidad:

Tabla 16. Tiempos efectivos de transporte

	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35
ENERO	424.82	426.87	460.95	438.3	397.45	397.77	415.78	430.83	434.47	435.33
FEBRERO	461.45	457.72	476.9	451.72	407.88	436.75	441.68	437.7	428.22	461.77
MARZO	435.28	426.13	473.65	437.32	402.87	411.72	415.07	434.85	429.53	439.87
ABRIL	413.92	432.53	479.63	432.42	413.57	430.53	420.93	418.99	425.27	450.5
MAYO	407.23	403.82	474.12	400	405.5	424.85	438.87	415.97	421.17	441.7
JUNIO	396.77	401.47	447.85	408.51	407.58	399.25	410.25	435.13	421.8	429.44

Fuente: elaboración propia

Como tiempo promedio efectivo tenemos 429 horas mensuales que representan 7.15 horas por guardia de cada unidad.

2.5.9. Valorización del sistema de transporte

La valorización mensual proyectada es de 250,000 dólares americanos, pero la valorización promedio alcanzada es de 198,279 dólares americanos, habiendo una diferencia de 51,721 dólares americanos. Razón por la cual se busca la mejora de la productividad de las unidades de transporte.

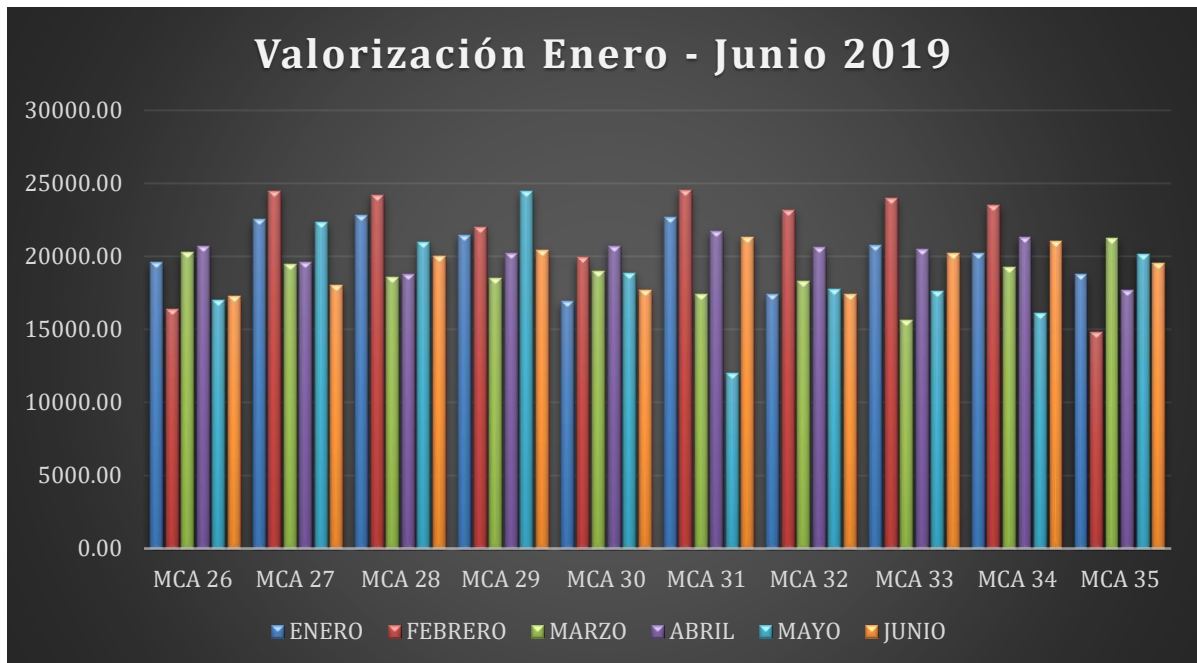


Figura 26. Valorización enero – junio 2019
Fuente: elaboración propia

En el gráfico se puede apreciar que el pico más alto de valorización se obtuvo en el mes de febrero y por lo contrario en el mes de mayo se obtuvo la menor valorización.

La unidad que más valorizó en el semestre del estudio fue MCA-29 con un promedio de 21,169 dólares americanos mensuales y la unidad que menos valorizó fue MCA-26 con un promedio de 18,548 dólares americanos mensuales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

En la presente investigación se predomina lo cuantitativo, como toma de tiempos de los ciclos de transporte por volquete, utilización mecánica, disponibilidad mecánica, capacidad de carga y tiempos de carguío. Estos datos fueron tomados en campo que fueron procesados en gabinete. (12)

Los datos tomados en campo son los siguientes:

- Kilometraje del volquete
- Horómetro del volquete
- Nivel de combustible (inicio y fin)
- Combustible abastecido
- Demoras por tráfico en la vía
- Espera de turno
- Espera de equipo de carguío
- Espera por tolva campaneada
- Tiempo inoperativo
- Tiempo de traslado al taller mecánico
- Tiempo de mantenimiento correctivo
- Tiempo de mantenimiento preventivo
- Demora por abastecimiento de combustible
- Toneladas movidas

- Rendimiento del operador
- Demora por alerta roja

3.1.1. Método de la investigación

La presente investigación es aplicada a un nivel explicativo, logrando la reducción de los ciclos de transporte de los volquetes obteniendo la mejora de la productividad en el nivel 4025 zona Codiciada. El método desarrollado es inductivo-deductivo, ya que primero analizamos los principales factores operacionales que afectan en la productividad para luego interpretarlas y obtener el modelo matemático que optimizará los ciclos de transporte. (12)

A-Método general:

El método utilizado en la investigación es inductivo-deductivo. Este método se orienta a observar e investigar a detalle los principales factores operacionales para su interpretación. La evaluación de los factores operacionales servirá para determinar el modelo matemático óptimo que mejore la productividad de los volquetes. (12)

B-Métodos específicos

- **Recopilación de informes anteriores:** para poder entender el funcionamiento de los ciclos de transporte en la unidad minera Argentum, se recopiló informes y reportes anteriores del área de costos.
- **Trabajo de campo:** el trabajo de campo se realizó para la toma de tiempos de los ciclos de transporte de los volquetes, distancias de los puntos de carguío a las zonas de descargue y toma de tiempos de carguío.
- **Trabajo de gabinete:** se realizará un procesamiento estadístico a los datos obtenidos en campo.
- **Resultados:** luego del procesamiento estadístico de los datos se realizará la evaluación e interpretación de los resultados.

3.1.2. Alcances de la investigación

a) Tipo de investigación

Los tipos de investigación utilizadas en la investigación son descriptiva, aplicada e investigación en campo. (12)

- **Descriptiva:** la investigación es un estudio descriptivo, se recolecta datos sobre la base de la teoría de Asarco que permite identificar la disponibilidad de los equipos para optimizar la productividad en el transporte de mineral y desmonte.
- **Aplicada:** la investigación tiene como objetivo solucionar el problema de la baja productividad de los volquetes. En primer lugar, se realizó una descripción sistemática de las operaciones, luego los datos obtenidos fueron procesados bajo la teoría de Asarco. Finalmente, los resultados obtenidos se evaluaron y se propusieron acciones de mejora.
- **Investigación de campo:** se realizó la toma de tiempos en los puntos de carguío y lugares donde ocurren los principales acontecimientos.

b) Nivel

El nivel de la investigación desarrollado es de tipo explicativo, se busca obtener un modelo matemático que mejore la productividad.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es descriptivo, en el presente trabajo se describe los problemas que tiene la compañía minera Argentum con respecto a la baja productividad de los volquetes encargados del transporte de desmonte y mineral. La toma de datos se realizará en 6 meses y luego serán tratados estadísticamente para analizar los resultados y encontrar una solución. (12)

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población pertenece a los operadores de volquete que trabajan en la compañía minera Argentum. (12)

3.3.2. Muestra

Se tomó muestra de 10 volquetes Mercedes Benz Actros 3344K (trabajan 12 horas en 2 guardias por día) que operan en interior de mina y superficie por un periodo de 6 meses. (12)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

A continuación, se presentan los resultados de la investigación, realizando el análisis técnico y económico aplicado en la veta Rosita, zona Codiciada Nv 4025 de la compañía minera Argentum durante el periodo de enero a junio del 2019.

4.1.1 Análisis de tiempos

En base a la información procesada, para el cálculo del tiempo perdido se utilizó el método de Asarco, se consideró como tiempo perdido a las siguientes actividades: tiempo de mantenimiento no programado, tiempo de mantenimiento programado, tiempo de reserva, tiempo no programado y tiempo de pérdidas operacionales.

Tabla 17. Resumen de tiempos efectivos

	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35	Total de horas
ENERO	424.82	426.87	460.95	438.3	397.45	397.77	415.78	430.83	434.47	435.33	4262.57
FEBRERO	461.45	457.72	476.9	451.72	407.88	436.75	441.68	437.7	428.22	461.77	4461.79
MARZO	435.28	426.13	473.65	437.32	402.87	411.72	415.07	434.85	429.53	439.87	4306.29
ABRIL	413.92	432.53	479.63	432.42	413.57	430.53	420.93	418.99	425.27	450.5	4318.29
MAYO	407.23	403.82	474.12	400	405.5	424.85	438.87	415.97	421.17	441.7	4233.23
JUNIO	396.77	401.47	447.85	408.51	407.58	399.25	410.25	435.13	421.8	429.44	4158.05
Promedio	423.245	424.756667	468.85	428.045	405.808333	416.811667	423.763333	428.911667	426.743333	443.101667	4290.03667

Fuente: elaboración propia

A. Análisis e interpretación de resultados

- El tiempo efectivo promedio por unidad es de 7.15 horas por guardia, siendo el tiempo perdido 2.85 horas por guardia que representa 10259.78 horas al mes. Esto representa una pérdida de 507,346.121 dólares americanos.
- El mayor tiempo perdido es originado por pérdidas operacionales con 751.17 horas mensuales, originado por las condiciones operacionales de la mina como la disponibilidad de los equipos de carguío y el campaneo de las tolvas, creando colas de espera y tiempos muertos de los volquetes.
- En segundo lugar, el tiempo perdido originado por el mantenimiento no programado con 230.69 horas mensuales, esto es originado por no existir un plan de mantenimiento para los volquetes y la poca experiencia de los mecánicos.
- Las demoras operativas, la falta de respuesta inmediata del área de mantenimiento y logística de la empresa contratista son la causa principal que influyen directamente con la productividad de los volquetes, por lo tanto, se ve afectado de manera considerable la disponibilidad y utilización de estos equipos.
- En los primeros tres meses del estudio, la empresa contratista estaba valorizando en promedio US\$ 202,547.27, pero en los siguientes tres meses del estudio su valorización bajo a US\$ 194,011, esto originado principalmente al desgaste de los equipos y esto conlleva a que estén más tiempo en mantenimiento.

B. Análisis de disponibilidad

Disponibilidad mecánica

Tabla 18. *Disponibilidad mecánica*

	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35	PROMEDIO MENSUAL
ENERO	98.58%	97.96%	97.00%	97.22%	96.42%	97.00%	97.50%	96.50%	97.67%	96.53%	97.24%
FEBRERO	97.12%	97.90%	95.92%	95.35%	95.20%	97.28%	95.02%	93.87%	95.15%	97.67%	96.05%
MARZO	96.28%	97.75%	97.25%	96.87%	96.33%	95.62%	95.75%	93.65%	97.28%	97.28%	96.41%
ABRIL	95.85%	96.25%	97.03%	96.02%	97.08%	97.66%	96.08%	94.32%	95.67%	98.42%	96.44%
MAYO	94.50%	95.78%	96.95%	94.41%	95.58%	95.95%	96.68%	92.62%	96.85%	97.53%	95.69%
JUNIO	88.25%	92.52%	94.20%	92.15%	96.26%	93.90%	92.51%	93.83%	94.68%	95.20%	93.35%
Promedio	95.10%	96.36%	96.39%	95.34%	96.15%	96.23%	95.59%	94.13%	96.22%	97.11%	95.86%

Fuente: *elaboración propia*

- La disponibilidad mecánica promedio es de 95.86%, el equipo que tiene mayor disponibilidad mecánica es la unidad MCA – 35 con 97.11% y el equipo con menor disponibilidad mecánica es la unidad MCA – 33 con 94.13%.

- Los parámetros que intervienen para el cálculo de la disponibilidad mecánica son las horas hábiles y las horas de mantenimiento. Las horas hábiles por términos de contrato son 10 horas por guardia, 600 horas al mes.

Disponibilidad física

Tabla 19. Disponibilidad física

	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35	Total de horas
ENERO	83.76%	83.72%	83.57%	83.66%	83.76%	83.00%	83.71%	83.70%	83.69%	83.59%	83.62%
FEBRERO	83.54%	83.62%	83.45%	83.52%	83.68%	83.70%	83.70%	83.53%	83.39%	82.94%	83.51%
MARZO	83.57%	83.45%	83.52%	83.47%	83.14%	83.45%	83.47%	83.58%	83.43%	83.11%	83.42%
ABRIL	83.66%	83.52%	83.68%	83.45%	83.09%	83.52%	83.53%	83.57%	83.41%	83.00%	83.44%
MAYO	83.76%	83.68%	83.70%	83.50%	82.93%	83.68%	83.58%	83.49%	83.46%	82.94%	83.47%
JUNIO	83.33%	83.48%	83.40%	83.51%	83.70%	83.69%	83.57%	83.33%	83.49%	82.91%	83.44%
Promedio	83.60%	83.58%	83.55%	83.52%	83.38%	83.51%	83.59%	83.53%	83.48%	83.08%	83.48%

Fuente: elaboración propia

- La disponibilidad física promedio es de 83.48%, el que equipo con mayor disponibilidad física es la unidad MCA-26 con 83.6% y el equipo con menor disponibilidad física es la unidad MCA-35 con 83.08%.
- Los parámetros que intervienen para el cálculo de la disponibilidad física son tiempo de mantenimiento, tiempo disponible, tiempo operativo y tiempo de reserva.

C. Análisis con el principio de Pareto

Para hallar la causa principal de la baja productividad se procedió a analizar diagramas de Pareto las demoras en operación para identificar los puntos de mejora. Se analizaron mensualmente las demoras presentes en la operación.

- Diagrama de Pareto enero

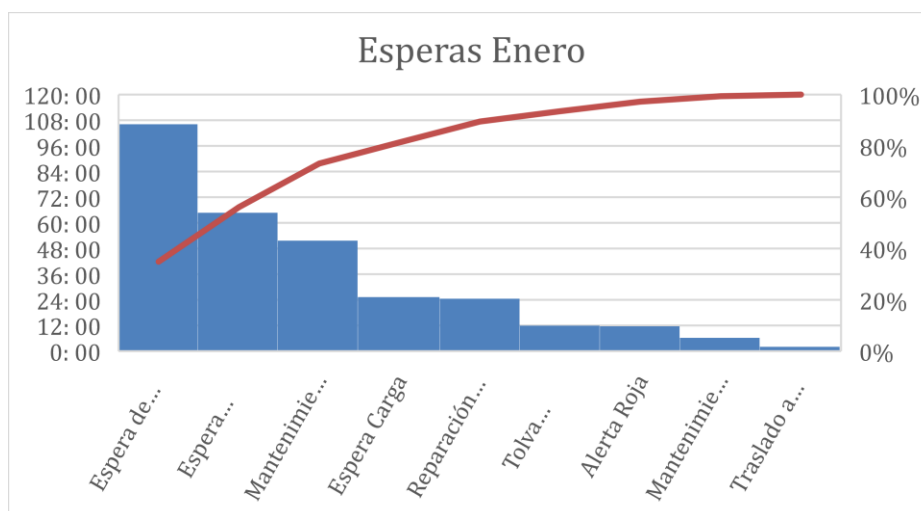


Figura 27. Diagrama de Pareto enero

Fuente: elaboración propia

En la figura se muestra que el principal problema en enero fue la espera de turno para realizar el carguío de material, en segundo lugar, es la espera por falta de equipo de carguío y finalmente el mantenimiento correctivo.

En conclusión, el principal problema de las esperas en el mes de enero es ocasionadas por las condiciones de la operación, principalmente que los *scoops* no se abastecen para cargar en todos los puntos de carguío y para el número de volquetes que tienen que cargar, generando colas y tiempos improductivos.

- **Diagrama de Pareto febrero**

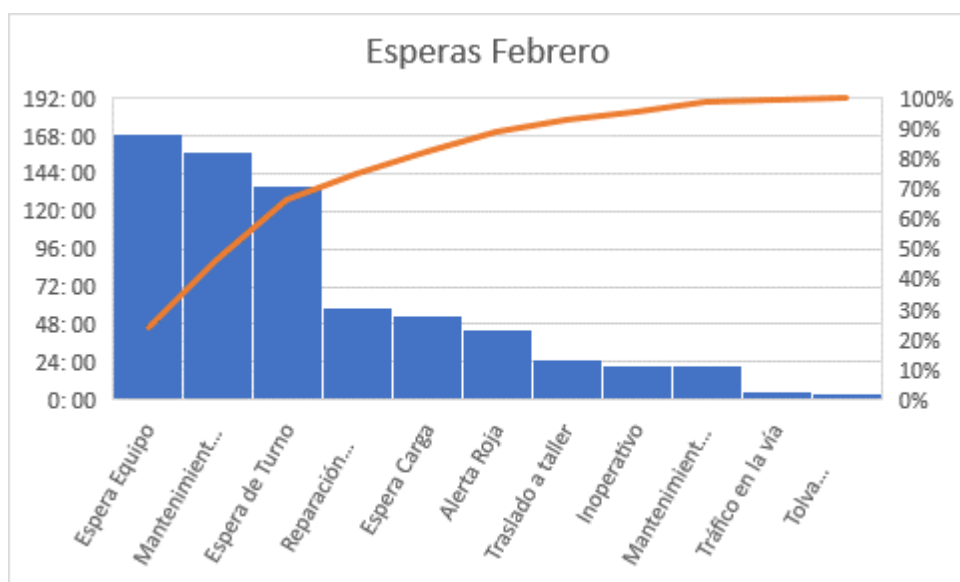


Figura 28. Diagrama de Pareto febrero
Fuente: elaboración propia

En la figura se puede observar que el problema principal es la espera de equipo de carguío, en segundo lugar, se encuentra el mantenimiento correctivo y finalmente la espera de turno.

Las condiciones de la operación son el principal problema de las esperas de los equipos, el mantenimiento correctivo también es uno de los principales problemas presentes en el mes de febrero, esto sucede debido a que no hay un mantenimiento preventivo de los equipos y es por esto por lo que los equipos van seguido al taller.

- **Diagrama de Pareto marzo**

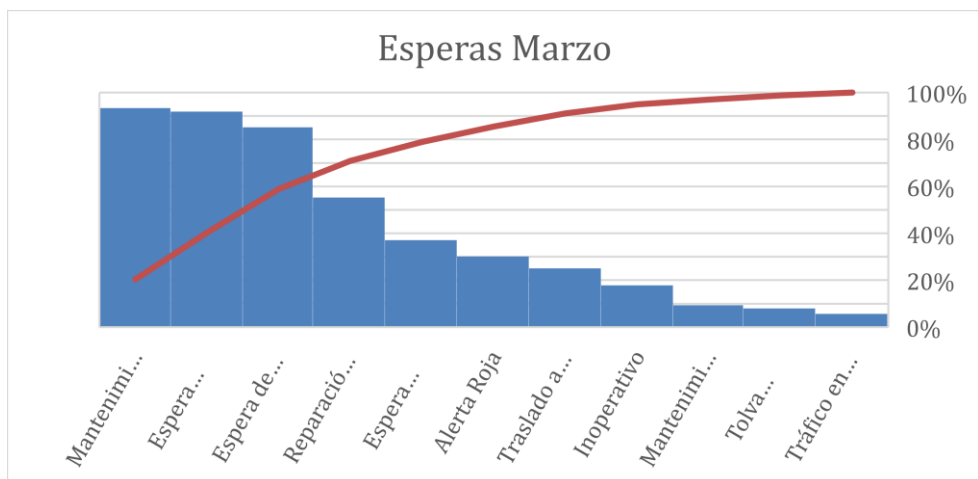


Figura 29. Diagrama de Pareto marzo
Fuente: elaboración propia

En la figura se muestra que el problema principal en el mes de marzo es el mantenimiento correctivo, en segundo lugar, la espera de equipo de carguío y finalmente la espera de turno.

El tiempo improductivo ocasionado por el mantenimiento correctivo es generado por la falta de planeamiento por parte del mantenimiento mecánico, la falta de repuestos y la poca experiencia de los mecánicos.

- **Diagrama de Pareto abril**

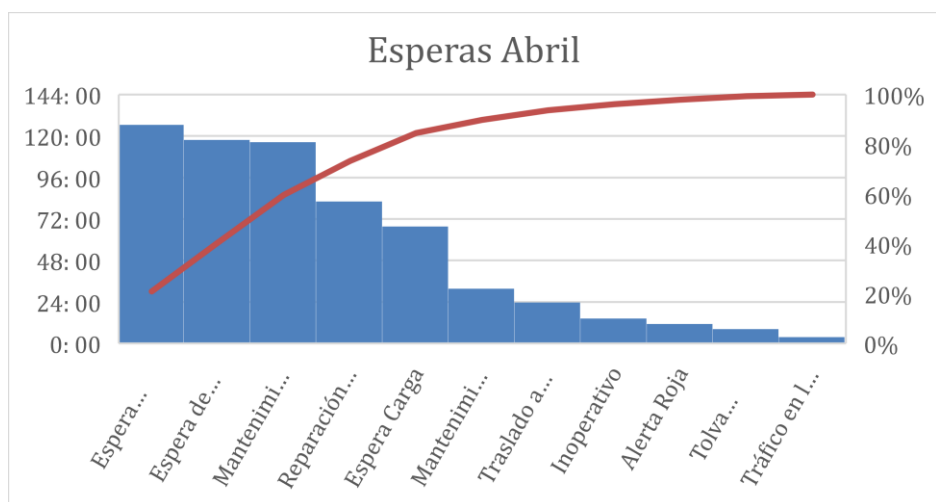


Figura 30. Diagrama de Pareto abril
Fuente: elaboración propia

En la figura se observa que el problema principal es la espera de equipo de carguío, en segundo lugar, está la espera de turno y por último el mantenimiento correctivo.

El número de *scoops* designados para la zona Codiciada no es la óptima, ya que solo trabajan dos *scoops* para todos los puntos de carguío, generando que los volquetes estén parados esperando a ser cargados.

- **Diagrama de Pareto mayo**

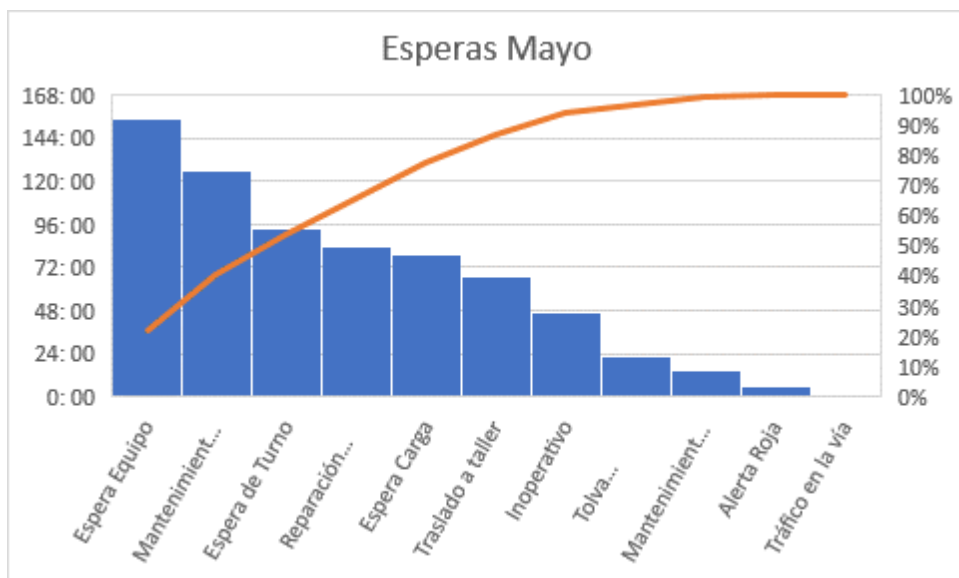


Figura 31. Diagrama de Pareto mayo
Fuente: elaboración propia

En la figura se muestra que los problemas principales en el mes de mayo son la espera de equipo y el mantenimiento correctivo.

En este mes se observa que las demás esperas están casi al mismo nivel que las principales, esperas como: reparación de neumáticos, espera de carga y traslado al taller mecánico.

- **Diagrama de Pareto Junio**

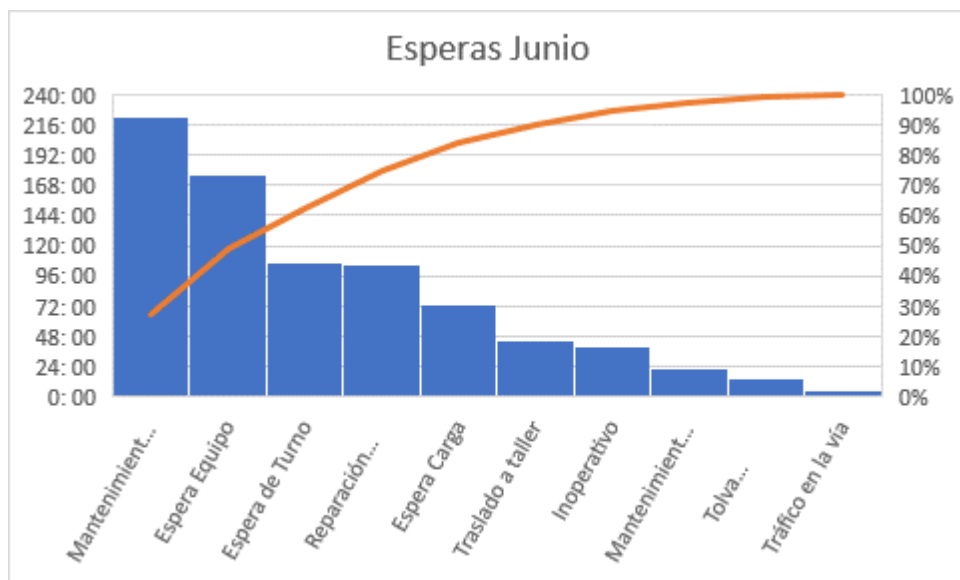


Figura 32. Diagrama de Pareto junio
Fuente: elaboración propia

Se observa que los principales problemas son el mantenimiento correctivo y la espera de equipo.

En conclusión, los principales problemas presentes en estos seis meses del estudio son la espera de equipo de carguío, espera de turno y mantenimiento correctivo. La poca cantidad de *scoops* en toda la zona Codiciada genera tiempos muertos en los volquetes y produce una prolongada cantidad de tiempo de espera. Por otro lado, la disponibilidad mecánica de los equipos es otro problema recurrente y crítico para la productividad de los volquetes. Con ello se demuestra que la baja productividad se relaciona a factores operacionales como el equipo, operador y las condiciones operacionales.

Así mismo se concluye que para plantear una solución es conveniente establecer relaciones de magnitudes de los factores operacionales con la productividad. Esto se resume en establecer funciones matemáticas para saber la influencia exacta en la productividad de los volquetes y realizar proyecciones más acertadas en la producción.

D. Análisis de utilización efectiva

La utilización efectiva de los equipos de transporte está relacionada directamente con la disponibilidad mecánica. Mientras un equipo pase mayor tiempo en el mantenimiento mecánico, este equipo reduce las horas operativas que tiene generando una menor utilización efectiva.

Tabla 20. *Utilización efectiva*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
MCA-26	95%	76%	95%	95%	80%	78%	87%
MCA-27	90%	98%	98%	86%	89%	79%	90%
MCA-28	89%	97%	78%	75%	89%	78%	84%
MCA-29	90%	85%	88%	90%	84%	85%	87%
MCA-30	95%	85%	88%	95%	93%	85%	90%
MCA-31	99%	98%	78%	96%	91%	85%	91%
MCA-32	90%	98%	85%	95%	85%	75%	88%
MCA-33	88%	95%	70%	98%	80%	81%	85%
MCA-34	90%	96%	88%	89%	73%	88%	87%
MCA-35	84%	85%	96%	76%	89%	79%	85%
Promedio mensual	91%	91%	86%	90%	85%	81%	87%

Fuente: *elaboración propia*

- El promedio de la utilización efectiva semestral es de 87%, que en horas significa que el equipo trabaja 8:40 horas de las 10 horas operacionales.
- El mes de junio se obtiene una menor utilización efectiva con un 81%, esto es debido a las condiciones meteorológicas, las intensas lluvias generan que las vías se encuentren en mal estado y esto produce un mayor daño al equipo.
- El equipo con menor utilización efectiva a lo largo del semestre es el MCA-28 con 84%, esto se debe a que el equipo pasa más tiempo en el taller mecánico.

4.1.2. Análisis de distancias de transporte

En la UEA Codiciada nivel 4025, existen 7 cámaras de carguío que son: Cam 853, Cam 852, Cam 851, Tv 124, Cam 125, Tv 580 y Tv 581. Desde las cámaras de carguío el mineral es transportado hacia la cancha de mineral Ombla y el desmonte es transportado a la Cancha de Preparación de Agregado.

Tabla 21. Distancias de la ruta de transporte

ORIGEN	DESTINO	Distancia	COSTO UNITARIO	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO
		m	US\$ / ton - Km	s/. / ton - Km	s/. / ton
PROY.S. -RP 242 (CAM 852) BP113	CANCHA MINERAL	10670	0.279	0.922	9.837
PROY.S. -RP 242 (TV 581)	CANCHA MINERAL	10600	0.280	0.923	9.782
PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA MINERAL	10440	0.280	0.925	9.657
PROY S. - NV 025 (CAM 853)	CANCHA MINERAL	10770	0.279	0.921	9.915
PROY SIERRA - NV 025 (TV 124)	CANCHA MINERAL	10600	0.280	0.923	9.782
PROY SIERRA - RP 202 (CAM 851)	CANCHA MINERAL	10550	0.280	0.924	9.743
PROY SIERRA-RP S- (CAM 125)	CANCHA MINERAL	10560	0.280	0.923	9.751
PROY.S. -RP 242 (CAM 852) BP113	CANCHA PREPARACIÓN AGREGADO	4750	0.333	1.098	5.214
PROY.S. -RP 242 (TV 581)	CANCHA PREPARACIÓN AGREGADO	4800	0.332	1.094	5.254
PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA PREPARACIÓN AGREGADO	4600	0.336	1.108	5.097
PROY S. - NV 025 (CAM 853)	CANCHA PREPARACIÓN AGREGADO	4970	0.328	1.084	5.386
PROY SIERRA - NV 025 (TV 124)	CANCHA PREPARACIÓN AGREGADO	4800	0.332	1.094	5.254
PROY SIERRA - RP 202 (CAM 851)	CANCHA PREPARACIÓN AGREGADO	4600	0.336	1.108	5.097
PROY SIERRA-RP S- (CAM 125)	CANCHA PREPARACIÓN AGREGADO	4760	0.332	1.097	5.222

Fuente: elaboración propia

A. Análisis e interpretación de resultados

- El precio unitario de la ruta es directamente proporcional a la distancia, moviendo material de cámaras más lejanas se generaría una mejora en la valorización mensual.
- La cámara 853 es la que está ubicada a mayor distancia de la cancha mineral, por lo tanto, es la cámara que tiene mayor precio unitario por viaje.
- La distancia recorrida por los volquetes también genera un desgaste en los componentes de los volquetes, estos componentes tienen un comportamiento cíclico, eso quiere decir que a mayor tiempo de desgaste mayor será el tiempo de mantenimiento. A mientras más se profundicen las labores, mayor será el desgaste ocasionado en los volquetes.

4.1.3. Análisis de velocidades

En la UEA Codiciada nivel 4025, en interior de mina la velocidad máxima del volquete cargado es 15 km/h y descargado es de 20 km/h.

Tabla 22. Velocidades de equipos

	MCA-26	MCA-27	MCA-28	MCA-29	MCA-30	MCA-31	MCA-32	MCA-33	MCA-34	MCA-35	PROMEDIO MENSUAL
ENERO	13.500	15.560	18.100	16.500	14.210	13.150	14.010	16.800	13.500	16.330	15.166
FEBRERO	13.800	15.370	17.350	17.230	14.010	13.200	13.950	16.560	13.750	16.230	15.145
MARZO	14.150	15.400	17.540	17.170	13.900	13.450	14.250	16.740	13.630	16.300	15.253
ABRIL	14.020	15.440	17.170	16.850	13.800	13.300	13.830	15.900	13.400	15.980	14.969
MAYO	13.750	15.280	17.600	16.900	13.750	13.150	13.770	16.010	13.850	16.130	15.019
JUNIO	14.200	15.190	17.200	16.650	13.840	13.170	13.870	15.990	13.700	16.200	15.001
PROMEDIO	13.903	15.373	17.493	16.883	13.918	13.237	13.947	16.333	13.638	16.195	15.092

Fuente: elaboración propia

a. Análisis e interpretación de resultados

- La velocidad promedio de los volquetes es de 15.092 km/h, siendo la unidad MCA-28 la unidad que transita a mayor velocidad con 17.493 km/h y la unidad MCA-31 es la unidad que transita a menor velocidad con 13.237 km/h.
- La velocidad de los equipos influye directamente en el desgaste de componentes y en el consumo de combustible, los volquetes tienen un régimen económico de velocidad que economiza el consumo de combustible, este régimen de velocidad se encuentra entre 15 km/h a 20 km/h.
- La pendiente de la ruta de acarreo afecta a la capacidad de carguío, la velocidad, su rendimiento y el costo de acarreo; por lo tanto, resultará más económico transportar en pendiente negativa. Las pendientes de los accesos en las vías de una mina subterránea son considerables, en compañía minera Argentum la pendiente promedio de la rampa 240 es de 12%.

4.1.4. Análisis de consumo de combustible

El combustible representa uno de los costos más altos en el transporte, por lo tanto, un control adecuado genera una mejora en la productividad.

Tabla 23. Consumo de combustible mensual

	MCA-26	MCA-27	MCA-28	MCA-29	MCA-30	MCA-31	MCA-32	MCA-33	MCA-34	MCA-35	Promedio Mensual
Enero	4.150	4.190	4.270	4.010	3.730	4.190	4.100	4.130	4.190	4.260	4.122
Febrero	3.780	4.160	3.990	4.030	3.990	4.220	4.130	4.150	4.190	4.320	4.096
Marzo	4.120	3.930	4.260	4.230	4.070	4.320	4.230	4.260	3.940	4.210	4.157
Abril	3.980	4.060	4.230	4.120	3.980	3.970	3.910	4.290	4.280	4.030	4.085
Mayo	4.030	4.270	4.330	4.140	4.090	4.370	3.920	4.320	4.210	3.940	4.162
Junio	3.800	4.160	4.010	3.960	3.940	4.140	3.990	4.260	3.860	3.820	3.994
Promedio	3.977	4.128	4.182	4.082	3.967	4.202	4.047	4.235	4.112	4.097	4.103

Fuente: elaboración propia

a. Análisis e interpretación de resultados

- El consumo de combustible adecuado de estos equipos es de 4 galones por hora, actualmente el promedio de combustible utilizado es de 4.1 galones por hora.
- El equipo con el pico más alto de consumo de combustible es el MCA-31 con un consumo de 4.37 galones por guardia en el mes de mayo. El MCA-31 es el equipo que más combustible utilizó en el semestre de estudio.
- Para un menor consumo de combustible es recomendable llevar un control con los tanques de combustible para evitar la pérdida externa del combustible.

4.1.5. Análisis de tonelaje transportado

El tonelaje transportado tiene una influencia directa en la productividad, los factores operacionales influyen en la producción de los volquetes. A continuación, se presenta el análisis e interpretación de los datos obtenidos.

Tabla 24. Tonelaje mensual

	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35	Tonelaje mensual
ENERO	10784.12	10606.60	11369.74	9861.26	9163.57	11133.10	9978.10	9897.65	10223.11	9611.44	102628.69
FEBRERO	7993.38	11359.70	11324.50	9913.27	9260.34	11267.53	10899.53	10977.65	10745.04	7084.58	100825.52
MARZO	9282.65	9022.10	9308.54	8214.54	9333.03	7841.99	8573.18	7242.49	8886.66	9415.95	87121.13
ABRIL	9819.26	9490.22	8916.89	9556.97	9783.28	10840.69	9814.19	9609.65	10042.32	8387.14	96260.61
MAYO	8040.91	7985.09	10448.21	8758.75	9291.30	5529.59	8473.27	8497.81	7276.28	9902.73	84203.94
JUNIO	8242.77	8288.24	10227.71	8735.92	8512.36	10789.56	8272.89	9119.02	9313.69	9039.09	90541.25
Tonelaje por equipos	54163.09	56751.95	61595.59	55040.71	55343.88	57402.46	56011.16	55344.27	56487.10	53440.93	

Fuente: elaboración propia

- En la primera mitad del estudio se aprecia que se movió más tonelaje de material que en la segunda mitad. En los primeros tres meses se movió en promedio 96,858 toneladas y en los otros tres meses se movió en promedio solo 90,335 toneladas.

- La producción mensual planeada es de 105,000 toneladas comparado con la producción actual promedio de 93,596 toneladas, se tendría una diferencia de 11,404 toneladas mensuales dejadas de extraer por una mala distribución en mina y por todos los factores antes mencionados.
- La unidad que más produjo en el semestre de estudio es la unidad MCA-28, con un promedio mensual de 10265 toneladas.

4.1.6. Análisis de valorización

Luego de identificar y estudiar las variables operativas que influyen en la productividad como las demoras operativas, fallas mecánicas, etc. Este estudio nos permite tener una mejor visión de la incidencia de estos factores en los ingresos.

Tabla 25. Valorización mensual

	MCA 26	MCA 27	MCA 28	MCA 29	MCA 30	MCA 31	MCA 32	MCA 33	MCA 34	MCA 35	Valorización Mensual
ENERO	19597.75	22513.97	22812.62	21446.14	16908.65	22696.13	17438.83	20754.32	20239.34	18742.75	203150.49
FEBRERO	16399.04	24485.11	24181.92	21990.89	19925.53	24510.75	23147.82	23979.61	23487.09	14813.48	216921.23
MARZO	20270.55	19495.72	18538.22	18492.88	18964.30	17410.76	18305.62	15649.37	19228.07	21214.60	187570.08
ABRIL	20717.70	19588.41	18790.24	20227.56	20726.78	21738.59	20621.22	20477.72	21291.32	17708.84	201888.40
MAYO	17008.18	22356.35	20935.69	24448.36	18877.83	12000.06	17731.18	17622.54	16111.51	20179.88	187271.57
JUNIO	17296.41	18044.25	20013.43	20410.52	17678.46	21333.00	17384.45	20184.71	21018.78	19511.20	192875.22
Total	111289.62	126483.81	125272.12	127016.36	113081.55	119689.30	114629.12	118668.27	121376.11	112170.74	1189676.98

Fuente: elaboración propia

A. Análisis e interpretación de resultados

- La valorización mensual planeada es de US\$ 250,000, comparado con la valorización promedio de este semestre que es US\$ 198,279, existe una diferencia de US\$51,721 mensuales.
- Los últimos tres meses del estudio fueron los que menos valorizaron, debido a la baja disponibilidad de los volquetes.
- Los primeros dos meses del estudio, los operadores de volquete contaban con un bono por producción, esto hizo que los operadores trabajen con más empeño y que cuiden más a su equipo. El cambio en la residencia eliminó ese bono de producción y los operadores bajaron su desempeño.
- El MCA-29 es el equipo que más valorizó en el semestre de estudio con US\$ 127016.36, esto es debido en parte a la experiencia de los operadores de este equipo, las personas que operan este equipo ya tienen mucho tiempo trabajando para la empresa contratista.

- El equipo que más produjo es el MCA-28 pero no es el que más valorizó, valorizó US\$ 125272.12, esto es debido a las distancias de las cámaras de donde se cargó. El MCA-29 es el equipo que más valorizó debido a que sus viajes fueron más largos.

B. Análisis de tiempos de pérdidas operacionales

Tabla 26. *Tiempos por pérdidas operacionales*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
MCA-26	82: 35	67: 23	65: 09	76: 20	81: 04	77: 04	74: 55
MCA-27	82: 32	69: 02	73: 34	69: 06	89: 53	91: 35	79: 17
MCA-28	60: 44	55: 56	62: 37	65: 23	65: 44	76: 34	64: 29
MCA-29	69: 47	62: 07	68: 52	72: 36	85: 43	74: 17	72: 13
MCA-30	88: 25	72: 20	87: 35	86: 31	95: 05	87: 51	86: 17
MCA-31	79: 14	68: 00	73: 28	71: 15	76: 54	71: 09	73: 20
MCA-32	90: 04	78: 36	79: 50	84: 45	79: 12	88: 33	83: 30
MCA-33	61: 37	57: 36	55: 27	69: 03	75: 36	63: 43	63: 50
MCA-34	77: 43	69: 42	77: 27	78: 34	84: 06	81: 13	78: 07
MCA-35	78: 24	67: 24	76: 07	74: 37	77: 20	76: 56	75: 08
Total	771: 05	668: 06	720: 06	748: 10	810: 37	788: 55	751: 09

Fuente: elaboración propia

- En el semestre de estudio, el tiempo promedio por pérdidas operacionales es de 751 horas. Esto representa una pérdida económica de US\$ 37,136.95.
- Estas pérdidas, por condiciones operacionales, la empresa contratista debe cobrar a compañía, ya que ellos son responsables de la disponibilidad de los equipos de carguío.

CONCLUSIONES

- 1- Con la medición de tiempos y monitoreo de los ciclos de transporte se identificaron las principales demoras operacionales que afectan la productividad de los volquetes. La baja disponibilidad de los equipos de carguío y la falta de mantenimiento preventivo de los volquetes son los principales factores que afectan la productividad. Siendo el tiempo efectivo promedio de los volquetes durante el periodo de estudio 4290 horas por mes.
- 2- Con el control y monitoreo de los factores operacionales se logra la optimización de la productividad. Maximizar la disponibilidad mecánica genera una mayor utilización efectiva, por lo tanto, los equipos trabajan más horas y esto representa un incremento en la valorización mensual.
- 3- La disponibilidad mecánica de los volquetes influye directamente en la productividad, la falta de respuesta de la logística de repuestos de la empresa, la poca experiencia de los mecánicos y la falta de un planeamiento de mantenimiento preventivo generan que el tiempo que los equipos pasan en el taller mecánico sea mucho mayor. Siendo la disponibilidad mecánica promedio 95.86%.
- 4- La utilización efectiva está relacionada con la disponibilidad mecánica, las horas que los equipos pasan en el taller mecánico reducen la utilización de estos equipos, el promedio en el semestre es de 87%, esto representa una pérdida de 1.33 horas por guardia.
- 5- El control y medición de tiempos de los factores operacionales genera la optimización de la productividad; por lo tanto, genera una mejora en la valorización económica. En el semestre de estudio se obtuvo un promedio de 751 horas por pérdidas operacionales, que representa una pérdida de US\$ 37,136.95.

- 6- La distancia de los viajes de transporte de material influye directamente en el precio unitario; por lo tanto, realizar más viajes de distancias largas genera una mayor valorización económica.

- 7- De acuerdo con lo programado, se tiene planeado 4 galones por hora, en el semestre de estudio se obtuvo en promedio 4.1 galones por hora. Este incremento es generado por la sobrecarga y menor velocidad de volquete cargado.

- 8- El tonelaje planeado es de 105,000 toneladas mensuales con una valorización mensual de US\$ 250,000, en la evaluación económica del semestre de estudio se obtuvo una valorización de US\$ 198,279 con un tonelaje promedio de 93.596 toneladas. Siendo una diferencia 11,404 toneladas mensuales, esto debido principalmente a los tiempos de espera operacional y tiempos de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

- 1- Se recomienda seguir monitoreando y controlando los tiempos de la operación para la mejora continua de la productividad.
- 2- Tener mayor cantidad de repuestos en el taller y contratar profesionales de mayor experiencia generará que se minimice el tiempo que los equipos pasan en el taller mecánico.
- 3- Captar operadores de mayor experiencia y más compromiso en el trabajo generará una mejora en la producción.
- 4- Ofrecer bonos económicos y realizar actividades de confraternización ayudará en la motivación de los operadores; por lo tanto, se obtendrá una mejora en la productividad.

REFERENCIAS

1. **CONDORI CONDORI, Rusbel.** *Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha.* Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017.
2. **QUESADA DE LA CRUZ, Carlos.** *Influencia de factores operacionales y su influencia en la producción de una flota de volquetes Volvo FMX 6 x 4 en la empresa NCA Servicios de la minería Argentum.* Tesis (Ingeniero de Minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
3. **ROBLES ROSALES, Liliana.** *Influencia de factores operacionales en la productividad de volquetes Volvo FMX 8 x 4 en el proceso de extracción mineral y desmonte en una operación subterránea.* Tesis (Ingeniera de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/16/browse?type=author&value=Robles+Rosales%2C+Liliana+Andrea>
4. **HUAMÁN, R.** *Optimización de flota de camiones aplicando programación dinámica mina Corihuarmi.* 2015.
5. **RONDAN, E.** *Producción real vs producción potencial de equipos de carguío, acarreo y aplicación del match factor para determinar el número óptimo de volquetes mina Arasi.* (Tesis de pregrado). 2014.
6. **MARTÍNEZ, B.** *Incremento de producción a partir de la gestión del tiempo en el transporte de mineral en el sector Nicole, concesión minera Esperanza II, empresa minera Minecsa, Zaruma-Ecuador.* (Tesis de pregrado). 2016.
7. **MORENO, G.** *Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional.* (Tesis de pregrado). 2009.
8. **JORGE, C.** *Optimización de los procesos de desarrollo y construcción en minería block caving caso estudio mina El Teniente Codelco Chile.* (Tesis de pregrado) 2012.
9. **ESTEBAN, D.** *Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento.* (Tesis de pregrado). 2013.

- 10. VIDAL LOLI, Manuel.** *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto.* Tesis (Ingeniero de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010.
- 11. JACEK M. CZAPLICKI. 2014.** *Statistics for Mining Engineering,* Taylor & Francis Group plc, Londres.
- 12. HERNÁNDEZ, Roberto.** *Metodología de la Investigación.* 6ta. ed. McGraw Hill, México. 2006. 634pp. ISBN: 9781456223960

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

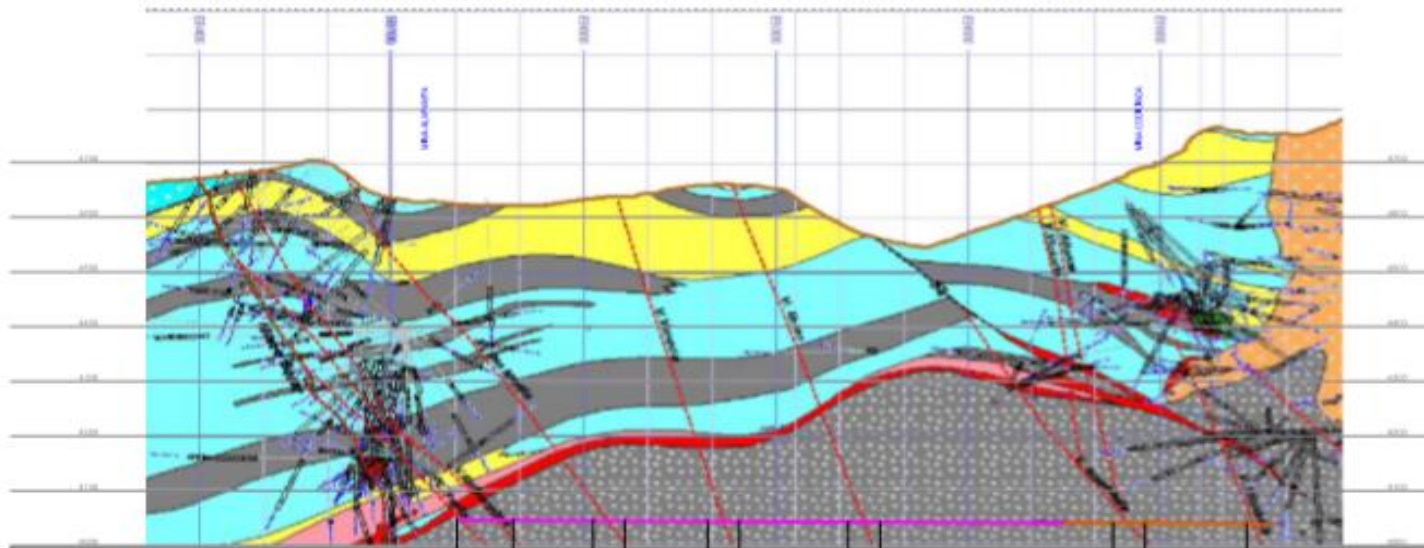
“Análisis de los factores operacionales y su influencia en la productividad del proceso de transporte de mineral y desmonte en el Nv 4025 de la compañía minera Argentum, UEA Codiciada 2019”			
Problema de investigación	Objetivo de la investigación	Hipótesis de la investigación	Variables
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Factores operacionales
¿Cuál es la influencia de factores operacionales en la productividad en el proceso de transporte de mineral y desmonte en la Compañía Minera Argentum, UEA Morococha?	Determinar la influencia de los factores operacionales en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019.	El control de la aplicación de los factores operacionales influye positivamente en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019.	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	
¿Cuál es la influencia de la disponibilidad mecánica en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019?	Determinar la influencia de la disponibilidad mecánica en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019	La consolidación en el control de la disponibilidad mecánica influye positivamente en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019.	Productividad
¿Cuál es la influencia de la utilización efectiva en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019?	Determinar la influencia las variables operacionales en la evaluación económica en el sistema de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019	El cumplimiento de programas de utilización efectiva influye positivamente en la productividad en el proceso de transporte mineral y desmonte en la mina Argentum, Morococha-2019.	

Anexo 2
Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Definición
Factores operacionales	Son variables que influyen en la operación minera. El control adecuado de estas variables genera el correcto funcionamiento del ciclo operacional.	Variables que influyen en la operación minera	Disponibilidad mecánica	La disponibilidad es una variables que se calcula en base a las horas hábiles de un equipo y las horas que el equipo pasa en mantenimiento.
			Velocidad	La velocidad de un equipo depende de la pendiente de la vía por la que transita, a mayor pendiente el equipo va a una velocidad menor
			Tiempo de ciclos	El tiempo de un ciclo de transporte refiere al tiempo que un volquete se demora en cargar material de una cámara de carguío y llevar a las zonas de acopio
			Distancia recorrida	La distancia de las cámaras de carguío hasta las zonas de acopio influye en los costos unitarios.
Productividad	Es el gasto económico necesario para realizar una operación minera, y nos expresa el grado de eficiencia de la operación.	Grado de eficiencia de la operación	Producción	Se refiere al tonelaje transportado de cada unidad.
			Valorización económica	La valorización económica está en función a la distancia y al tonelaje cargado.

Anexo 3
Plano longitudinal compañía minera Argentum

PERFIL GEOMECANICO LONGITUDINAL - CRUCERO 850



LEYENDA GEOLÓGICA

- GUDA NEOLITA
- GUDA NEVA
- GUDA BUFOFORMA
- GUDA BOLMERA
- GUDA MONTA
- ZONA MINERALIZADA
- ANHORA
- VOLCANES CALERA
- MINERALES ARFENCOS

SIMBOLOGÍA

- PERFIL NATURAL DEL TERRENO
- CONTACTO GEOLÓGICO INFERNO
- TRAZA DE FALLA
- VETA
- SIMBOLOS DIAMANTIFEROS
- LÍNEA DE CRUCERO 850

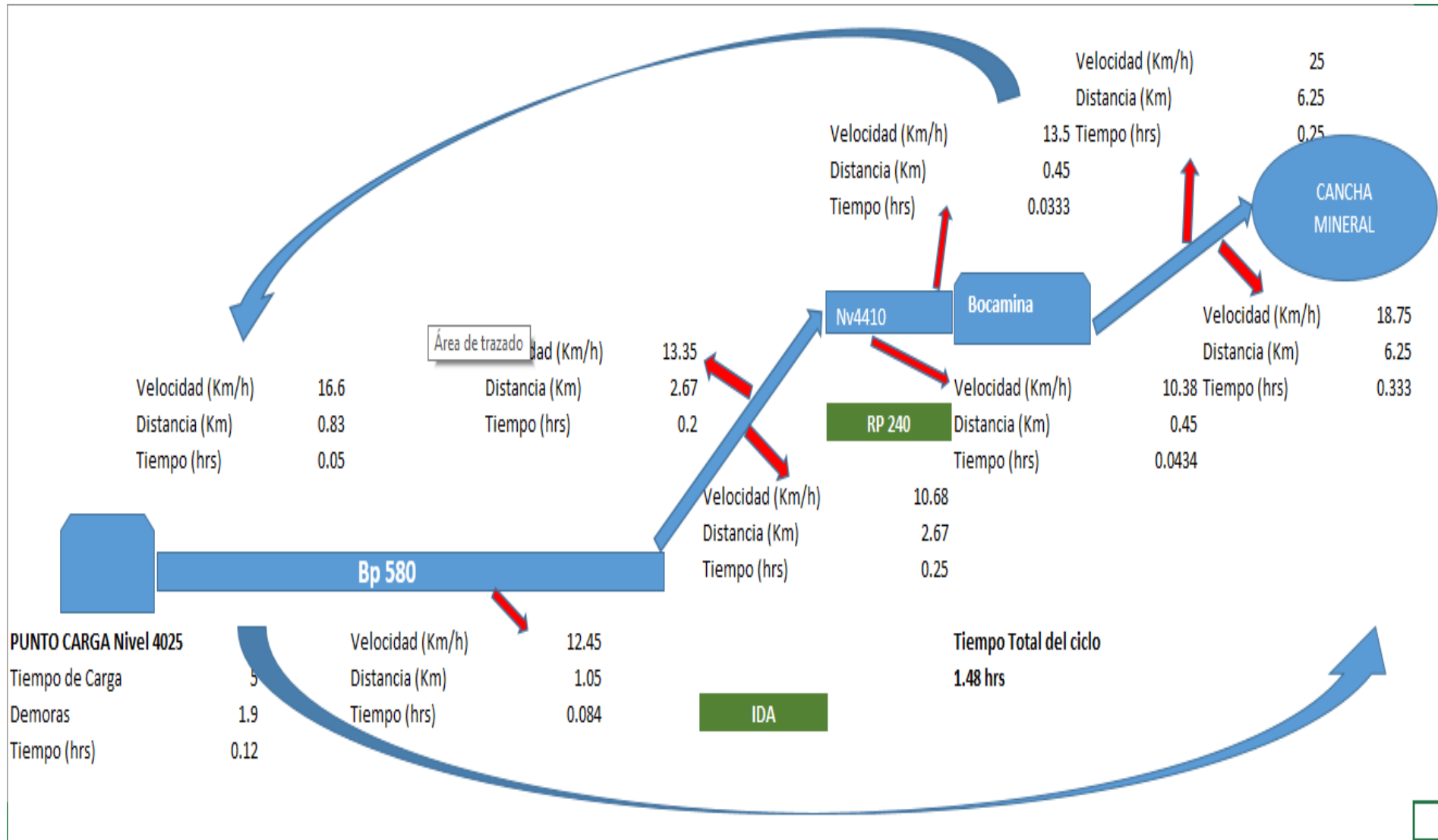
RESUMEN DE TIPO DE MANTOS ROCCOSOS Y SOSTENIMIENTO	
CRUCERO XC 850 - MINA MORCOCOCHA	
REGA TPO I = 226	SOSTENIMIENTO TPO A = 226
REGA TPO II = 408	SOSTENIMIENTO TPO B = 408
REGA TPO III = 108	SOSTENIMIENTO TPO C = 108
REGA TPO IV = 148	SOSTENIMIENTO TPO D = 148
REGA TPO V = 28	SOSTENIMIENTO TPO E = 28

PROFUNDIDAD	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
TIPOLOGÍA	[Geological profile visualization]										
ORIENTACIÓN	[Orientation information]										
COORDENADAS (m)	WGS84	[Coordinates]									
	UTM	[Coordinates]									
	PROYECTADO	[Coordinates]									
	ELIPSOIDE	[Coordinates]									
LETOLOGÍA	LÍNEA Y BLOQUE DE COMPOSICIÓN ANARQUICA DE TEXTURA PORFIRICA PERTENECIENTE A LA FORMACION SANTA CATARINA DEL GRUPO SNTI										
ESTRUCTURAS Y TENDENCIAS	Linea de Tendencia Principal	[Structural data]									
	Linea de Tendencia Secundaria	[Structural data]									
HIDROGEOLOGÍA	DESCARMBADO	[Hydrogeology data]									
	SCROBULARIZADO	[Hydrogeology data]									
CLASIFICACIÓN SECUNDARIA	TIPO I (Quil. Pírcano)	[Classification data]									
	TIPO II (Quil. Sulfuroso)	[Classification data]									
	TIPO III (Quil. Sulfuroso)	[Classification data]									
	TIPO IV (Quil. Sulfuroso)	[Classification data]									
	TIPO V (Quil. Sulfuroso)	[Classification data]									
SOSTENIMIENTO TEMPORAL	TIPO A (Sin soporte o apoyo costado)	[Support data]									
	TIPO B (Sin soporte o apoyo costado)	[Support data]									
	TIPO C (Perforaciones (1,2x1,2m) + 1 m/3)	[Support data]									
	TIPO D (Perforaciones (1,2x1,2m) + 3 m/3)	[Support data]									
	TIPO E (Perforaciones (1,2x1,2m) + 3 m/3)	[Support data]									



REV. N°	DESCRIPCIÓN	APR.	FECHA
COMPANÍA MINERA ARGENTUM S.A. MINA MORCOCOCHA ESTUDIO GEOMECANICO DEL CRUCERO XC-850 MINA MORCOCOCHA SERVICIOS DE GEOLOGIA APLICADA EIRL.			
DEL C.V.	DEL R.G.	REV. C.V.	APR. C.V.
			FECHA
PERFIL GEOLOGICO, ZONIFICACION GEOMECANICA Y DISTRIBUCION DEL SOSTENIMIENTO			
XC850-PLN-001			

Anexo 4
Layout de transporte

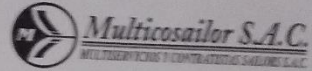


Anexo 5
Costos unitarios de transporte

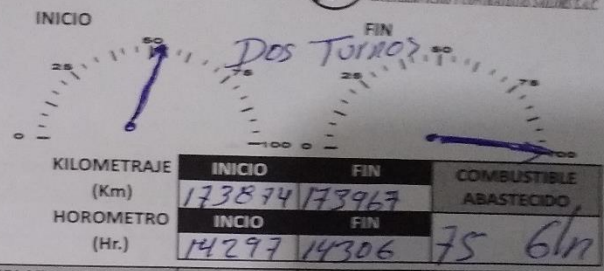
ORIGEN	DESTINO	Distancia vacio	Distancia	Capacidad Real	Velocidad de Recorrido		TIEMPO TOTAL DE CICLO				COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE				NRO DE VIAJES	PRODUCCION	COSTO UNITARI	COSTO UNITARI	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO
					Cargado	Vacio	Tiempo Perdida de Operación	Tiempo cargado	Tiempo vacio	TIEMPO TOTAL	Mano de Obra	Volquete	Combustible	TOTAL						
			m	ton	m./ min	m./ min	min	min	min	min	US\$	US\$	US\$	US\$	N	ton	US\$ / ton	US\$ / ton - Km	\$/ ton - Km	\$/ ton
PROY.S. -RP 242 (CAM 852) BP113	CANCHA MINERAL	10670	10,670.00	25.00	250.00	333.33	13.50	42.68	32.01	88.19	0.00	349.60	56.06	405.66	5.44	136.09	2.98	0.279	0.922	9.837
PROY.S. -RP 242 (TV 581)	CANCHA MINERAL	10600	10,600.00	25.00	250.00	333.33	13.50	42.40	31.80	87.70	0.00	349.60	56.06	405.66	5.47	136.85	2.96	0.280	0.923	9.782
PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA MINERAL	10440	10,440.00	25.00	250.00	333.33	13.50	41.76	31.32	86.58	0.00	349.60	56.06	405.66	5.54	138.62	2.93	0.280	0.925	9.657
PROY S. - NV 025 (CAM 853)	CANCHA MINERAL	10770	10,770.00	25.00	250.00	333.33	13.50	43.08	32.31	88.89	0.00	349.60	56.06	405.66	5.40	135.02	3.00	0.279	0.921	9.915
PROY SIERRA - NV 025 (TV 124)	CANCHA MINERAL	10600	10,600.00	25.00	250.00	333.33	13.50	42.40	31.80	87.70	0.00	349.60	56.06	405.66	5.47	136.85	2.96	0.280	0.923	9.782
PROY SIERRA - RP 202 (CAM 851)	CANCHA MINERAL	10550	10,550.00	25.00	250.00	333.33	13.50	42.20	31.65	87.35	0.00	349.60	56.06	405.66	5.50	137.40	2.95	0.280	0.924	9.743
PROY SIERRA-RP S- (CAM 125)	CANCHA MINERAL	10560	10,560.00	25.00	250.00	333.33	13.50	42.24	31.68	87.42	0.00	349.60	56.06	405.66	5.49	137.29	2.95	0.280	0.923	9.751

Anexo 6
Reporte diario de operador de volquete

DE EQUIPOS DE ACARREO - VOLQUETES



FECHA: 13-12-19
 TURNO: DIA / NOCHE
 EQUIPO: MC 29
 SUPERVISOR: Carlos Gonzalez
 OPERADOR: Fortunato Torres



HORA RELOJ		ACTIVIDAD	DESPLAZAMIENTO		MATERIAL	EQUIPO DE CARGA	OBSERVACIONES
INICIO	FIN		PARTIDA	LLEGADA			
7:00	7:30	charla					
7:30	7:40	R.G					
7:40	7:50	TP					
7:50	8:00	CH					
8:00	8:20	TO					
8:20	8:55	EE					
8:55	9:00	CM	120	CPA	De	E	
9:00	9:35	TM					
9:35	10:00	TO					
10:00	10:40	E.C.					
10:40	10:55	E. de labor					
10:55	11:40	E.C.					
11:40	11:45	CM	T 580	planta	MI	E	
11:45	12:40	TM					
12:40	1:15	TO					
1:15	1:20	CM	T 580	planta	MI	T	
1:20	2:10	TM					
2:10	2:45	TO					
2:45	3:20	EC					
3:20	3:25	CM	957	planta	M	E	
3:25	4:15	TM					
4:15	4:35	TO					
4:35	4:50	OL					
4:50		AC					

PRIMER VIAJE	
DESTINO CARGUIO	
DETALLE PRIMER VIAJE	
HORA ENTRADA BOCAMINA	
HORA SALIDA BOCAMINA	
ESPERA (TIEMPO)	

- MATERIAL**
- MI Mineral
 - DE Desmonte
 - RI Ripio
 - RE Relave
 - RC Relleno Cemen.
 - INT Interno

- EE Espera de Equipo
- ET Espera de Turno
- EC Espera de Carga
- TC Tolva Campaneada
- TG Espera Ticket Geologo
- TO Traslado Operativo
- CM Carguio de Material
- TM Traslado de Matenal

Fortunato Torres
 OPERADOR

Carlos Gonzalez
 SUPERVISOR

RESIDENTE

Anexo 7
Base de datos de viajes de desmonte y mineral

FECHA	TURNO	EQUIPO	OPERADOR	GUARDIA	GUIA	P	BRUTO	TARA	TON	INICIO	FIN	HT	ACTIVIDAD	VIAJE	OD. RUT.	ORIGEN	LLEGADA
26/12/18	DIA	MCA-26	TORRES RICSE HUGO JACOB	C	47044		39.48	15.02	24.46	08:05	08:09	00:04	CM	1	75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-26	TORRES RICSE HUGO JACOB	C	47249		40.03	15.03	25	10:11	10:14	00:03	CM	1	515	PROY SIERRA-NV.100 (CAM 750)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	DIA	MCA-26	TORRES RICSE HUGO JACOB	C	47250		42.87	15.02	27.85	11:04	11:08	00:04	CM	1	514	PROY SIERRA-NV.100 (CAM 750)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-26	TORRES RICSE HUGO JACOB	C	37511		40.58	15.36	25.22	13:45	13:55	00:10	CM	1	575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-26	TORRES RICSE HUGO JACOB	C	47151		39.15	14.99	24.16	14:52	14:57	00:05	CM	1	602	PROY SIERRA-RP S-(CAM 993)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-26	TORRES RICSE HUGO JACOB	C	37512		41.14	15.46	25.68	16:00	16:07	00:07	CM	1	575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-27	CAJACURI ORTIZ DANTE FABRICIO	C	46566		39.91	14.95	24.96	07:45	07:55	00:10	CM	1	170	PROYECTO TOLVA GOLF	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-27	CAJACURI ORTIZ DANTE FABRICIO	C	37960		43.74	14.92	28.82	09:00	09:10	00:10	CM	1	478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-27	CAJACURI ORTIZ DANTE FABRICIO	C	37961		39.37	14.95	24.42	10:30	10:35	00:05	CM	1	556	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-27	CAJACURI ORTIZ DANTE FABRICIO	C	46567		38.34	14.89	23.45	11:55	12:00	00:05	CM	1	491	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-27	CAJACURI ORTIZ DANTE FABRICIO	C	37962		40.19	14.88	25.31	13:50	13:55	00:05	CM	1	482	PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-27	CAJACURI ORTIZ DANTE FABRICIO	C	37963		46.93	14.88	32.05	15:15	15:20	00:05	CM	1	439	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	46533		38.47	15.09	23.38	08:09	08:15	00:06	CM	1	480	PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	36547		38.75	15.09	23.66	09:10	09:15	00:05	CM	1	5	PROY SIERRA - RP 240 (CAM 9)	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	46534				25	10:50	10:55	00:05	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	46536		37.53	15.04	22.49	11:20	11:24	00:04	CM	1	491	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	46535				25	11:42	11:45	00:03	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	36549		44.28	15.04	29.24	12:49	13:55	01:06	CM	1	439	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	36548		46.96	15.06	31.9	15:10	15:15	00:05	CM	1	478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-28	LAGOS CONTRERAS REYNOL IVAN	C	37251		42.36	15.05	27.31	16:30	16:35	00:05	CM	1	528	PROY SIERRA - RP 202 (CAM958)	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-29	ARIAS MACHACUAY OSCAR	C	46370		38.14	14.88	23.26	07:50	07:55	00:05	CM	1	170	PROYECTO TOLVA GOLF	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-29	ARIAS MACHACUAY OSCAR	C	37213		44.47	14.81	29.66	09:12	09:17	00:05	CM	1	478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-29	ARIAS MACHACUAY OSCAR	C	46371				25	11:03	11:08	00:05	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-29	ARIAS MACHACUAY OSCAR	C	46372				25	11:27	11:30	00:03	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-29	ARIAS MACHACUAY OSCAR	C	46373		38.8	14.77	24.03	11:50	11:55	00:05	CM	1	491	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-29	ARIAS MACHACUAY OSCAR	C	37214		36.26	14.83	21.43	13:53	13:57	00:04	CM	1	483	PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA MINERAL

FECHA	TURNO	EQUIPO	OPERADOR	GUARDIA	GUIA	P BRUTO	TARA	TON	INICIO	FIN	HT	ACTIVIDAD	° VIAJE	OD. RUT.	ORIGEN	LLEGADA
26/12/18	DIA	MCA-30	HUQUIMANTARI LOPEZ ABEL TEODOR	C	47011	41.86	15.73	26.13	08:43	08:44	00:01	CM	1	515	PROY SIERRA-NV.100 (CAM 750)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	DIA	MCA-30	HUQUIMANTARI LOPEZ ABEL TEODOR	C	47012	41.75	15.75	26	09:41	09:42	00:01	CM	1	515	PROY SIERRA-NV.100 (CAM 750)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	DIA	MCA-30	HUQUIMANTARI LOPEZ ABEL TEODOR	C	47013	42.42	15.75	26.67	10:35	10:36	00:01	CM	1	466	PROY SIERRA - NV 160 (CAM 010)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-30	HUQUIMANTARI LOPEZ ABEL TEODOR	C	47014	42.26	15.75	26.51	11:27	11:28	00:01	CM	1	475	PROY SIERRA - NV 160 (CAM 010)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	DIA	MCA-30	HUQUIMANTARI LOPEZ ABEL TEODOR	C	34773	38.76	15.71	23.05	13:38	13:39	00:01	CM	1	575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-30	HUQUIMANTARI LOPEZ ABEL TEODOR	C	34774	42.46	15.69	26.77	14:33	14:48	00:15	CM	1	575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-30	HUQUIMANTARI LOPEZ ABEL TEODOR	C	34775	37.19	15.58	21.61	15:15	16:16	01:01	CM	1	575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-31	MACHACUAY TINOCO RUBEN	C	47199	41.19	15.48	25.71	07:55	08:02	00:07	CM	1	75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-31	MACHACUAY TINOCO RUBEN	C	38008	45.21	15.46	29.75	09:25	09:35	00:10	CM	1	522	PROY SIERRA - RP. 240 (CAM 7)	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-31	MACHACUAY TINOCO RUBEN	C	47217	39.51	15.44	24.07	10:42	10:47	00:05	CM	1	75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-31	MACHACUAY TINOCO RUBEN	C	47215	41.56	15.44	26.12	11:36	11:43	00:07	CM	1	75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-31	MACHACUAY TINOCO RUBEN	C	38009	47.2	15.45	31.75	14:03	14:30	00:27	CM	1	439	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-31	MACHACUAY TINOCO RUBEN	C	38010	38.16	15.41	22.75	16:00	16:10	00:10	CM	1	599	PROY SIERRA-RP 242 (TV 118)	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-32	SOTACURO JULIAN CARLOS	C	47228	36.42	15.42	21	20:30	20:36	00:06	CM	1	602	PROY SIERRA-RP S-(CAM 993)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-32	SOTACURO JULIAN CARLOS	C	47229	36.13	15.65	20.48	21:35	21:40	00:05	CM	1	514	PROY SIERRA-NV.100 (CAM 750)	CANCHA PREPARACION AGREGADO
26/12/18	DIA	MCA-32	SOTACURO JULIAN CARLOS	C	47230	45.31	15.87	29.44	22:48	22:53	00:05	CM	1	603	PROY SIERRA-RP S-(CAM 993)	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-32	SOTACURO JULIAN CARLOS	C	37399	41.94	15.76	26.18	01:40	02:30	00:50	CM	1	575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-32	SOTACURO JULIAN CARLOS	C	37400	40.61	15.97	24.64	03:28	03:35	00:07	CM	1	575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	41863	40.11	15.61	24.5	07:55	07:58	00:03	CM	1	75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	41864			25	09:15	09:19	00:04	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	47141			25	09:40	09:44	00:04	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	47142			25	10:08	10:12	00:04	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	47143			25	10:35	10:40	00:05	CM	1	525	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	PROY SIERRA-RP 240 (CAM 125)
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	36968	41.1	15.4	25.7	10:55	11:00	00:05	CM	1	556	PROY SIERRA - NV 025 (CAM 125)	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	36969	40.53	15.31	25.22	13:30	13:35	00:05	CM	1	482	PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	DIA	MCA-33	CHUSI CHOA JORGE PETER	C	36971	39.58	15.29	24.29	15:10	15:15	00:05	CM	1	599	PROY SIERRA-RP 242 (TV 118)	CANCHA MINERAL

FECHA	TURNO	EQUIPO	OPERADOR	GUARDIA	GUIA	P BRUTO	TARA	TON	INICIO	FIN	HT	ACTIVIDAD	VIAJE/OD. RUT/	ORIGEN	LLEGADA
26/12/18	NOCHE	MCA-32	HACMANA CUETO EULOGIO GRACIANO	A	47234	39.85	15.85	24	23:50	23:53	00:03	CM	1 561	PROY SIERRA-RP S+ (TV 058)	CANCHA PREPARACION AGREG
26/12/18	NOCHE	MCA-32	HACMANA CUETO EULOGIO GRACIANO	A	37701	39.52	15.85	23.67	01:15	01:20	00:05	CM	1 575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-32	HACMANA CUETO EULOGIO GRACIANO	A	37702	40.31	15.83	24.48	02:28	02:34	00:06	CM	1 575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-32	HACMANA CUETO EULOGIO GRACIANO	A	37703	44.32	15.9	28.42	04:35	04:40	00:05	CM	1 575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-33	RAMOS ATAUCUSI FELIX	A	47144	39.13	15.42	23.71	20:02	20:05	00:03	CM	1 75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	NOCHE	MCA-33	RAMOS ATAUCUSI FELIX	A	47145	39.82	15.43	24.39	20:57	21:00	00:03	CM	1 75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	NOCHE	MCA-33	RAMOS ATAUCUSI FELIX	A	47146	38.9	15.43	23.47	22:06	22:10	00:04	CM	1 60	PROY. SIERRA-NV 160 RP202 (CAM 028)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	NOCHE	MCA-33	RAMOS ATAUCUSI FELIX	A	47147	38.65	15.43	23.22	22:47	22:53	00:06	CM	1 60	PROY. SIERRA-NV 160 RP202 (CAM 028)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	NOCHE	MCA-33	RAMOS ATAUCUSI FELIX	A	36972	51.37	15.34	36.03	23:40	23:44	00:04	CM	1 478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-33	RAMOS ATAUCUSI FELIX	A	36973	48.71	15.32	33.39	01:04	01:09	00:05	CM	1 478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-33	RAMOS ATAUCUSI FELIX	A	36974	47.82	15.32	32.5	02:45	03:15	00:30	CM	1 478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	47092	39.49	15.14	24.35	19:35	19:40	00:05	CM	1 75	CANCHA PREPARACION AGREGADO	TAJO JUANA ROSA
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	47093	40.2	15.49	24.71	20:40	20:45	00:05	CM	1 60	PROY. SIERRA-NV 160 RP202 (CAM 028)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	47094	39.08	15.15	23.93	21:20	21:25	00:05	CM	1 60	PROY. SIERRA-NV 160 RP202 (CAM 028)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	47095	38.55	15.15	23.4	22:00	22:05	00:05	CM	1 60	PROY. SIERRA-NV 160 RP202 (CAM 028)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	47096	39.4	15.15	24.25	22:40	22:45	00:05	CM	1 60	PROY. SIERRA-NV 160 RP202 (CAM 028)	PROYECTO TOLVA GOLF
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	36879	47.89	15.07	32.82	23:30	23:40	00:10	CM	1 478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	36880	44.34	15.1	29.24	01:20	01:25	00:05	CM	1 482	PROY.SIERRA-RP 242 (TV 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-34	NACION SEBASTIAN JOSE GABRIEL	A	36881	47.17	15.03	32.14	03:10	03:15	00:05	CM	1 478	PROY.SIERRA-RP 242 (CAM 580) BP113	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-35	ORRES MAYTA FORTUNATO ATANACIO	A	46823	40.68	14.82	25.86	22:30	22:35	00:05	CM	1 561	PROY SIERRA-RP S+ (TV 058)	CANCHA PREPARACION AGREG
26/12/18	NOCHE	MCA-35	ORRES MAYTA FORTUNATO ATANACIO	A	46824	41.47	14.84	26.63	23:25	23:30	00:05	CM	1 561	PROY SIERRA-RP S+ (TV 058)	CANCHA PREPARACION AGREG
26/12/18	NOCHE	MCA-35	ORRES MAYTA FORTUNATO ATANACIO	A	46825			25	24:20	24:25	00:05	CM	1 572	PROY SIERRA-RP S+ (TV 058)	PROY SIERRA NV.160 (CAM
26/12/18	NOCHE	MCA-35	ORRES MAYTA FORTUNATO ATANACIO	A	35493	40.51	14.78	25.73	01:15	01:20	00:05	CM	1 575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-35	ORRES MAYTA FORTUNATO ATANACIO	A	35494	38.51	14.77	23.74	02:20	02:25	00:05	CM	1 575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-35	ORRES MAYTA FORTUNATO ATANACIO	A	35495	41.48	14.77	26.71	03:25	03:30	00:05	CM	1 575	PROY S. RP S+ (TV 058) X OMBLA	CANCHA MINERAL
26/12/18	NOCHE	MCA-35	ORRES MAYTA FORTUNATO ATANACIO	A	46826	43.61	14.79	28.82	04:30	04:35	00:05	CM	1 602	PROY SIERRA-RP S-(CAM 993)	CANCHA PREPARACION AGREG