

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables de rendimiento operacional
en equipos de acarreo para la optimización de costos
en el transporte de lodos desde la planta Kismill al
botadero Tucto en la empresa Ecosermy -
Morococha, 2021**

Johon Bequer Huiza Renojo
Junior Armengol Cuellar Poma

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Javier Córdova Blancas

AGRADECIMIENTO

A Dios, a nuestros padres por darnos siempre la fortaleza de seguir en adelante con nuestras metas trazadas a nivel personal y profesional. Asimismo, agradecer a la empresa ECOSERMY por brindarnos el apoyo necesario para el desarrollo de la presente tesis. Un agradecimiento especial a nuestro asesor: Ing. Javier Córdova Blancas, por su constante apoyo para la realización y culminación de nuestro trabajo de investigación. Finalmente, un agradecimiento a los distintos docentes y director de la EAP Minas de la universidad Continental por sus enseñanzas académicas y compartir con nosotros sus experiencias profesionales.

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios nuestro creador, por darnos la luz en momentos de desesperanza e intranquilidad espiritual. Asimismo, dedicar el presente trabajo a nuestros padres, hermanos y demás familiares que nos inculcaron valores y perseverancia en conseguir nuestros objetivos, agradecer por el apoyo desinteresado y por los consejos brindados, llenos de sabiduría y buscando siempre nuestra mejora en lo personal y profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.2. Formulación del problema	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación social - práctica	20
1.3.2. Justificación académica	20
1.3.3. Justificación económica	20
1.4. Hipótesis de la investigación	21
1.4.1. Hipótesis general	21
1.4.2. Hipótesis específicas	21
1.5. Identificación de las variables	21
1.5.1. Variable independiente	21
1.5.2. Variables dependientes	21
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes del problema	23

2.1.1. Antecedentes nacionales	23
2.2. Generalidades de la planta de Kingsmill	25
2.2.1. Historia	25
2.2.2. Ubicación	27
2.2.3. Accesibilidad	27
2.3. Geología regional	28
2.4. Estratigrafía	30
2.4.1. Grupo Excelsior (Silúrico - Devónico).	30
2.4.2. Grupo Mitu (Pérmico).	30
2.4.3. Grupo Pucará (Jurásico).	30
2.4.4. Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior).	30
2.4.5. Grupo Machay.	30
2.4.6. Depósitos cuaternarios.	30
2.5. Geología estructural	31
2.5.1. Plegamiento.	31
2.5.2. Fracturamiento	31
2.5.3. Mineralogía.	32
2.5.4. Paragenesis y zonamiento	32
2.6. Bases teóricas	32
2.6.1. Consideraciones de equipos de acarreo	36
2.6.2. Distancia de transporte de lodos	37
2.6.3. Consideraciones de operación	39
2.6.4. Consideraciones de tonelaje transportado	45
2.6.5. Consideraciones económicas de transporte	47
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.1. Método y alcances de la investigación	52
3.1.1. Método de la investigación	52
3.2. Alcances de la investigación	53
3.2.1. Diseño de la investigación	53
3.2.2. Tipo de diseño de investigación	53
3.3. Población y muestra	53
3.3.1. Población	53

3.3.2. Muestra-----	54
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	54
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	54
3.4.2. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	54
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	55
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	55
4.1.1. Consideraciones generales de transporte-----	55
4.1.2. Análisis del tonelaje transportado y número de viajes -----	56
4.1.3. Análisis de la densidad asociada al transporte de lodos -----	66
4.1.4. Análisis del rendimiento de transporte de lodos -----	72
4.1.5. Análisis económico de transporte de lodos -----	75
CONCLUSIONES -----	80
RECOMENDACIONES -----	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	83
ANEXOS-----	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables	22
Tabla 2. Responsabilidades de los concesionarios mineros en el drenaje de aguas ácidas al túnel kingsmill.....	27
Tabla 3. Parámetros de diseño de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill	34
Tabla 4. Resumen de costo de operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill.....	35
Tabla 5. Distancia desde la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill hasta el botadero Tucto	39
Tabla 6. Tonelaje transportado de lodos al botadero Tucto, periodo mes de abril.....	45
Tabla 7. Tonelaje transportado de lodos al botadero Tucto, periodo mes de mayo.....	46
Tabla 8. Tonelaje transportado de lodos al botadero Tucto, periodo mes de junio.....	47
Tabla 9. Costo unitario de transporte de lodos desde la planta Kingsmill al botadero Tucto	48
Tabla 10. Cálculo del costo horario de equipos de transporte Volvo de 24 t, modelo FH 6X4T.....	49
Tabla 11. Datos para la determinación del costo horario de equipos de transporte	50
Tabla 12. Datos para la determinación del costo horario de equipos de carguío.	51
Tabla 13. Layout de transporte de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto	56
Tabla 14. Toneladas de transporte de lodos, periodo mes de abril.	57
Tabla N° 15: Relación tonelaje y número de viajes, mes de abril.	57
Tabla 16. Toneladas transportadas de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto, periodo mes de abril.....	58
Tabla 17. Toneladas de transporte de lodos, periodo mes de mayo	60

Tabla 18. Toneladas transportadas de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto, periodo mes de mayo	61
Tabla 19. Toneladas de transporte de lodos, periodo mes de junio.....	63
Tabla 20. Toneladas transportadas de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto, periodo mes de junio	65
Tabla 21. Rendimiento de transporte de lodos en Ton/viaje periodo abril, mayo y junio	66
Tabla 22. Rendimiento de transporte de lodos en t/viaje periodo abril	67
Tabla 23. Rendimiento de transporte de lodos en t/viaje periodo mayo	69
Tabla 24. Rendimiento de transporte de lodos en t/viaje periodo mayo	71
Tabla 25. Rendimiento de transporte de lodos en Ton/viaje periodo mayo	73
Tabla 26. Costo unitario de transporte de lodos programado	75
Tabla 27. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio (abril a junio).....	76
Tabla 28. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio, mes de abril.....	77
Tabla 29. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio, mes de mayo.....	78
Tabla 30. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio, mes de junio	79
Tabla 31. Tabla de variables	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista panorámica del túnel Kingsmill.	26
Figura 2. Ubicación de la planta de tratamiento del túnel Kingsmill	28
Figura 3. Plano geológico regional del distrito de Morococha.....	29
Figura 4. Estratigrafía del distrito de Morococha	31
Figura 5. Situación actual - perfil túnel Kingsmill	36
Figura 6. Características técnicas de los encapsulados Volvo FH 6x4 T, para transporte de lodos.....	37
Figura 7. Layout de acarreo de transporte de lodos desde la planta de lodos hacia el botadero de Tucto.....	38
Figura 8. Preparación de material a ser cargado y transportado en la planta de tratamiento hacia el botadero Tucto	40
Figura 9. Desnivel de lodos a ser cargado y transportado en la planta de tratamiento hacia el botadero Tucto	41
Figura 10. Desnivel de lodos a ser cargado y transportado en la planta de tratamiento hacia el botadero Tucto	41
Figura 11. Sector operacional nivelado y compactado, para el carguío de lodos.....	42
Figura 12. Sector operacional nivelado y compactado, preparado para el carguío de lodos	42
Figura 13. Carguío de lodos en los equipos de transporte (encapsulados) para el botadero Tucto	43
Figura 14. Botadero Tucto (laguna Churuca)	43
Figura 15. Descarga de lodo en botadero Tucto	44
Figura 16. Limpieza en el tramo planta kingsmill al botadero Tucto	44
Figura 17. Material recuperado de la limpieza en el tramo planta Kingsmill al botadero Tucto	45
Figura 18. Relación tonelaje y número de viajes, mes de mayo	60
Figura 19. Relación tonelaje y número de viajes, mes de junio	64
Figura 20. Relación viajes, tonelaje y densidad mes de abril	68
Figura 21. Relación viajes, tonelaje y densidad mes de mayo	70

Figura 22. Relación viajes, tonelaje y densidad mes de junio.....	72
Figura 23. Rendimiento de transporte toneladas kilómetro transportado, periodo mayo a junio 2021	73
Figura 24. Plano de ubicación del túnel Kingsmill	86
Figura 25. Geología regional de las operaciones mineras que aportan aguas ácidas al túnel Kingsmill.....	87
Figura 26. Imagen satelital ubicando la planta de tratamiento de túnel Kingsmill y el botadero Tucto.....	88
Figura 27. Planta de tratamiento de lodos de alta densidad, Kingsmill	89
Figura 28. Botadero Tucto, para depósito de lodos de la planta de tratamiento kingsmill.....	89
Figura 29. Túnel Kingsmill.....	90
Figura 30. Pozos de lodos, de planta de tratamiento Kingsmill	90
Figura 31. Preparación de lodos para ser transportados al botadero de Tucto	91
Figura 32. Descarga de lodos en el botadero Tucto	91

RESUMEN

La presente tesis analiza las variables de rendimiento operacional en equipos de acarreo para la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill hasta el botadero Tucto de la empresa comunal ECOSERMY, periodo 2021. El presente trabajo realiza el análisis de las variables operacionales como tonelaje transportado, número de viajes, capacidad del camión (encapsulado), densidad y costos unitarios asociados al transporte de lodos.

Para realizar la presente tesis se aplicará el método analítico, siendo de carácter descriptivo y explicativo. El presente trabajo de investigación es pre experimental, para lo cual se observan y analizan diferentes variables de operación en equipos de transporte, durante los periodos de abril a junio del 2021.

Para el análisis, se consideró equipos de transporte de marca Volvo, modelo FH6X4T de 24 toneladas de capacidad en distancias de acarreo desde la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill hasta el botadero Tucto con 27.91 kilómetros. Durante el periodo de estudio de mayo a junio se transportó un total de 77,610.69 toneladas de lodos con un promedio de 13 encapsulado por día, 3.58 viajes por día promedio por cada encapsulado y tonelaje transportado por viaje promedio de 27.33 t/viaje.

El rendimiento durante el tiempo de estudio fue de 60.09 t/km, considerando el uso promedio de 13 encapsulados diarios, donde el mejor rendimiento se generó en el primer mes de estudio (abril)

El costo unitario de transporte de lodos ejecutado fue de 8.9 \$/t, siendo el programado en 8,8 \$/t. Este incremento se debe principalmente a un mayor aumento de tonelaje y unidades de transporte de la misma capacidad (24 t), lo cual ocasiona un menor rendimiento en los periodos de mayo y junio.

Finalmente, si bien es cierto que el incremento de unidades de transporte de lodos de 10 unidades en abril a 15 unidades en mayo y junio permitió el aumento de tonelaje transportado, pero no en la mejora del rendimiento de toneladas por kilómetro transportado, subiendo inclusive el costo unitario de acarreo de 6.9 \$/t a 10.7 \$/t, por lo que es necesario realizar el incremento de unidades de acarreo, pero de mayor capacidad (> 25t).

Palabras clave: tonelaje, encapsulado, costo unitario de acarreo, lodos, densidad, aguas ácidas, alta densidad, etc.

ABSTRACT

The realization of this thesis analyzes the variables of operational performance in hauling equipment, for the optimization of sludge transport costs, from the Kingsmill tunnel acid water treatment plant to the Tucto dump of the ECOSERMY community company, period 2021. The present work carries out the analysis of the operational variables such as tonnage transported, number of trips, truck capacity (encapsulated), density and unit costs associated with the transport of sludge.

To carry out this thesis, the analytical method is applied, being descriptive and explanatory. The present research work is pre-experimental, for which different operating variables in transport equipment are observed and analyzed, during the periods from April to June 2021.

For the analysis, Volvo brand transport equipment was considered, model FH6X4T with 24 tons of capacity in hauling distances from the acid water treatment plant of the Kingsmill tunnel to the Tucto dump with 27.91 kilometers. During the study period from May to June, a total of 77,610.69 tons of sludge was transported with an average of 13 encapsulated per day, 3.58 average trips per day for each encapsulated and average tonnage transported per trip of 27.33 t/trip.

The performance during the study time was 60.09 t/km, considering the average use of 13 daily encapsulations, where the best performance was generated in the first month of the study (April).

The unit cost of sludge transportation executed was 8.9 US \$/t, while the scheduled cost was 8.8 US \$/t. This increase is mainly due to a greater increase in tonnage and transport units of the same capacity (24 t), which causes a lower yield in the May and June periods.

Finally, although it is true that the increase in sludge transport units from 10 units in April to 15 units in May and June, allowed the increase in transported tonnage,

but not in the improvement of the performance of tons per transported kilometer, even increasing the unit cost of hauling from 6.9 US\$/t to 10.7 US\$/t, so it is necessary to increase hauling units, but with greater capacity (> 25 t).

Keywords: tonnage, encapsulation, unit cost of hauling, sludge, density, acid water, high density, etc.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes conceptos en la generación de programas de optimización y reducción de costos en transporte es entender el comportamiento de las diferentes variables operacionales que afectan un buen rendimiento unitario del mismo. Si bien es cierto que un mayor incremento de tonelaje transportado y consecuentemente el uso de una mayor cantidad de equipos de acarreo permite la reducción de costos unitarios. Pero, es necesario entender que este incremento se debe relacionar a una mayor capacidad de los equipos, porque si no se verá reflejado en un menor rendimiento (t/km) y consecuentemente en un mayor costo unitario (\$/t).

El presente trabajo permite analizar las variables que influyen en el rendimiento operacional en equipos de acarreo (tonelaje, distancia, densidad, etc.) para la optimización de costos en el transporte de lodos desde la planta Kingsmill hasta el botadero Tucto de propiedad de minera Chinalco.

El objetivo de esta mejora se planteó con un incremento de tonelaje con su consecuente uso de mayores unidades de acarreo de 10 unidades en abril a 15 unidades en mayo y junio. Este mayor incremento en tonelaje y unidades debería mejorar el rendimiento operacional (t/km) y por lo tanto disminuir el costo unitario de transporte (\$/t), por lo que se planteó el presente estudio. Para lo cual se analizará los camiones de marca Volvo modelo FH 6X4T de 24 toneladas de capacidad nominal.

El desarrollo de la tesis enmarca los siguientes capítulos: para el Capítulo I, se explica el problema, objetivo e hipótesis general y específicos, objetivo general y específicos e hipótesis general y específicos, así como el desarrollo de la matriz de operacionalización de variables.

Para el Capítulo II, se explica los antecedentes de estudio, generalidades del trabajo de investigación y el marco teórico que explica el presente estudio.

Para el Capítulo III, se explica la metodología de investigación, considerando el diseño y nivel de investigación, describiendo la población y muestra.

Para el capítulo IV, se realizó el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las variables operacionales y económicas de los equipos de acarreo en el transporte de lodos de la planta Kingsmill hasta el botadero Tucto,

Los Autores

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El túnel Kingsmill ubicado en el distrito y provincia de Yauli, departamento de Junín, con una extensión de 11 kilómetros, tuvo como objetivo de construcción el de drenar los materiales de desecho, las pilas de roca estéril y relaves que están ubicados aguas arriba del túnel, los cuales generan aguas ácidas entre el contacto de la oxidación de los minerales sulfurados y el agua, generando un ph de 3 a 5, presentando un alto nivel de metales pesados disueltos.

La empresa minera Chinalco trata el agua ácida generada de las diferentes operaciones presentes en el distrito por lo que la planta de tratamiento de agua ácida del túnel Kingsmill viene aplicando una tecnología de lodos de alta densidad (HDS).

El total de agua ácida tratada es de 4,000 m³/h o 96,000 m³/día, la generación de lodos producto del tratamiento de las aguas ácidas son enviadas a pozas de almacenamiento para su posterior secado.

La empresa ECOSERMY con supervisión de minera Chinalco se encarga de realizar todo el proceso de carguío y transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto.

El costo de transporte en minería está en el orden del 40 a 50 %, estos se elevan si no hay un nivel de relación entre equipos de carguío y acarreo (mach factor) incrementando los costos operacionales.

El presente estudio permitirá analizar las diferentes variables operacionales en equipos de transporte, considerando su disponibilidad mecánica, así como la relación de la velocidad óptima en el perfil de acarreo, para la mejora del número de viajes.

1.1.2. Formulación del problema

- **Problema general**

¿Cuál es el resultado al analizar las variables operacionales en los equipos de acarreo para la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta Kingsmill al botadero Tucto en la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021?

- **Problemas específicos**

a) ¿Cómo relacionar el tonelaje y número de viajes en los equipos de acarreo para la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta kingsmill hacia el botadero Tucto de la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021?

b) ¿Cómo relacionar el incremento de unidades de acarreo y tonelaje para la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto de la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Analizar las variables operacionales en los equipos de acarreo para la optimización de costos de acarreo de lodos desde la planta Kingsmill al botadero Tucto en la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Relacionar el tonelaje y número de viajes en los equipos de acarreo para la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto de la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021.

- b) Relacionar el incremento de unidades de acarreo y tonelaje para la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto de la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social - práctica

Los resultados generados en el análisis de las variables en equipos de acarreo permitirán un mejor rendimiento operacional, esta mejora en la gestión operacional de la empresa genera mejor rentabilidad económica, haciendo que la empresa genere mayor apoyo social a las comunidades aledañas al sistema de acarreo, promoviendo proyectos productivos sustentables con el tiempo.

1.3.2. Justificación académica

La aplicación de los diferentes modelos numéricos y los resultados obtenidos en el presente estudio servirá como guía para otros trabajos similares en el ámbito académico. El análisis de las variables de rendimiento operacional en equipos de acarreo, para la optimización de costos de transporte de lodo desde la planta Kingsmill hasta el botadero Tucto permitió obtener algunos indicadores de mejora de la productividad, por lo que es una herramienta académica importante para estudios complementarios.

1.3.3. Justificación económica

El presente estudio permitió la mejora del rendimiento operacional en sistemas de acarreo desde la planta Kingsmill hasta el botadero Tucto, permitiendo la mejora del rendimiento económico de la empresa ECOSERMY y generando sistemas de gestión de acarreo adecuados, para la mejora del rendimiento operacional.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. Hipótesis general

Al analizar las variables operacionales en los equipos de acarreo, influye positivamente en la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta Kingsmill al botadero Tucto en la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a) Al relacionar el tonelaje y número de viajes en los equipos de acarreo, influye positivamente en el análisis de la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto de la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021.

- b) Al relacionar el incremento de unidades de acarreo y tonelaje, influye positivamente en el análisis de la optimización de costos de transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto de la empresa ECOSERMY – Morococha, 2021.

1.5. Identificación de las variables

1.5.1. Variable independiente

Variables operacionales en equipos de acarreo

1.5.2. Variables dependientes

Reducción de costos del transporte de lodos

1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Tabla de variables

Variables	Definición		Definición operacional		
	Conceptual		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Variables operacionales en los equipos de acarreo.	Las variables operacionales en equipos de acarreo están relacionadas a la optimización del transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto.	<ul style="list-style-type: none"> • Geológico • Geomecánico • Operacional 	<p>Dominio geológico</p> <p>Dominio geomecánico</p> <p>Indicadores Productividad</p>	<p>Mineralogía, leyes, contaminantes, estructuras mineralizadas, etc.</p> <p>Propiedades del macizo rocoso</p> <p>Tonelaje, número de viajes, etc.</p>	
VD: Reducción de costos de transporte de lodos.	Reducir los costos de acarreo de transporte de lodos, se relacionará directamente al tonelaje transportado, número de viajes, densidad, etc..	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores Económicos 	<p>Costo de transporte</p> <p>Consideraciones económicas</p>	Costo unitario de transporte de lodos	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

- Tesis titulada: “*Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmante en la veta Gavia – Nivel 100, unidad minera Huarón*”, de la universidad Continental. El objetivo del trabajo de investigación permitió analizar los indicadores de utilización y disponibilidad para optimizar los costos de transporte de material (mineral y desmante) en la veta Gavia. Los resultados asociados a las diferentes actividades de los equipos de acarreo, permitió analizar las diferentes actividades que influyen en la pérdida de tiempo operacional, mediante la herramienta de Pareto. Estas actividades asociadas a los diferentes tiempos, al tonelaje transportado y su costo unitario, permitió un ahorro de 0.21 US \$/t de material transportado. (1)

- Tesis titulada: “*Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.*” de la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo de la investigación está asociado a la reducción de costos de carguío y acarreo mediante el incremento de la producción. El incremento de la producción durante el periodo de estudio de 35,469 t 45,039 t, permitió la reducción de costos de carguío en

0.44 \$/t y de costos de acarreo en 0.44 \$/t, mediante un mejor control de los indicadores de desempeño implementados en la unidad minera. (2)

- Tesis titulada: “*Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos argos, Toluviejo-Sucre*” de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. El objetivo principal es la optimización de los ciclos de minado: carguío, transporte y descarga de calizas, realizando un exhaustivo análisis del ciclo de operación. Este análisis permitió identificar la pérdida de tiempo operacional asociado a las diferentes actividades relacionadas en los procesos de carguío y transporte de caliza, así mismo considerando el óptimo de mantenimiento de vías para un adecuado cumplimiento de tiempos operacionales y un mejor rendimiento de los equipos en análisis. (3)
- Tesis titulada: “*Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura Arequipa*” de la Universidad Nacional del Altiplano. El objetivo de la investigación es la optimización y reducción de costos de acarreo en la unidad minera Tambomayo. Los resultados originados por el presente estudio fueron una reducción de 3.5 minutos a 2.7 minutos en el ciclo de acarreo, asimismo se optimizó el rendimiento del Scoop de 4.2 yd³ incrementándose de 25.98 m³/h a 30.44 m³/h. (4)
- Tesis titulada: “*Estudio de kpis en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 t/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining*” de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo principal de la investigación es la mejora de los KPis en los procesos unitarios de perforación, carguío y acarreo con el incremento de la producción de 3,000 a 3,600 t/día en la unidad minera Pallancata. Como resultado, se incrementaron la utilización efectiva en perforación, carguío y acarreo mayores al 40 %, con un incremento de 19 volquetes más. (5)

2.2. Generalidades de la planta de Kingsmill

2.2.1. Historia

Durante la historia de la construcción de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill, se considera las siguientes etapas: (6)

- ✓ Periodo 1929 – 1934: por efecto del drenaje de aguas ácidas, de las operaciones mineras en el distrito de Morococha se construye el túnel Kingsmill por la Cerro de Pasco Copper Corporation.

- ✓ Periodo 1874: se nacionaliza la Cerro de Pasco Copper Corporation, formando Centromín Perú, con su unidad Morococha.

- ✓ Periodo 1997: se realiza un estudio de las principales empresas responsables en el tratamiento de aguas residuales por parte de Water Management Consultants.

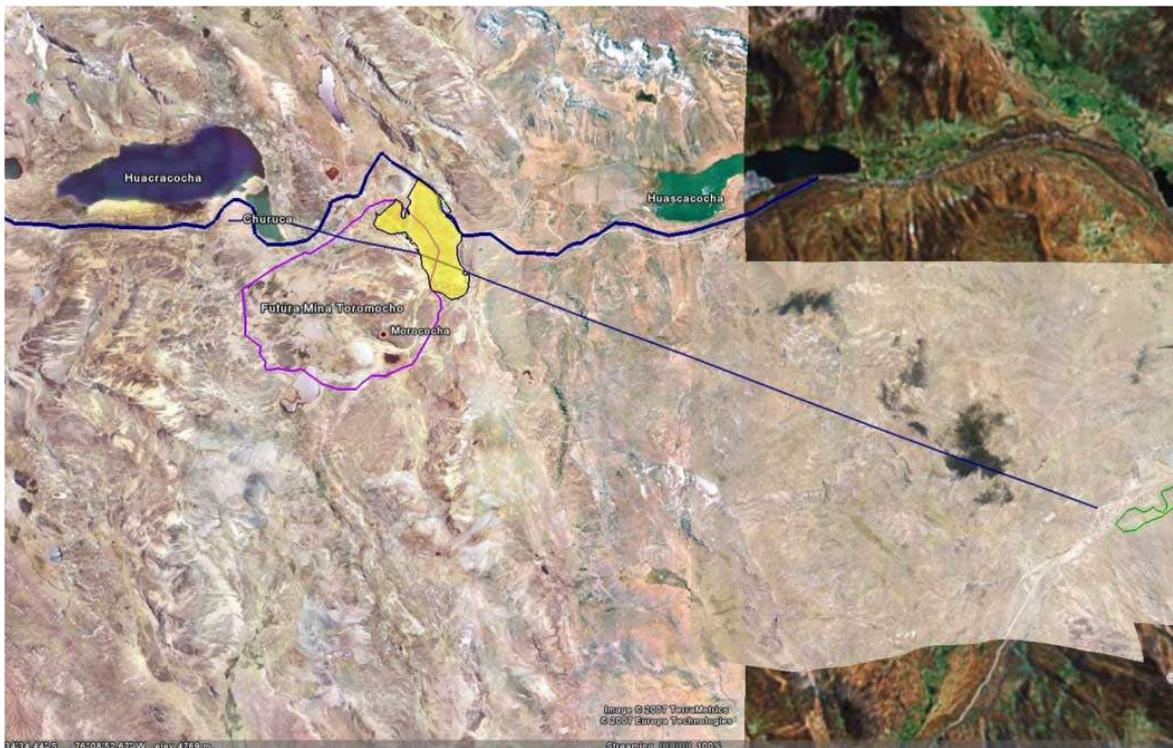
- ✓ Periodo 1999: las empresas Klohn Crippen – SVS y Simons, realizan estudios de pre - factibilidad y factibilidad para el tratamiento de aguas del túnel Kingsmill.

- ✓ Periodo 2001 – 2002: se realizan pruebas piloto por Golder Associates Ltd, confirmando los estudios de factibilidad.

- ✓ Periodo 2003: mediante la resolución del 15 de agosto del 2003 se conforma el proyecto integral compartido del tratamiento de las aguas del túnel Kingsmill entre Soc. Minera Corona, Soc. Minera Austria Duvaz y Centromín Perú.

- ✓ Periodo 2004: Water Management Consultants, hizo una revisión de responsabilidades ambientales relacionadas al tratamiento de las aguas del túnel Kingsmill.

- ✓ Periodo 2006: Minera Perú Copper se compromete financiar la planta de tratamiento de aguas del túnel Kingsmill, entregando un fideicomiso de US \$ 15 millones de dólares, garantizando la inversión total de la planta de tratamiento.
- ✓ Periodo 2007. Minera Perú Copper presenta el estudio de factibilidad de la planta de tratamiento, incrementando el fideicomiso en US \$ 9 millones de dólares.



**Figura 1. Vista panorámica del túnel Kingsmill.
Tomada de Minera Perú Copper S.A.**

Durante el mes de agosto del 2004, la empresa consultora Water Management Consultants (WMC) realizó un estudio para determinar la influencia de las empresas mineras que afectan y generan las aguas hacia el túnel Kingsmill, siendo resumido en la tabla adjunta.

Tabla 2. Responsabilidades de los concesionarios mineros en el drenaje de aguas ácidas al túnel kingsmill

Compañía	Grado de Responsabilidad
Centromin Peru S.A	50.13%
Sociedad Minera Corona	26.07%
Natividad	12.39%
Sociedad Minera Puquiococha	7.61%
Sociedad Minera Austria Duvaz	2.42%
Pomatarea S.A.	1.07%
Sucesión Marcionelli	0.28%
Mina Centrominas	0.03%
Total	100.00

Tomada de Water Management Consultants (WMC)

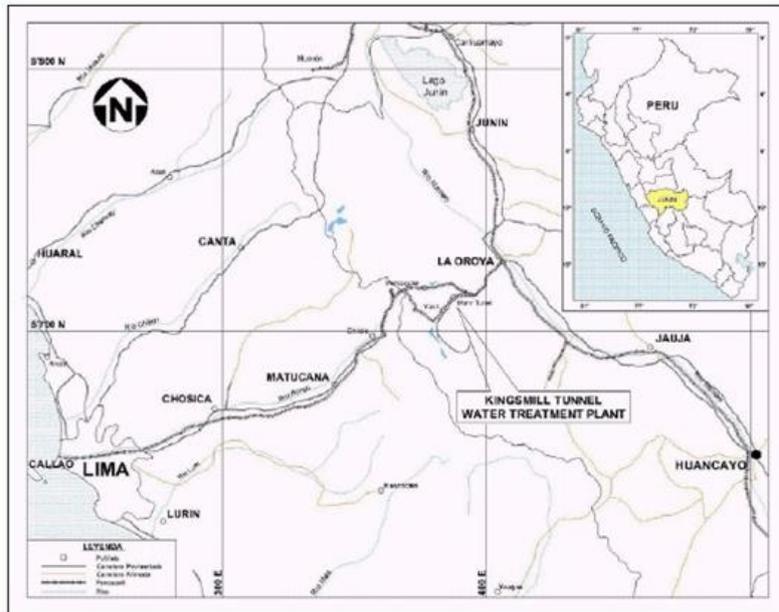
2.2.2. Ubicación

La planta de tratamiento y el depósito de lodos se ubican en el distrito y provincia de Yauli, departamento de Junín. Ubicado en las coordenadas:

- ✓ Planta de tratamiento: 8714168.85N y 385226.77 E
- ✓ Depósito de lodos: 8718432.42 N y 377356.80 E
- ✓ Con una altura de 4000 a 4400 m s. n. m.

2.2.3. Accesibilidad

El acceso hacia el área de estudio desde Lima, se realiza por vía terrestre. Iniciando desde la ciudad de Lima hasta el kilómetro 149 (centro poblado de Yauli) por la carretera Central por carretera asfaltada. A partir de este desvío, pasando por Pachachaca, Mahr Túnel y Yauli, por una carretera afirmada de 26 kilómetros hasta la laguna Pomacocha, con un tiempo total desde la ciudad de Lima en 3 horas.



**Figura 2. Ubicación de la planta de tratamiento del túnel Kingsmill
Tomada de Minera Perú Copper S. A.**

2.3. Geología regional

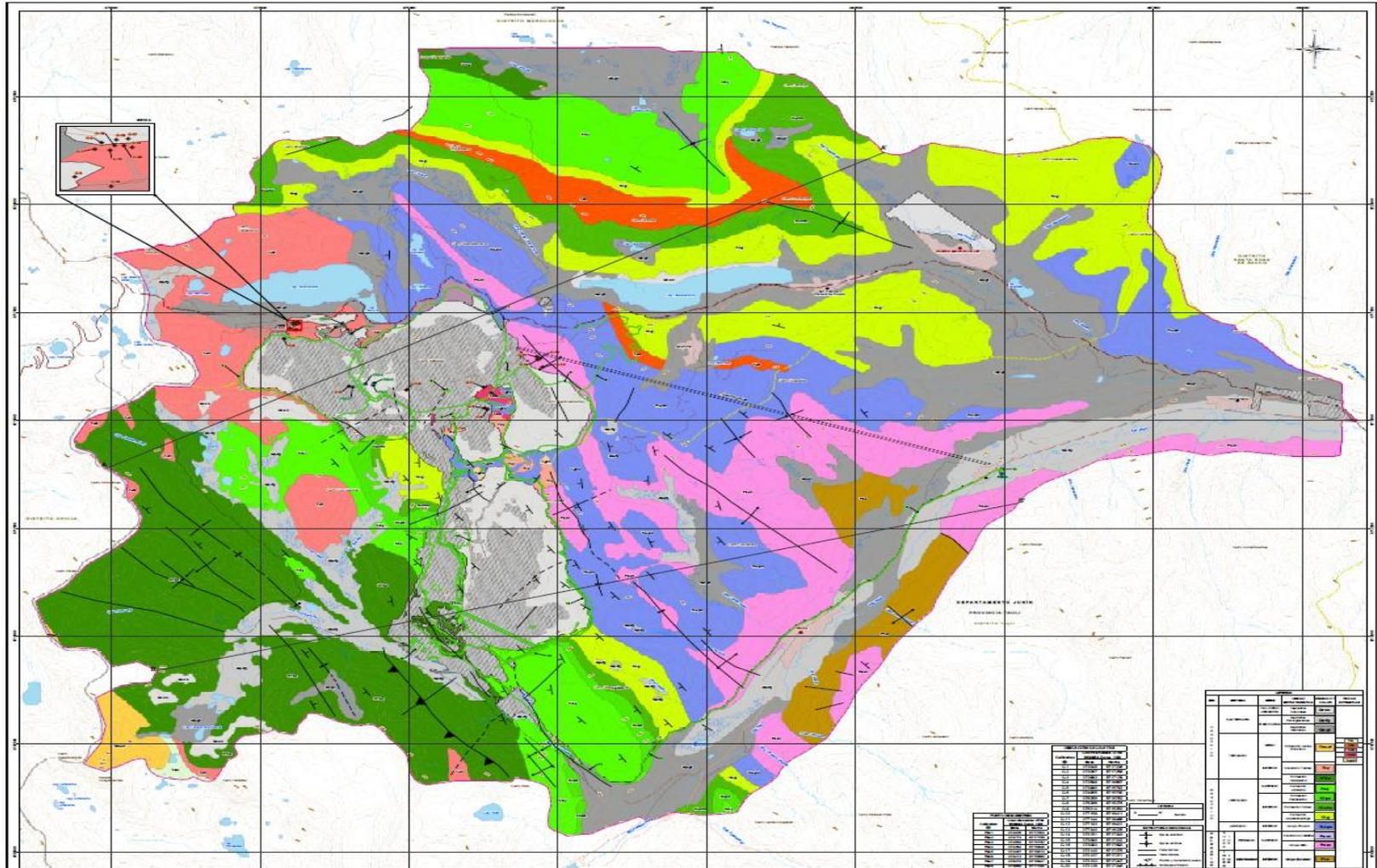
Las concesiones que influyen directamente en la generación de aguas ácidas y drenadas al túnel Kingsmill son las operaciones pertenecientes al distrito de Morococha y el proyecto Toromocho.

Las rocas más antiguas están asociadas al paleozoico del grupo Excelsior, asociadas a filitas en la parte central del domo de Yauli.

Sobreyace a esta unidad los volcánicos del grupo Mitu. Debajo de esta unidad está representada por las calizas del grupo Pucará, los cuales han sido parte fundamental en la génesis de las principales estructuras mineralizadas.

La actividad ígnea asociada a rocas volcánicas, intrusivas, diques y pórfidos disturban los ambientes metamórficos y sedimentarios, formando mineralización de extensiones importantes en el distrito de Morococha.

La actividad tectónica magmática jugó un papel importante, en el distrito deformando y generando zonas de cizalla para la migración de soluciones hidrotermales y la mineralización presente en el distrito minero.



**Figura 3. Plano geológico regional del distrito de Morococha
Tomada de Departamento de Geología, minera Chinalco**

2.4. Estratigrafía

La secuencia estratigráfica involucra las siguientes formaciones con edades del paleozoico al mesozoico:

2.4.1. Grupo Excelsior (Silúrico - Devónico).

Compuesta por filitas, ubicada en la parte central del anticlinal Chumpe, compuesta por lutitas.

2.4.2. Grupo Mitu (Pérmico).

Compuesta por rocas volcánicas, compuesta principalmente por andesitas, dacitas con cantidades menores de tufos, brechas y conglomerados, y una potencia de 760 m (Mc Laughlin).

2.4.3. Grupo Pucará (Jurásico).

Asociados principalmente a calizas, los que han sido divididos en 6 horizontes, con un espesor promedio de 430 m. Esta litología representa un metalotecto a lo largo del distrito minero, hospedando diferentes estructuras mineralizadas.

2.4.4. Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior).

Compuesta principalmente por conglomerados, areniscas, lutitas rojas, calizas y horizontes volcánicos considera una potencia promedio de 400 a 600 m (Bouwell y Heshaw).

2.4.5. Grupo Machay.

Compuesta principalmente por calizas negras lutáceas y margas, con una potencia promedio de 450 m (Bouwell).

2.4.6. Depósitos cuaternarios.

Representan los depósitos de origen glaciar.

a fracturas post o concomitantes con los intrusivos Chumpe y San Francisco (etapa de mineralización) y la cuarta etapa asociada a fracturas post-mineralización.

2.5.3. Mineralogía.

Asociados a minerales hipógenos los cuales consideran minerales de Cu, Mo, Pb y Zn, así como los minerales supergénicos con minerales de Cu.

2.5.4. Paragenesis y zonamiento

Principalmente compuestos por minerales de Cu, en la parte central de stocks y contacto con calizas. Considera un zoneamiento horizontal: en la zona principal compuesta por minerales de Cu como: enargita, calcopirita, tetraedrita, etc., en la zona intermedia compuesta por: minerales de Pb y Zn como: galena, esfalerita, etc. y en la zona externa compuesta por minerales de Pb y Ag asociado a: galena argentífera, freybergita, etc.

2.6. Bases teóricas

Las aguas que son drenadas hacia el túnel Kingsmill son producto de las diferentes operaciones mineras en el distrito, siendo una de las principales causas de impacto ambiental en la fauna, vegetación, suelos, zonas de vida a nivel distrital y departamental. La construcción de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill permite mitigar y controlar el impacto que generan las aguas vertidas hacia la planta de tratamiento. El diseño de la planta corresponde al proceso convencional de lodos de alta densidad (HDS), cuya función es remover los metales presentes como coprecipitados de hierro en las superficies de las partículas recirculadas en lodos.



Figura 5. Ubicación de la planta de tratamiento (HDS) y depósito de lodos



Figura 6. Ubicación de la planta de tratamiento (HDS) y depósito de lodos



Figura 7. Ubicación del Botadero de Tucto

La vida operacional de la planta de tratamiento del túnel Kingsmill será para 30 años, con un caudal promedio de 3960 m³/hr, y un capex de US \$ 33,000,000 millones de dólares.

Tabla 3. Parámetros de diseño de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill

Parámetro de Diseño	Valor de Diseño	Fuente
Caudal de Diseño	5,040 m ³ /h	Hydro-geo Ingeniería KC-SVS Sociedad Minera Corona Water Management Consultants
Caudal Promedio	3,960 m ³ /h	
Diseño y Desempeño del Proceso	Diseño para cumplir con los requisitos del permiso en base a la descarga proyectada del túnel	MPC
Vida de Diseño de la Planta	30 años	MPC
Repuestos Instalados	El equipo fundamental tiene repuestos instalados cuando es posible	MPC/AMEC
Automatización y Control	Alto nivel de automatización incluyendo el suministro de control remoto	MPC

Tomada de Water Management Consultants

Los costos operacionales anuales programados, para la operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill es de US \$ 2,168,000 dólares, considerando reactivos, mano de obra, mantenimiento, disposición de lodos, etc., siendo detallados en el cuadro adjunto. Estos costos asumen el tratamiento de un caudal promedio de 3,960 m³/h o de 0.075 \$/m³, considerando el tratamiento durante las 20 horas de operación.

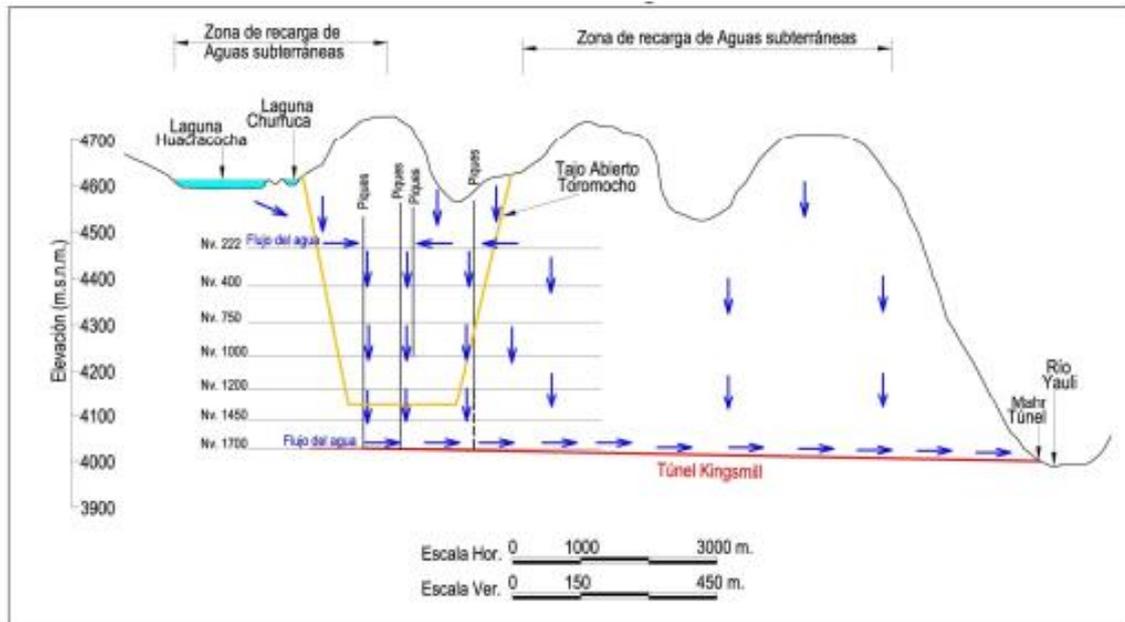
Tabla 4. Resumen de costo de operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill

Descripción	Costo Anual (US\$)
Reactivos	961,000
Servicios Públicos	394,000
Mano de Obra de Operaciones y Manten.	143,000
Capital de Operaciones y Mantenimiento	174,000
Disposición del Lodo	280,000
Otros	19,000
Contingencia	197,000
Costo Operativo Anual Estimado	2,168,000

Tomada de Water Management Consultants

Actualmente la empresa minera Chinalco, propietaria del proyecto minero Toromocho, asume todos los compromisos con la gestión y operación de la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill, siendo su principal compromiso el de preservar el medio ambiente, controlando y tratando las aguas que drenan al río Yauli.

Como se mencionó en párrafos anteriores la zona de recarga de aguas subterráneas y las aguas ácidas que generan las diferentes operaciones mineras y que drenan hacia el túnel Kingsmill, así como la influencia del tajo abierto de Toromocho son controlados y tratados mediante la planta de tratamiento de aguas ácidas mediante la metodología de tratamiento de lodos de alta densidad (HDS), construida y operada por minera Chinalco Perú.



**Figura 5. Situación actual - perfil túnel Kingsmill
Tomada de Water Management Consultants**

El agua ácida tratada en la planta de tratamiento genera lodos y estos son enviados al botadero de Tucto, el cual ha sido diseñado y construido bajo normas internacionales y consideraciones legales y ambientales a solicitud del estado peruano.

2.6.1. Consideraciones de equipos de acarreo

La empresa ECOSERMY cuenta con 11 encapsulados de marca Volvo, modelo FH 6X4 T, el cual considera un tonelaje nominal de 24 toneladas. Estas unidades transportan lodos desde la planta de tratamiento de aguas del túnel Kingsmill hasta el botadero de Tucto, propiedad de la minera Chinalco.



VOLVO FH 6X4T EVOLUTION 420/460/500/540 CV



Volvo Trucks. Acelerando el futuro.

DATOS TÉCNICOS

MOTOR

Modelo: VOLVO D13C Euro 5 SCR
Características: 12,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.
Potencias: 420 / 460 / 500 / 540 CV (1400 - 1900 rpm)
Torques: 2.100 / 2.300 / 2.500 / 2.600 Nm (1000 - 1400 rpm)

CAJA DE VELOCIDADES

Modelo: Volvo AT2612F
Tipo: Automática sin sincronizados.
Sistema: I-Shift
Marchas: 12 velocidades (14,94:1)
Opcional: I-Shift de 14 marchas: 12 + 2 súper reducidas (32,04:1/19,38:1)

FRENOS

Tipo: Frenos a tambor con ABS.
Opcional: Frenos a disco (EBS) c/Control de Tracción
Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de las válvulas de 410 CV.
Opcional: VEB + (510 CV)/Retarder

TANQUES DE COMBUSTIBLE

Combustible: Aluminio D-Shape de 940 litros
Aditivo SCR: Capacidad de 64 litros

* Para entre ejes 3.600 mm / suspensión parabólica

DIFERENCIAL

Modelo: RTS2370 sin reductor de cubos
Relación de reducción: de 3,09 :1 a 4,50:1
Capacidad de arrastre (CMT): 78 Ton
Opcionales: Eje con red. de cubos RTH 2610 /3210/3312 con relación hasta 7,21:1 y 100 Ton de CMT*; Eje elevable y desembragable.**
 * CMT mayores bajo consulta.
 ** Solo con suspensión neumática / 21, 23, 26 Ton de carga con o sin reductor de cubos.

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.
Capacidad: 7.100 a 9.000 Kg

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo: Ballestas parabólicas con amortiguadores y barra estabilizadora.
Opcional: Semiéptica o neumática de 8 fuelles.
Capacidad: de 21.000 a 32.000 Kg

CHASIS

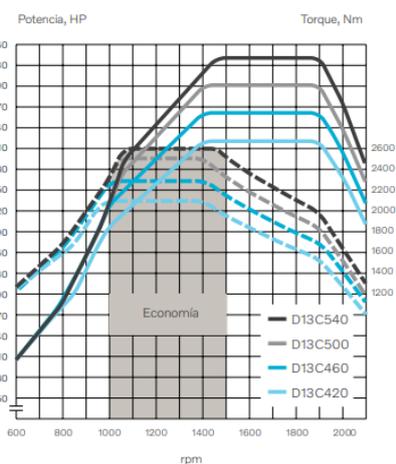
Material: Acero especial LNE60
Quinta rueda: Jost JSK 37CX-Z
Altura de quinta rueda: 185 mm
Diámetro perno: 50 mm (2")

NEUMÁTICOS Y LLANTAS

Neumáticos: 295/80R22,5*
Llantas: Acero 9"***
Opcional: Llantas de Aluminio
 * Consultar por otras medidas

D13C Potencia/Torque

Potencia según ISO 1585, Dir. 89/491/EEC, ECE Reg 85



PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Cap. técnica	7.100 a 9.000	21.000 a 32.000	28.100 a 41.000
Límite legal	6.000	18.000	24.000
Peso chasis*	5.244	4.205	9.449

*Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. Llantas de acero, frenos a tambor y cabina techo normal.

Figura 6. Características técnicas de los encapsulados Volvo FH 6x4 T, para transporte de lodos
 Tomada de Water Management Consultants

2.6.2. Distancia de transporte de lodos

La distancia total desde la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill hacia el botadero Tucto de minera Chinalco es de 27.91 kilómetros aproximadamente.

Los tramos que componen el layout de transporte desde la planta de lodos hasta el botadero de Tucto considera 2 tramos: el primero desde la planta hasta el desvío

de la carretera central y el segundo desde el desvío de la carretera central hasta el botadero Tucto.

Las consideraciones de mantenimiento en los 2 tramos asociados al layout de acarreo, considerando las condiciones de vía como la gradiente y la resistencia a la rodadura, asociado directamente al mantenimiento de vías, permitirá controlar en forma adecuada la velocidad de transporte con carga y sin carga y as u vez influirá en el rendimiento de los equipos. Este control del rendimiento de los equipos de transporte (encapsulados), se relacionará con el número de viajes realizado por la flota de transporte de la empresa Ecofermy.

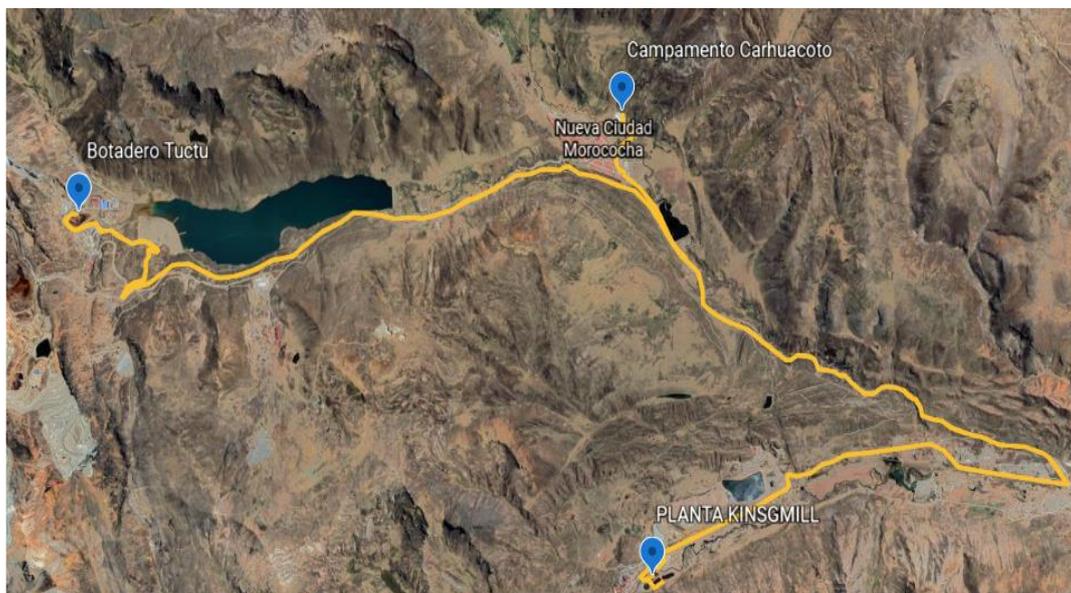


Figura 7. Layout de acarreo de transporte de lodos desde la planta de lodos hacia el botadero de Tucto

El tramo 1 considera una distancia de 11.96 kilómetros aproximadamente, desde la planta de tratamiento hasta el desvío de la carretera central, con condiciones de vía tipo trocha afirmada, en buen estado de mantenimiento (resistencia a la rodadura 1 %).

El tramo 2 considera una distancia de 15.95 kilómetros aproximadamente, desde desvío hasta el botadero Tucto, con condiciones de vía tipo asfaltado en buen estado de mantenimiento.

Tabla 5. Distancia desde la planta de tratamiento de aguas ácidas del túnel Kingsmill hasta el botadero Tucto

DISTANCIA DE ACARREO			
PLANTA TRATAMIENTO - BOTADERO TUCTO			
TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIPO	LAYOUT
TRAMO 1	11.96	Trocha Afirmada	Planta - desvío carr. central
TRAMO2	15.95	Asfaltado	Desvío - botadero Tucto
TOTAL	27.91		

2.6.3. Consideraciones de operación

Una vez realizado el tratamiento de las aguas ácidas del túnel Kingsmill por la planta de tratamiento, mediante el método de generación de lodos de alta densidad (HDS), permitirá enviar estos lodos en pozas para su secado y sedimentación, los cuales serán transportados hacia el botadero Tucto de propiedad de minera Chinalco.

Las operaciones unitarias de operación consideran la preparación de lodos de los diferentes frentes operacionales (pozas 1 y 2), considerando la nivelación y compactación, para estar listos en el carguío y transporte de lodos, realizados por las excavadoras y encapsulados.

Las pozas de lodos, estarán en continua supervisión para su posterior cargado y transporte, siendo los equipos de carguío los que realizan la primera etapa de operación unitaria.



Figura 8. Preparación de material a ser cargado y transportado en la planta de tratamiento hacia el botadero Tucto

La actividad de preparación de los lodos en los diferentes frentes de operación es realizada por los equipos de carguío (palas), el cual considera el perfilamiento y nivelación del área, donde los equipos de acarreo ingresarán bajo condiciones de operación y de seguridad.

Las condiciones de seguridad obligan que las condiciones de operación en la etapa de carguío es mantener el piso y tener una pendiente estable para que la excavadora ingrese con tranquilidad a los diferentes frentes operacionales.

Si las condiciones de inestabilidad generan un terreno en desnivel, compactarlo y generar un piso estable.



Figura 9. Desnivel de lodos a ser cargados y transportados en la planta de tratamiento hacia el botadero Tucto



Figura 10. Desnivel de lodos a ser cargados y transportados en la planta de tratamiento hacia el botadero Tucto

Una vez generada la nivelación de los frentes de operación de lodos a ser cargados, se procederá a ser cargados en los equipos de transporte (encapsulados).



Figura 11. Sector operacional nivelado y compactado, para el carguío de lodos



Figura 12. Sector operacional nivelado y compactado, preparado para el carguío de lodos

Una vez preparado los frentes operacionales serán cargados por la excavadora de marca Doosan 340 de 2.01 m³, los cuales están directamente relacionados con el rendimiento de los equipos de acarreo, considerando un match factor óptimo.



Figura 13. Carguío de lodos en los equipos de transporte (encapsulados) para el botadero Tucto

Una vez cargado los lodos a los encapsulados, son transportados al botadero de Tucto, para luego ser descargados. La descarga de material en el botadero, son controlados y supervisados por la minera Chinalco.



Figura 14. Botadero Tucto (laguna Churuca)



Figura 15. Descarga de lodo en botadero Tucto

Durante el recorrido de las unidades que transportan lodos se hacen seguimientos, para supervisar que no halla derrame en el trayecto, así como también para controlar las velocidades de las unidades.



Figura 16. Limpieza en el tramo planta kingsmill al botadero Tucto



Figura 17. Material recuperado de la limpieza en el tramo planta Kingsmill al botadero Tucto

2.6.4. Consideraciones de tonelaje transportado

El tonelaje transportado durante el periodo abril, mayo y junio fueron en total de 77,610.69 toneladas.

Tabla 6. Tonelaje transportado de lodos al botadero Tucto, periodo mes de abril.



TRANSPORTE DE LODOS PLANTA KINGSMILL ABRIL		
N° DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA
1.00	17/04/2021	577.66
2.00	18/04/2021	765.75
3.00	19/04/2021	1,047.21
4.00	20/04/2021	1,056.82
5.00	21/04/2021	1,050.35
6.00	22/04/2021	960.68
7.00	23/04/2021	1,034.10
8.00	24/04/2021	1,209.01
9.00	25/04/2021	1,123.06
10.00	26/04/2021	1,144.13
11.00	27/04/2021	1,116.86
12.00	28/04/2021	1,126.63
13.00	29/04/2021	1,165.66
14.00	30/04/2021	279.21
TOTAL		13,657.13

El tonelaje transportado durante el mes de abril fue de 13,667.13 toneladas, considerando un total de 14 días de operación, con un promedio diario de 975.51 toneladas diarias.

Tabla 7. Tonelaje transportado de lodos al botadero Tucto, periodo mes de mayo



TRANSPORTE DE LODOS PLANTA KINGSMILL MAYO

Nº DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA
1.00	01/05/2021	665.890
2.00	02/05/2021	1,054.430
3.00	03/05/2021	1,570.560
4.00	04/05/2021	1,422.700
5.00	05/05/2021	1,510.030
6.00	06/05/2021	1,351.500
7.00	07/05/2021	1,641.000
8.00	08/05/2021	1,634.110
9.00	09/05/2021	1,723.820
10.00	10/05/2021	1,453.120
11.00	11/05/2021	1,377.880
12.00	12/05/2021	1,594.710
13.00	13/05/2021	1,234.160
14.00	14/05/2021	1,360.690
15.00	15/05/2021	1,354.920
16.00	16/05/2021	1,662.040
17.00	17/05/2021	575.810
18.00	18/05/2021	1,672.270
19.00	19/05/2021	1,478.390
20.00	20/05/2021	1,037.080
21.00	21/05/2021	530.800
TOTAL		27,905.910

El tonelaje transportado durante el mes de mayo fue de 27,905.91 toneladas, considerando un total de 21 días de operación, con un promedio diario de 1328.85 toneladas diarias. El resto de los días no trabajaron por consideraciones operacionales de mantenimiento.

Tabla 8. Tonelaje transportado de lodos al botadero Tucto, periodo mes de junio



**TRANSPORTE DE LODOS PLANTA KINGSMILL
JUNIO**

Nº DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA
1.00	01/06/2021	1,046.630
2.00	02/06/2021	1,135.880
3.00	03/06/2021	1,611.590
4.00	04/06/2021	1,450.990
5.00	05/06/2021	1,551.520
6.00	06/06/2021	1,436.010
7.00	07/06/2021	1,750.060
8.00	08/06/2021	1,697.040
9.00	09/06/2021	1,914.160
10.00	10/06/2021	1,586.620
11.00	11/06/2021	1,464.590
12.00	12/06/2021	1,704.300
13.00	13/06/2021	1,389.320
14.00	14/06/2021	1,550.920
15.00	15/06/2021	1,451.400
16.00	16/06/2021	1,700.110
17.00	17/06/2021	1,299.170
18.00	18/06/2021	1,672.270
19.00	19/06/2021	1,625.440
20.00	20/06/2021	1,357.100
21.00	21/06/2021	1,341.900
22.00	22/06/2021	1,574.820
23.00	23/06/2021	1,312.850
24.00	24/06/2021	1,422.960
TOTAL		36,047.650

El tonelaje transportado durante el mes de junio fue de 36,047.65 toneladas, considerando un total de 24 días de operación, con un promedio diario de 1501.98 toneladas diarias.

El análisis del tonelaje transportado se realizará por cada periodo (abril, mayo y junio) considerando la relación, tonelaje, número de viajes y densidad de material.

2.6.5. Consideraciones económicas de transporte

La empresa ECOSERMY considera el incremento de 10 unidades a 15 unidades de transporte, para mejorar el incremento de tonelaje de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero de Tucto.

El costo unitario considerado para el transporte de lodos programado es de 30.8 S/t o de 8.8 \$/t, considera una densidad de 1.10 kg/m³ y un tipo de cambio de 3.5.

Tabla 9. Costo unitario de transporte de lodos desde la planta Kingsmill al botadero Tucto

COSTO TRANSPORTE DE LODOS CON ENCAPSULADOS DE 24 TON					
BUDGET					
DATOS:		CAMIÓN ENCAPSULADO VOLVO			
Modelo:	FH 6X4T		Rendimiento	M3/Km	55
Mano de Obra					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
MOD - 01 - 02	Operador	2.5	1 Tarea	110	275.00
					275.00
Equipo					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Horas por Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
Encapsulado	Costo horario		8 hm	162.66	1,301.30
					1,301.30
Utilidad				8.0%	126.10
Gatos Generales				3.27%	51.52
Total Indirectos				11.3%	177.62
					Sub Total 1,753.92
Implemento Seguridad			Nro Tar	Costo Unitario	
EPP - 01	Supervisión	1	1	3.9	3.86
EPP - 04	Operador Camion	10	1	9.1	90.90
Total Tarea			2		94.76
Costo de Transporte					1,848.68
Factor Avance (Ton/Km)					60.09
Costo Unitario (S./Ton)					30.8
Costo Unitario (US \$/Ton)					8.8

El precio unitario considera el análisis del costo horario de los camiones encapsulados de marca Volvo de 24 toneladas de capacidad, modelo FH 6X4 T, considerando un costo horario de 162.66 S/h o de 46.48 \$/h.

Tabla 10. Cálculo del costo horario de equipos de transporte Volvo de 24 t, modelo FH 6X4T

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE EQUIPOS DE TRANSPORTE

(No incluye gastos generales y utilidad)

MAQUINA O EQUIPO	MARCA	MOD	AÑO	VALOR Adquisición US\$		VALOR Rescate		VALOR Depreciable	Periodo de Depreciación	
				Completo	Sin Llantas	%	\$	US\$	Años	Hrs
EQUIPO TRANSPORTE	VOLVO			Vt	Va= Vt-CII	Pr	Vr= Vt*Pr	Vd= Va-Vr	N	Ve= 2400*N 2400
Camión encapsulado	24 Ton	FH 6X4 T	2019	85,000	61,000	15%	12,750	48,250	3.00	16,200
Camión encapsulado	24 Ton	FH 6X4 T	2018	75,000	51,000	15%	11,250	39,750	3.00	16,200

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE EQUIPOS DE TRANSPORTE

(No incluye gastos generales y utilidad)

COSTO CAPITAL (US\$/HR)			COSTO OPERACION (US\$/HR)							COSTO TOTAL	
Posesión	Intereses	Seguro	Mant-Rep	Combust.	Lubric.	Filtros	Grasas	Llantas	Operador	US\$/HR	
Vd/Ve	Vt*K*i	Vt*K*s	M	C	L	(C+L)*0.15	G	LI		Sin Personal	Con Personal
2.98	1.68	0.26	4.20	21.38	2.25	4.73	1.06	8.57		47.10	
2.45	1.48	0.23	3.70	21.38	2.25	4.73	1.06	8.57		45.85	
Promedio										46.48	

Los datos considerados para determinar el costo horario de los equipos de transporte de 24 toneladas, los que se asume: tasa de interés, seguros, consumos de combustibles, llantas, grasas, así como la vida útil de las llantas y sus costos asociados.

Tabla 11. Datos para la determinación del costo horario de equipos de transporte

DATOS PARA LA DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE EQUIPOS

MAQUINA O EQUIPO	Valor K	Tasa Interes	Tasa Seguros	Manten. y Reparacion	CONSUMOS			Vida Util Llantas Hrs	COSTOS			
					Combustible gl/hr	Lubricantes gl/hr	Grasas lb/hr		Combustible US\$/gl	Lubricantes US\$/gl	Grasas US\$/lb	Llantas UAS\$/go
		i										Cil
Camión encapsulado	0.00012	16.00%	2.50%	80%	4.75	0.250	0.460	2,800	4.50	9.00	2.30	24,000
Camión encapsulado	0.00012	16.00%	2.50%	80%	4.75	0.250	0.460	2,800	4.50	9.00	2.30	24,000

✓ Equipos de carguío: los equipos de carguío asociados al carguío de lodos en los encapsulados se usaron excavadoras de marca Doosan modelo DX340 de 2.01 m³ de capacidad.

Las horas relacionadas promedio a 2 equipos de carguío pala 01 y pala 02, considera promedios diarios de horas de operación durante el mes de abril fue de 9.93 horas, para el mes de mayo fue de 8.51 horas y para el mes de junio fue de 8.41 horas operacionales, considerando un promedio general de 8.95 horas diarias.

Para el mes de abril las horas máquina promedio fueron, en la pala 01 utilizó 10.06 horas y para la pala 02 fueron de 9.80 horas.

Para el mes de mayo las horas máquina promedio fueron, de la pala 01 utilizó 7.17 horas y para la pala 02 fueron de 9.86 horas.

Para el mes de junio las horas máquina promedio fueron, en la pala 01 utilizó 7.57 horas y para la pala 02 fueron de 9.24 horas.

El costo unitario de carguío fue calculado durante el periodo de estudio de 0.30 \$/t.

Tabla 12. Datos para la determinación del costo horario de equipos de carguío.

REPORTE DE EQUIPO N° 001- 002 - 2021

PROVEEDOR : JJ RIOS
 EQUIPO : EXCAVADORA
 PLACA : 340
 MARCA : DOOSAN
 CODIGO : 340
 AREA DE TRABAJO : TRASLADO DE LODO

FECHA	EXC-1	EXC-2	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS MES
26/04/2021	10.20	9.80	20.00	
27/04/2021	11.30	10.00	21.30	
28/04/2021	11.00	10.00	21.00	
29/04/2021	8.20	8.30	16.50	
30/04/2021	9.60	10.90	20.50	
PROMEDIO ABRIL	10.06	9.80	9.93	99.30
01/05/2021	11.30	10.60	21.90	
02/05/2021	8.60	10.30	18.90	
03/05/2021	11.40	12.10	23.50	
04/05/2021	11.00	11.90	22.90	
05/05/2021	12.10	11.90	24.00	
06/05/2021	11.50	11.80	23.30	
07/05/2021	8.00	11.60	19.60	
08/05/2021	11.00	11.80	22.80	
09/05/2021	11.50	11.80	23.30	
10/05/2021	11.60	11.60	23.20	
11/05/2021	11.10	6.20	17.30	
12/05/2021	8.20	11.60	19.80	
13/05/2021	7.10	3.20	10.30	
14/05/2021	6.70	6.60	13.30	
15/05/2021	1.70	11.20	12.90	
16/05/2021	0.00	11.30	11.30	
17/05/2021	3.70	0.00	3.70	
18/05/2021	0.00	10.80	10.80	
19/05/2021	8.00	11.50	19.50	
20/05/2021	8.60	10.70	19.30	
21/05/2021	9.00	6.80	15.80	
29/05/2021	0.00	11.00	11.00	
30/05/2021	0.00	9.00	9.00	
31/05/2021	0.00	11.10	11.10	
PROMEDIO MAYO	7.17	9.85	8.51	408.50
01/06/2021	10.00	10.10	20.10	
02/06/2021	10.00	11.00	21.00	
03/06/2021	4.30	8.50	12.80	
04/06/2021	10.30	11.20	21.50	
05/06/2021	0.00	10.20	10.20	
06/06/2021	10.20	10.10	20.30	
07/06/2021	7.00	6.90	13.90	
08/06/2021	10.00	10.10	20.10	
09/06/2021	10.00	11.20	21.20	
10/06/2021	3.90	3.10	7.00	
PROMEDIO JUNIO	7.57	9.24	8.41	168.10
TOTAL HORAS				675.90
COSTO \$ /Hora				35.00
COSTO TOTAL \$				23,656.50
TONELAJE TRANSPORTADO				77,610.69
COSTO UNITARIO CARGUÍO (\$/ton)				0.30

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El presente trabajo de investigación es de nivel explicativo, utiliza el método inductivo – deductivo, ya que empezamos en situaciones particulares a generales, para realizar la interpretación y mejorar la productividad. Se aplicará a los equipos de acarreo o transporte de la empresa ECOSERMY, en el transporte de lodos desde la planta Kingsmill hasta el botadero de Tucto, de propiedad de minera Chinalco, siendo el resultado un método que mejore la productividad.

a) Método general

Como se describe en el párrafo anterior el método a aplicar es el inductivo – deductivo, donde se observará e investigará los diferentes parámetros operacionales y económicos asociados al tonelaje transportado. Estos resultados obtenidos nos permitirán asociarlos a programas de optimización y reducción de costos en acarreo de material de la empresa ECOSERMY en el transporte de lodos desde la planta Kingsmill al botadero Tucto de propiedad de minera Chinalco.

b) Métodos específicos

La aplicación del procedimiento de recolección de información se describe a continuación:

- ✓ **Recopilación de informes anteriores.** Con el objetivo de realizar un primer diagnóstico, se analizó e interpretó información referente al tema de estudio de las áreas de geología, mina y planta.

- ✓ **Trabajo de campo.** Se realizó las observaciones in situ, en el ciclo de acarreo de transporte de lodos desde la planta Kingsmill hasta el botadero Tucto, analizando tiempos, distancias, etc. de la empresa ECOSERMY.

- ✓ **Trabajo de gabinete.** Se descargó y procesó la información obtenida, generando el análisis respectivo en términos operacionales y económicos.

- ✓ **Resultados.** Finalmente, se analizó e interpretó los resultados obtenidos, y se dio la respuesta a las hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación.

3.2. Alcances de la investigación

3.2.1. Diseño de la investigación

El diseño de investigación del presente trabajo asociará las diferentes variables operacionales en equipos de acarreo que inciden directamente en el rendimiento del transporte de lodos desde la planta Kingsmill hasta el botadero Tucto de minera Chinalco.

3.2.2. Tipo de diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicada, donde se pondrá en aplicación los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y así lograr dar solución al problema planteado.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población pertenece al *layout* de acarreo desde la planta de tratamiento Kingsmill hasta el botadero Tucto, de la empresa ECOSERMY con sus diferentes equipos de acarreo.

3.3.2. Muestra

Pertenece a las 15 unidades encapsuladas de transporte marca Volvo, modelo FH 6X4T en el transporte de lodos de la planta Kingsmill hacia el botadero de Tucto.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Observación
- ✓ Recopilación bibliográfica
- ✓ Información de datos de campo
- ✓ Análisis de laboratorios

3.4.2. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- ✓ Plantillas de Excel
- ✓ Libros
- ✓ Bibliografía de internet
- ✓ PC
- ✓ Tablas estadísticas

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En el presente capítulo se analizarán las variables operacionales como tonelaje de lodos transportado, densidad y número de viajes asociado a su costo de transporte unitario desde la planta Kingsmill hasta el botadero Tucto para la optimización de costos de transporte en la empresa ECOSERMY.

4.1.1. Consideraciones generales de transporte

Las unidades de transporte que fueron evaluadas son los camiones encapsulados de marca Volvo, modelo FH 6X4T de 24 toneladas de capacidad nominal y de años de fabricación 2018 y 2019.

Los camiones encapsulados fueron evaluados durante el mes de abril con 10 unidades y buscando la mejora operacional en los meses mayo y junio con 15 unidades, los cuales fueron analizados en el transporte de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto.

Las 15 unidades fueron analizadas siendo el número de viajes promedio por unidad de 4 por día, durante los meses abril, mayo y junio.

La distancia desde la planta de tratamiento Kingsmill hasta el botadero Tucto considera 2 tramos. El primer tramo desde la planta hasta el desvío de la carretera

central con 11.96 kilómetros. El segundo tramo desde el desvío de la carretera central hasta el botadero Tucto con 15.95 kilómetros, y un total de transporte de 27.91 kilómetros.

Tabla 13. Layout de transporte de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto

DISTANCIA DE TRANSPORTE			
PLANTA TRATAMIENTO - BOTADERO TUCTO			
TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIPO	LAYOUT
TRAMO 1	11.96	Trocha Afirmada	Pllanta - desvío carr. central
TRAMO2	15.95	Asfaltado	Desvío - botadero Tucto
TOTAL	27.91		

4.1.2. Análisis del tonelaje transportado y número de viajes

El análisis de tonelaje de lodos transportado se realizó durante los periodos abril, mayo y junio, considerando un total de 14 días en el mes de abril, 21 días en el mes de mayo y 24 días de análisis para el mes de junio.

El total de tonelaje transportado durante el periodo de estudio fue de 77,611 toneladas de lodos, con 2,845 viajes, con un promedio de 13 encapsulados por día y un promedio de 47 viajes por día.

a) Mes de abril

Durante el mes de abril se consideró un total de 14 días, considerando un total de tonelaje de lodos transportado de 13,657 y un total de 500 viajes, considerando un total de 10 unidades de transporte promedio por día.

El total de tonelaje de transporte diario promedio de lodos fue de 975.51 toneladas y un promedio de número de viajes diarios de 36 viajes diario.

Los días de menor transporte de lodos fueron el 17 de abril, 18 de abril, 22 de abril y el día 30 de abril, con 578 toneladas, 766 toneladas, 961 toneladas y 279 toneladas respectivamente.

Tabla 14. Toneladas de transporte de lodos, periodo mes de abril.

TRANSPORTE DE LODOS - TÚNEL KINGSMILL			
ABRIL			
Nº DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA	NUM. VIAJES
1	17/04/2021	578	21
2	18/04/2021	766	28
3	19/04/2021	1,047	39
4	20/04/2021	1,057	37
5	21/04/2021	1,050	39
6	22/04/2021	961	37
7	23/04/2021	1,034	38
8	24/04/2021	1,209	44
9	25/04/2021	1,123	41
10	26/04/2021	1,144	41
11	27/04/2021	1,117	40
12	28/04/2021	1,127	41
13	29/04/2021	1,166	42
14	30/04/2021	279	12
TOTAL		13,657.13	500

Tabla N° 15: Relación tonelaje y número de viajes, mes de abril.

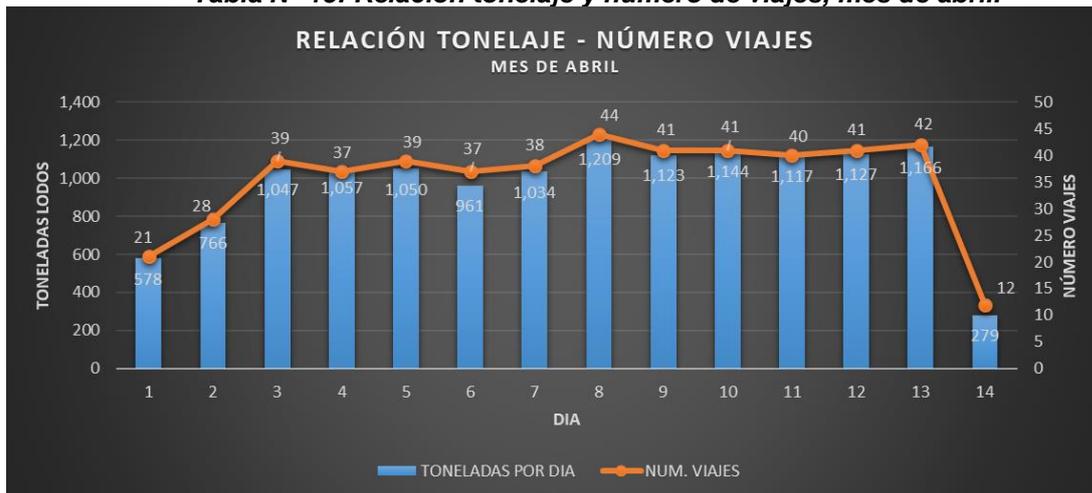


Tabla 16. Toneladas transportadas de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto, periodo mes de abril

RESÚMEN DE TONELAJE

DEL 17 AL 23 DE ABRIL

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	A0P903	616.010	25
2	AAS772	796.590	26
3	ALJ948	318.710	12
4	APF841	617.080	24
5	ARZ873	673.750	23
6	ASK840	794.560	27
7	ASK927	783.600	27
8	AZZ708	416.430	16
9	BAI711	352.160	14
10	BDC783	567.100	23
11	BDC784	556.580	22
TOTAL		6492.57	239
PROMEDIO		590.23	21.73

RESÚMEN DE TONELAJE

DEL 24 AL 30 DE ABRIL

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	A0P903	789.410	28
2	AAS772	748.710	27
3	ALJ948	185.480	7
4	APF841	593.620	22
5	ARZ873	483.500	17
6	ASK840	644.210	22
7	ASK927	372.760	13
8	AZZ708	709.250	26
9	BAI711	642.860	24
10	BDC783	592.230	22
11	BDC784	689.710	26
TOTAL		6451.74	234
PROMEDIO		586.52	21.27

RESÚMEN DE TONELAJE

DEL 29 - 30 DE ABRIL

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	APB921	98.37	4
2	APY821	84.95	3
3	ARZ873	110.17	4
4	ASC804	103.54	4
5	ASK840	115.88	4
6	AWV922	154.07	6
7	BCP715	45.84	2
TOTAL		712.82	27
PROMEDIO		101.83	3.86

Fuente: *Elaboración propia.*

Durante el mes de abril se analizaron 3 semanas. El total de unidades diarias utilizadas: 11 para la primera y segunda semana, 7 para la tercera semana. Se abarcó un total de 14 días de operación.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la primera semana fue de 590.23 toneladas diarias y un promedio de 21.73 viajes por día.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la segunda semana fue de 586.52 toneladas diarias y un promedio de 21.27 viajes por día.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la tercera semana fue de 101.83 toneladas diarias y un promedio de 3.86 viajes por día.

Este menor tonelaje transportado durante la tercera semana fue producto del uso de menores unidades de transporte en 7 unidades, un menor número de viajes en 3.8 viajes por día, un tonelaje diario 101.83 toneladas por día y 2 días de operación.

b) Mes de mayo

Durante el mes de mayo se consideró un total de 21 días, con un total de tonelaje de lodos transportado de 27,905.91 y un total de 1,028 viajes realizados por 15 unidades de transporte promedio por día.

El total de tonelaje de transporte diario promedio de lodos fue de 620.13 toneladas y un promedio de número de viajes diarios de 22.84 viajes diario.

Los días de menor transporte de lodos fueron los días 01 de mayo, 17 de mayo y 21 de mayo con 666 toneladas, 576 toneladas y 531 toneladas respectivamente.

Tabla 17. Toneladas de transporte de lodos, periodo mes de mayo

TRANSPORTE DE LODOS - TÚNEL KINGSMILL			
MAYO			
N° DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA	NUM. VIAJES
1	01/05/2021	666	27
2	02/05/2021	1,054	41
3	03/05/2021	1,571	61
4	04/05/2021	1,423	55
5	05/05/2021	1,510	58
6	06/05/2021	1,352	51
7	07/05/2021	1,641	61
8	08/05/2021	1,634	60
9	09/05/2021	1,724	63
10	10/05/2021	1,453	53
11	11/05/2021	1,378	54
12	12/05/2021	1,595	61
13	13/05/2021	1,234	47
14	14/05/2021	1,361	50
15	15/05/2021	1,355	49
16	16/05/2021	1,662	59
17	17/05/2021	576	21
18	18/05/2021	1,672	60
19	19/05/2021	1,478	51
20	20/05/2021	1,037	30
21	21/05/2021	531	16
TOTAL		27,905.910	1,028

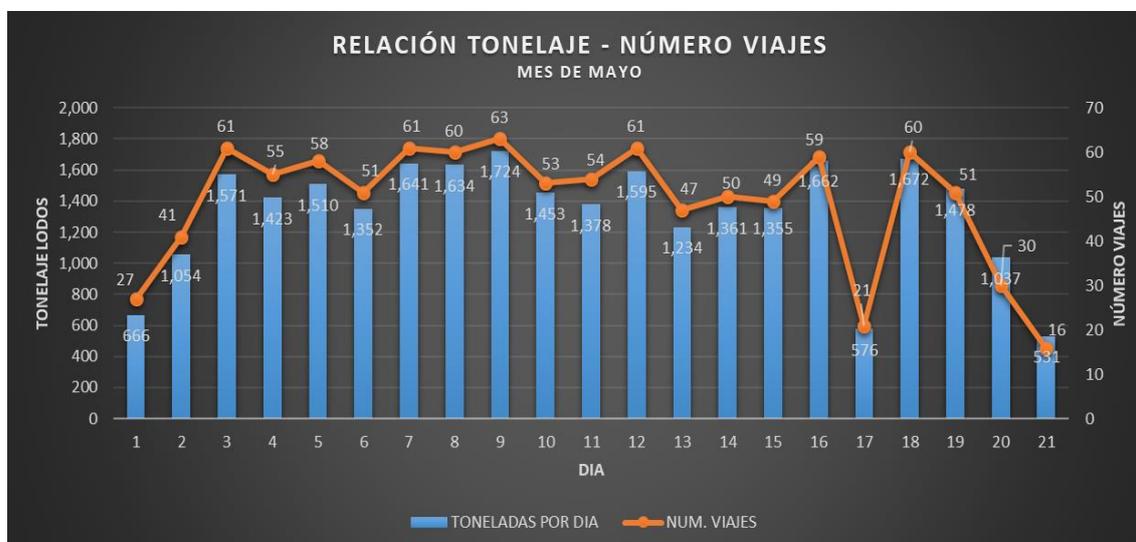


Figura 18. Relación tonelaje y número de viajes, mes de mayo

Tabla 18. Toneladas transportadas de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto, periodo mes de mayo

RESÚMEN DE TONELAJE

DEL 1 AL 07 DE MAYO

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	AAS772	692.270	27
2	AOP903	662.450	24
3	APB921	361.740	14
4	APF841	583.330	24
5	APY821	611.210	24
6	ARZ873	697.270	26
7	ASC804	543.910	23
8	ASK840	690.030	26
9	AWV922	654.340	26
10	AZZ708	787.170	28
11	BAI711	821.950	29
12	BCP715	552.810	23
13	BDC783	624.010	25
14	BDC784	628.640	24
15	BHW844	304.980	11
TOTAL		9216.11	354
PROMEDIO		614.41	23.60

RESÚMEN DE TONELAJE

DEL 8 AL 14 DE MAYO

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	AAS772	692.530	27
2	AOP903	743.400	27
3	APB921	735.660	28
4	APF841	680.940	28
5	APY821	535.460	21
6	ARZ873	672.630	25
7	ASC804	591.570	24
8	ASK840	638.070	23
9	AWV922	762.400	30
10	AZZ708	834.430	28
11	BAI711	862.320	29
12	BCP715	421.480	17
13	BDC783	704.770	26
14	BDC784	823.950	29
15	BHW844	678.880	26
TOTAL		10378.49	388
PROMEDIO		691.90	25.87

RESÚMEN DE TONELAJE

DEL 15 AL 21 DE MAYO

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	AAS772	853.730	26
2	AOP903	760.750	24
3	APB921	387.750	15
4	APF841	369.780	15
5	APY821	518.860	19
6	ARZ873	612.550	20
7	ASC804	481.570	19
8	ASK840	773.190	24
9	AWV922	445.410	17
10	AZZ708	545.960	18
11	BAI711	593.850	19
12	BCP715	497.600	19
13	BDC783	565.580	19
14	BDC784	548.220	19
15	BHW844	356.510	13
TOTAL		8311.31	286
PROMEDIO		554.09	19.07

Durante el mes de mayo se analizaron 3 semanas, con total de 15 unidades diarias utilizadas para la primera, segunda y tercera semana, considerando un total de 21 días de operación.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la primera semana fue de 614.41 toneladas diarias y un promedio de 23.60 viajes por día.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la segunda semana fue de 691.90 toneladas diarias y un promedio de 25.87 viajes por día.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la tercera semana fue de 554.09 toneladas diarias y un promedio de 19.07 viajes por día.

Este menor tonelaje transportado durante la tercera semana fue producto de un menor número de viajes, con su consecuente menor tonelaje transportado.

c) Mes de junio

Durante el mes de junio se consideró un total de 24 días, con un total de tonelaje de lodos transportado de 36,047 toneladas y un total de 1317 viajes, considerando un total de 15 unidades de transporte promedio por día.

El total de tonelaje de transporte diario promedio de lodos fue de 605.93 toneladas y un promedio de número de viajes diarios de 22.13 viajes diario.

Los días de menor transporte de lodos fueron los días 01 de junio, 02 de junio y el 17 de junio con 1,047 toneladas, 1,136 toneladas y de 1,299 toneladas respectivamente.

Tabla 19. Toneladas de transporte de lodos, periodo mes de junio

TRANSPORTE DE LODOS - TÚNEL KINGSMILL

JUNIO

N° DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA	NUM. VIAJES
1	01/06/2021	1,047	42
2	02/06/2021	1,136	44
3	03/06/2021	1,612	63
4	04/06/2021	1,451	56
5	05/06/2021	1,552	61
6	06/06/2021	1,436	54
7	07/06/2021	1,750	64
8	08/06/2021	1,697	62
9	09/06/2021	1,914	69
10	10/06/2021	1,587	58
11	11/06/2021	1,465	57
12	12/06/2021	1,704	65
13	13/06/2021	1,389	54
14	14/06/2021	1,551	57
15	15/06/2021	1,451	52
16	16/06/2021	1,700	59
17	17/06/2021	1,299	48
18	18/06/2021	1,672	60
19	19/06/2021	1,625	56
20	20/06/2021	1,357	44
21	21/06/2021	1,342	45
22	22/06/2021	1,575	53
23	23/06/2021	1,313	46
24	24/06/2021	1,423	48
TOTAL		36,047.650	1,317

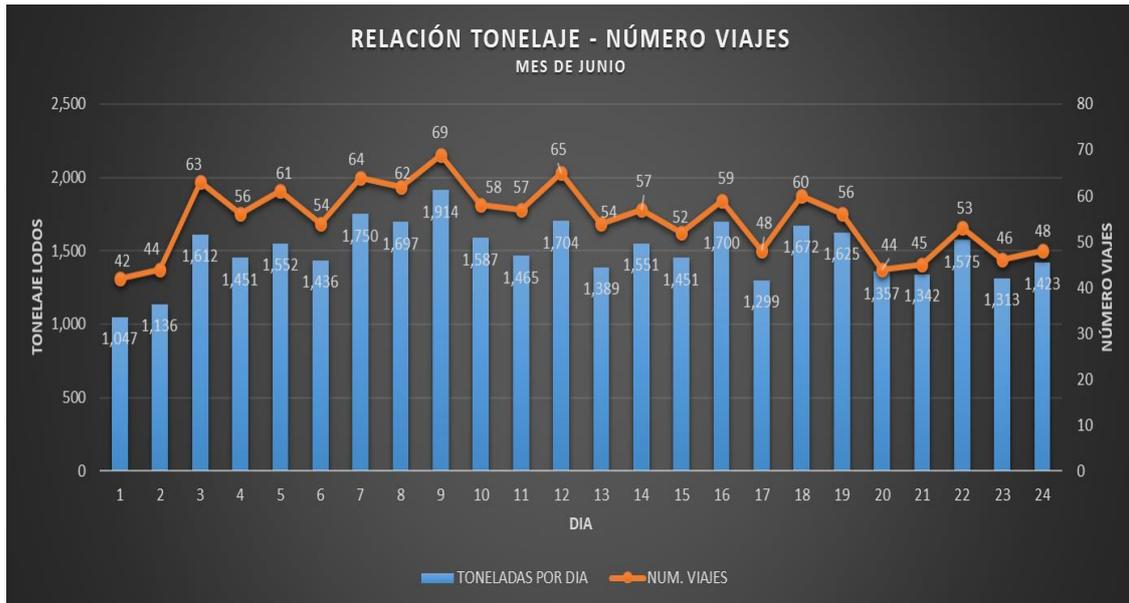


Figura 19. Relación tonelaje y número de viajes, mes de junio

Durante el mes de junio se analizaron 4 semanas, con un total de 15 unidades diarias utilizadas para la primera, segunda, tercera y cuarta semana, considerando un total de 24 días de operación.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la primera semana fue de 665.51 toneladas diarias y un promedio de 25.60 viajes por día.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la segunda semana fue de 753.80 toneladas diarias y un promedio de 28.13 viajes por día.

El tonelaje promedio de lodo transportado durante la tercera semana fue de 696.49 toneladas diarias y un promedio de 24.27 viajes por día.

Finalmente, el tonelaje promedio de lodo transportado durante la cuarta semana fue de 307.90 toneladas diarias y un promedio de 10.50 viajes por día.

Este menor tonelaje transportado durante la cuarta semana fue producto de un menor número de viajes y un menor número de unidades (14) con su consecuente menor tonelaje transportado.

Tabla 20. Toneladas transportadas de lodos desde la planta de tratamiento Kingsmill hacia el botadero Tucto, periodo mes de junio

RESÚMEN DE TONELAJE
DEL 1 AL 07 DE JUNIO

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	AAS772	718.910	28
2	AOP903	745.640	28
3	APB921	361.740	14
4	APF841	693.140	28
5	APY821	686.910	27
6	ARZ873	795.970	30
7	ASC804	635.980	26
8	ASK840	690.030	26
9	AWV922	712.860	28
10	AZZ708	787.170	28
11	BAI711	876.470	32
12	BCP715	596.160	24
13	BDC783	650.790	26
14	BDC784	725.930	28
15	BHW844	304.980	11
TOTAL		9982.68	384
PROMEDIO		665.51	25.60

RESÚMEN DE TONELAJE
DEL 8 AL 14 DE JUNIO

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	AAS772	729.760	28
2	AOP903	771.380	28
3	APB921	765.220	29
4	APF841	735.810	30
5	APY821	647.730	25
6	ARZ873	740.950	28
7	ASC804	694.190	27
8	ASK840	753.710	27
9	AWV922	762.400	30
10	AZZ708	868.280	30
11	BAI711	881.400	30
12	BCP715	650.930	25
13	BDC783	756.830	28
14	BDC784	841.040	30
15	BHW844	707.320	27
TOTAL		11306.95	422
PROMEDIO		753.80	28.13

RESÚMEN DE TONELAJE
DEL 15 AL 21 DE JUNIO

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	AAS772	883.210	28
2	AOP903	877.020	28
	APB921	700.470	26
3	APF841	527.560	20
4	APY821	758.110	27
5	ARZ873	703.360	26
7	ASC804	635.140	22
8	ASK840	791.230	26
9	AWV922	595.460	22
10	AZZ708	689.200	23
11	BAI711	741.960	26
12	BCP715	660.760	24
13	BDC783	726.350	25
14	BDC784	603.090	21
15	BHW844	554.470	20
TOTAL		10447.39	364
PROMEDIO		696.49	24.27

RESÚMEN DE TONELAJE
DEL 22 AL 24 DE JUNIO

	PLACA	TONELAJE	N° VIAJES
1	AAS772	289.780	10
2	AOP903	320.000	11
3	APB921	248.090	9
4	APY821	301.260	11
5	ARZ873	329.370	11
6	ASC804	292.470	10
7	ASK840	319.080	10
8	AWV922	302.470	11
9	AZZ708	347.770	11
10	BAI711	306.870	10
11	BCP715	293.360	10
12	BDC783	342.020	12
13	BDC784	286.020	10
14	BHW844	332.070	11
TOTAL		4310.63	147
PROMEDIO		307.90	10.50

4.1.3. Análisis de la densidad asociada al transporte de lodos

Una de las variables asociadas al rendimiento de equipos de transporte es el tonelaje transportado por viaje, por lo que la incidencia de la densidad de los lodos a ser transportado determinará el tonelaje por viaje.

El tonelaje total de lodos transportado durante los periodos abril, mayo y junio fue de 77,610.69 toneladas, considerando un total de 2,845 viajes, con una densidad promedio de 1.14 kg/m³, con un promedio de número de viajes por día de 27.33 toneladas.

Tabla 21. Rendimiento de transporte de lodos en Ton/viaje periodo abril, mayo y junio

TRANSPORTE DE LODOS - TÚNEL KINGSMILL						
ABRIL - MAYO - JUNIO						
						RENDIMIENTO
MES	DÍAS	TONELADAS	NUM. VIAJES	Densidad	VIAJES/DIA	TON/VIAJE
ABRIL	14	13,657.130	500	1.13	3.54	27.11
MAYO	21	27,905.910	1,028	1.14	3.39	27.45
JUNIO	24	36,047.650	1,317	1.14	3.82	27.42
TOTAL		77,610.690	2,845	1.14	3.58	27.33

a) Mes de abril

El tonelaje total transportado de lodos durante el mes de abril fue de 13,657.13 toneladas, considerando un total de 500 viajes, con una densidad promedio de 1.13 kg/m³, con un número de viajes promedio diario de 3.54 viajes y un tonelaje transportado por día promedio de 27.11 toneladas por viaje.

La densidad de lodos transportado tiene una variabilidad de valores desde un mínimo de 0.97 kg/m³ a un máximo de 1.19 kg/m³. Esta variabilidad en densidad se debe principalmente a los diferentes elementos que son transportados en suspensión en las aguas ácidas drenadas por el túnel Kingsmill de las diferentes operaciones mineras.

Los viajes por día promedio consideran un rango mínimo de 2 viajes por día a un máximo de 4.56 viajes por día. Esta variabilidad de número de viajes por día está directamente relacionada con el tonelaje transportado siendo el mínimo de 271.9 toneladas y el máximo de 1,116.86 toneladas.

El rendimiento asociado al transporte de lodos por viaje considera un promedio de 27.11 toneladas por viaje, siendo el rendimiento mínimo con 23.27 t/viaje, una densidad de 0.97 kg/m³ y un número de viajes por día de 2. El rendimiento máximo considera un valor de 27.92 toneladas por viaje, una densidad de 1.16 kg/m³ y un número de viajes por día de 4.44.

Tabla 22. Rendimiento de transporte de lodos en t/viaje periodo abril

TRANSPORTE DE LODOS - TÚNEL KINGSMILL						
ABRIL						
						RENDIMIENTO
Nº DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA	NUM. VIAJES TOTAL	Densidad	Viajes/dia	TON/VIAJE
1	17/04/2021	577.66	21	1.15	2.10	27.51
2	18/04/2021	765.75	28	1.14	2.80	27.35
3	19/04/2021	1,047.21	39	1.12	3.90	26.85
4	20/04/2021	1,056.82	37	1.19	3.36	28.56
5	21/04/2021	1,050.35	39	1.12	3.90	26.93
6	22/04/2021	960.68	37	1.08	3.70	25.96
7	23/04/2021	1,034.10	38	1.13	3.45	27.21
8	24/04/2021	1,209.01	44	1.14	4.00	27.48
9	25/04/2021	1,123.06	41	1.14	3.727	27.39
10	26/04/2021	1,144.13	41	1.16	4.100	27.91
11	27/04/2021	1,116.86	40	1.16	4.444	27.92
12	28/04/2021	1,126.63	41	1.14	4.556	27.48
13	29/04/2021	1,165.66	42	1.16	3.50	27.75
14	30/04/2021	279.21	12	0.97	2.00	23.27
TOTAL /PROMEDIO		13,657.13	500	1.13	3.54	27.11

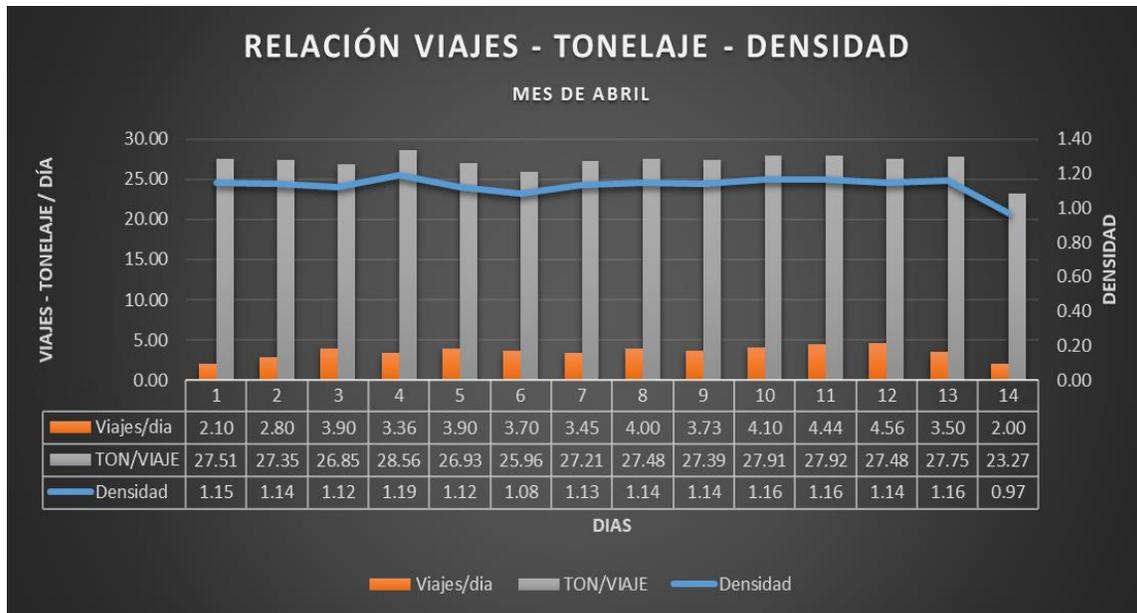


Figura 20. Relación viajes, tonelaje y densidad mes de abril

b) Mes de mayo

El tonelaje total transportado de lodos durante el mes de mayo fue de 27,905.91 toneladas, considerando un total de 1,023 viajes, con una densidad promedio de 1.14 kg/m³, con un número de viajes promedio diario de 3.39 viajes y un tonelaje transportado por día promedio de 27.45 toneladas por viaje.

La densidad de lodos transportado tiene una variabilidad de valores desde un mínimo de 1.03 kg/m³ a un máximo de 1.44 kg/m³. Esta variabilidad en densidad se debe principalmente a los diferentes elementos que son transportados en suspensión en las aguas ácidas drenadas por el túnel Kingsmill de las diferentes operaciones mineras.

Los viajes por día promedio consideran un rango mínimo de 1.40 viajes por día a un máximo de 4.36 viajes por día. Esta variabilidad de número de viajes por día está directamente relacionada con el tonelaje transportado siendo el mínimo de 575.81 toneladas y el máximo de 1,570.56 toneladas.

El rendimiento asociado al transporte de lodos por viaje considera un promedio de 27.45 toneladas por viaje, siendo el rendimiento mínimo con 24.66 t/viaje, una

densidad de 1.03 kg/m³ y un número de viajes por día de 1.93. El rendimiento máximo considera un valor de 34.57 toneladas por viaje, una densidad de 1.44 kg/m³ y un número de viajes por día de 2.14.

Tabla 23. Rendimiento de transporte de lodos en t/viaje periodo mayo

TRANSPORTE DE LODOS - TÚNEL KINGSMILL						
MAYO						
						RENDIMIENTO
Nº DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA	NUM. VIAJES	Densidad	Viajes/día	TON/VIAJE
1	01/05/2021	665.890	27	1.03	1.93	24.66
2	02/05/2021	1,054.430	41	1.07	2.93	25.72
3	03/05/2021	1,570.560	61	1.07	4.36	25.75
4	04/05/2021	1,422.700	55	1.08	4.23	25.87
5	05/05/2021	1,510.030	58	1.08	4.14	26.04
6	06/05/2021	1,351.500	51	1.10	3.40	26.50
7	07/05/2021	1,641.000	61	1.12	4.07	26.90
8	08/05/2021	1,634.110	60	1.13	4.00	27.24
9	09/05/2021	1,723.820	63	1.14	4.20	27.36
10	10/05/2021	1,453.120	53	1.14	3.79	27.42
11	11/05/2021	1,377.880	54	1.06	3.86	25.52
12	12/05/2021	1,594.710	61	1.09	4.07	26.14
13	13/05/2021	1,234.160	47	1.09	3.13	26.26
14	14/05/2021	1,360.690	50	1.13	3.33	27.21
15	15/05/2021	1,354.920	49	1.15	3.27	27.65
16	16/05/2021	1,662.040	59	1.17	3.93	28.17
17	17/05/2021	575.810	21	1.14	1.40	27.42
18	18/05/2021	1,672.270	60	1.16	4.00	27.87
19	19/05/2021	1,478.390	51	1.21	3.40	28.99
20	20/05/2021	1,037.080	30	1.44	2.14	34.57
21	21/05/2021	530.800	16	1.38	1.60	33.18
TOTAL		27,905.910	1,028	1.14	3.39	27.45

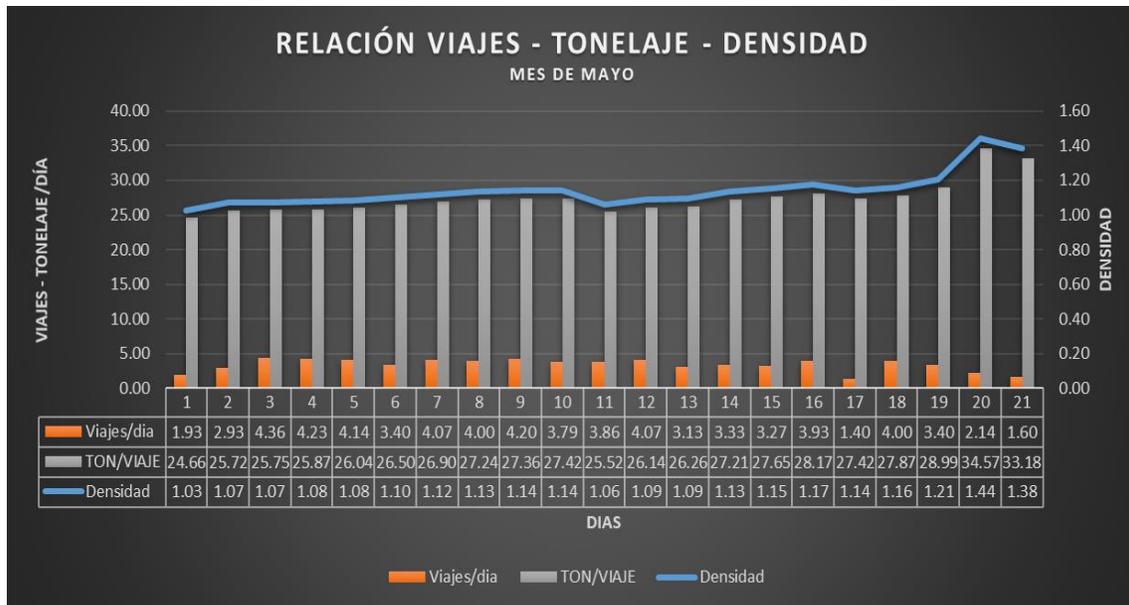


Figura 21. Relación viajes, tonelaje y densidad mes de mayo

c) Mes de junio

El tonelaje total transportado de lodos durante el mes de junio fue de 36,047.65 toneladas, considerando un total de 1,317 viajes, con una densidad promedio de 1.14 kg/m³, con un número de viajes promedio diario de 3.82 viajes y un tonelaje transportado por día promedio de 27.42 toneladas por viaje.

La densidad de lodos transportado tiene una variabilidad de valores desde un mínimo de 1.04 kg/m³ a un máximo de 1.29 kg/m³. Esta variabilidad en densidad se debe principalmente a los diferentes elementos que son transportados en suspensión en las aguas ácidas drenadas por el túnel Kingsmill de las diferentes operaciones mineras.

Los viajes por día promedio consideran un rango mínimo de 3.0 viajes por día a un máximo de 4.60 viajes por día. Esta variabilidad de número de viajes por día está directamente relacionada con el tonelaje transportado siendo el mínimo de 1,046.63 toneladas y el máximo de 1,914.16 toneladas.

El rendimiento asociado al transporte de lodos por viaje considera un promedio de 27.42 toneladas por viaje, siendo el rendimiento mínimo con 24.92 t/viaje, una densidad de 1.04 kg/m³ y un número de viajes por día de 3.0. El rendimiento máximo considera un valor de 30.84 toneladas por viaje, una densidad de 1.29 kg/m³ y un número de viajes por día de 3.14.

Tabla 24. Rendimiento de transporte de lodos en t/viaje periodo mayo

TRANSPORTE DE LODOS - TÚNEL KINGSMILL						
JUNIO						
						RENDIMIENTO
N° DIAS	FECHA	TONELADAS POR DIA	NUM. VIAJES	Densidad	VIAJES/DIA	TON/VIAJE
1	01/06/2021	1,046.630	42	1.04	3.00	24.92
2	02/06/2021	1,135.880	44	1.08	3.14	25.82
3	03/06/2021	1,611.590	63	1.07	4.50	25.58
4	04/06/2021	1,450.990	56	1.08	4.31	25.91
5	05/06/2021	1,551.520	61	1.06	4.36	25.43
6	06/06/2021	1,436.010	54	1.11	3.60	26.59
7	07/06/2021	1,750.060	64	1.14	4.27	27.34
8	08/06/2021	1,697.040	62	1.14	4.13	27.37
9	09/06/2021	1,914.160	69	1.16	4.60	27.74
10	10/06/2021	1,586.620	58	1.14	4.14	27.36
11	11/06/2021	1,464.590	57	1.07	4.07	25.69
12	12/06/2021	1,704.300	65	1.09	4.33	26.22
13	13/06/2021	1,389.320	54	1.07	3.60	25.73
14	14/06/2021	1,550.920	57	1.13	3.80	27.21
15	15/06/2021	1,451.400	52	1.16	3.47	27.91
16	16/06/2021	1,700.110	59	1.20	3.93	28.82
17	17/06/2021	1,299.170	48	1.13	3.20	27.07
18	18/06/2021	1,672.270	60	1.16	4.00	27.87
19	19/06/2021	1,625.440	56	1.21	3.73	29.03
20	20/06/2021	1,357.100	44	1.29	3.14	30.84
21	21/06/2021	1,341.900	45	1.24	3.75	29.82
22	22/06/2021	1,574.820	53	1.24	3.79	29.71
23	23/06/2021	1,312.850	46	1.19	3.29	28.54
24	24/06/2021	1,422.960	48	1.24	3.43	29.65
TOTAL		36,047.650	1,317	1.14	3.82	27.42

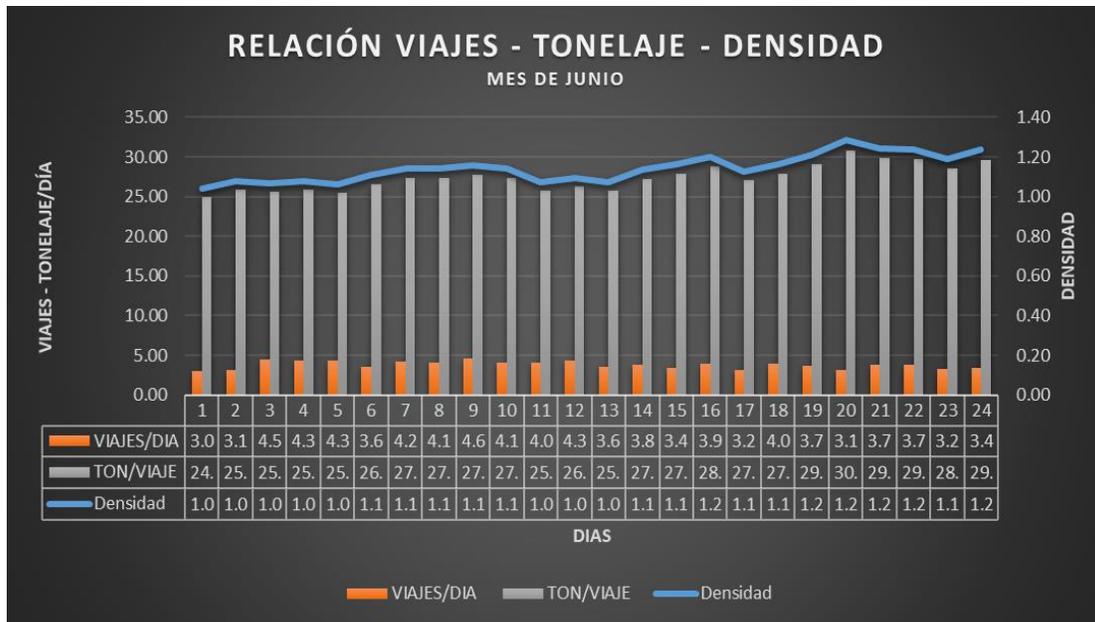


Figura 22. Relación viajes, tonelaje y densidad mes de junio

4.1.4. Análisis del rendimiento de transporte de lodos

El rendimiento de transporte de lodos asume las variables de tonelaje transportado, número de viajes, número de encapsulados, horas de operación y distancia de recorrido.

El total de toneladas de lodos transportadas durante el periodo de estudio fue de 77,610.69 toneladas, con un total de 59 días operativos, 2,845 viajes, considerando un promedio de 13 encapsulados, con una distancia de recorrido desde la planta de tratamiento hasta el botadero Tucto con 27.91 kilómetros y tiempo de operación diaria de 8 horas.

El rendimiento asociado al transporte de lodos considera un promedio durante el periodo mayo a junio de 60 toneladas por kilómetro transportado, siendo in promedio de horas por viaje de 2.24 h/viaje y un total de 27.91 toneladas por viaje (t/viaje).

Tabla 25. Rendimiento de transporte de lodos en Ton/viaje periodo mayo

TONELAJE TRANSPORTADO - ENCAPSULADO
PERIODO ABRIL - MAYO - JUNIO

	Abril	Mayo	Junio
Tonelada Transportada Mes	13,657	27,906	36,048
Número viajes	500.00	1,028.00	1,317.00
Numero de encapsulados	10	15	15
Tonelaje por viaje encapsulado	2.83	1.81	1.82
Tonelaje por viaje	27.31	27.15	27.37
Número viajes por día	3.54	3.39	3.82
Horas por viaje	2.26	2.36	2.10
Distancia recorrido (Km.)	27.91	27.91	27.91
Tn/Km transportado	78.85	50.50	50.92

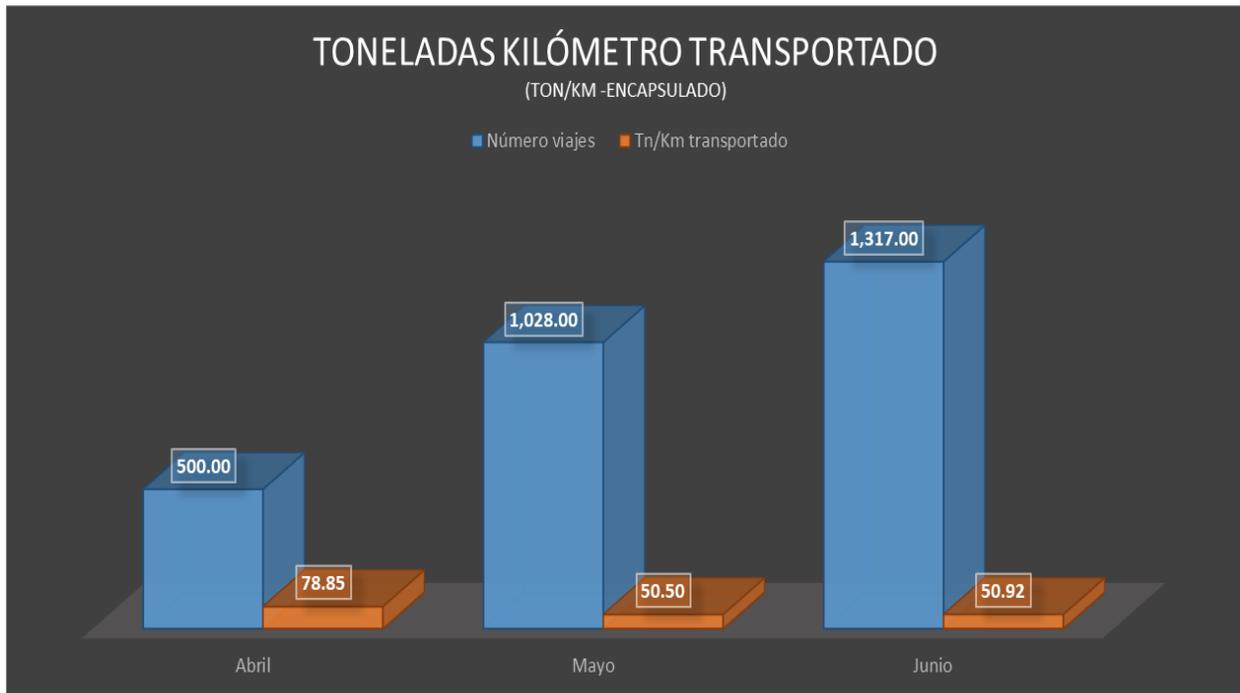


Figura 23. Rendimiento de transporte toneladas kilómetro transportado, periodo mayo a junio 2021

El análisis de las toneladas kilómetro transportado durante cada periodo de estudio permite realizar el rendimiento operacional de transporte de lodo por cada unidad de transporte, considerando 8 horas efectivas operacionales.

Una de las consideraciones para la realización del presente trabajo de investigación es el incremento de tonelaje transportado, con su consecuente incremento de unidades de transporte (encapsulados) para analizar el rendimiento de este incremento de tonelaje, por lo que el análisis se realizó durante el periodo de estudio.

a) Mes de abril

Durante el mes de abril se consideró un total de 13,657 toneladas de lodos transportado, considerando un total 10 encapsulados, con un tonelaje transportado promedio por viaje de 27.31 t/viaje, considera un rendimiento de 78.85 toneladas kilómetro transportado.

b) Mes de mayo

Durante el mes de mayo se consideró un total de 27,906 toneladas de lodos transportado, considerando un total 15 encapsulados, con un tonelaje transportado promedio por viaje de 27.15 t/viaje, considera un rendimiento de 50.50 toneladas kilómetro transportado.

c) Mes de junio

Durante el mes de junio se consideró un total de 36,048 toneladas de lodos transportado, con un total 15 encapsulados, con un tonelaje transportado promedio por viaje de 27.37 t/viaje, considera un rendimiento de 50.92 toneladas kilómetro transportado.

El análisis de transporte de lodos toneladas kilómetro transportado durante el mes de abril (78.85 t/km) fue mayor comparado con los meses siguientes mayo (50.50 t/km) y junio (60,92 t/km).

Este mayor rendimiento durante el mes de abril demuestra que si bien es cierto que el incremento de tonelaje es debido a un mayor movimiento de material y un mayor número de encapsulados, no incide en el incremento de rendimiento de

transporte, ya que se mantuvo el tonelaje por viaje en promedio de 27.91 toneladas por viaje.

4.1.5. Análisis económico de transporte de lodos

Los resultados obtenidos en el rendimiento de toneladas por kilómetro transportado de lodos, se hizo necesario la evaluación económica de cada periodo de estudio, para determinar la implicancia de un menor rendimiento durante el presente estudio. El costo unitario programado de transporte de lodos considerando encapsulados de 24 toneladas se programó en 8.8 US \$/ton.

Tabla 26. Costo unitario de transporte de lodos programado

COSTO TRANSPORTE DE LODOS CON ENCAPSULADOS DE 24 TON					
BUDGET					
DATOS: CAMIÓN ENCAPSULADO VOLVO					
Modelo: FH 6X4T					
			Rendimiento	M3/Km	55
Mano de Obra					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
MOD - 01 - 02	Operador	2.5	1 Tarea	110	275.00
					275.00
Equipo					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Horas por Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
Encapsulado	Costo horario		8 hm	162.66	1,301.30
					1,301.30
Utilidad				8.0%	126.10
Gatos Generales				3.27%	51.52
Total Indirectos				11.3%	177.62
					Sub Total 1,753.92
Implemento Seguridad					
			Nro Tar	Costo Unitario	
EPP - 01	Supervisión	1	1	3.9	3.86
EPP - 04	Operador Camion	10	1	9.1	90.90
Total Tarea			2		94.76
Costo de Transporte					1,848.68
Factor Avance (Ton/Km)					60.09
Costo Unitario (S./Ton)					30.8
Costo Unitario (US \$/Ton)					8.8

Los resultados obtenidos en el rendimiento de toneladas kilómetro transportado considerado en cada periodo de tiempo evaluado será analizado económicamente.

Durante el periodo de estudio de mayo a junio transportó un total de 77,610.69 toneladas con una distancia total de 27.91 kilómetros, consideró un rendimiento promedio de 60.09 ton/km, considerando un promedio de 13 encapsulados.

El costo unitario asociado durante el tiempo de estudio consideró un costo unitario de transporte de lodos promedio de 8.9 \$/t.

Tabla 27. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio (abril a junio)

COSTO TRANSPORTE DE LODOS CON ENCAPSULADOS DE 24 TON					
ABRIL - MAYO - JUNIO					
DATOS:		CAMIÓN ENCAPSULADO VOLVO			
Modelo:	FH 6X4T		Rendimiento	M3/Km	53
Mano de Obra					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
MOD - 01 - 02	Operador	2.5	1 Tarea	110	275.00
					275.00
Equipo					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Horas por Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
Encapsulado	Costo horario		8 hm	162.66	1,301.30
					1,301.30
Utilidad				8%	126.10
Gatos Generales				3.3%	51.52
Total Indirectos				11.3%	177.62
Sub Total					1,753.92
Implemento Seguridad					
			Nro Tar	Costo Unitario	
EPP - 01	Supervisión	1	1	3.9	3.86
EPP - 04	Operador Camion	13	1	9.1	121.25
Total Tarea			2		125.11
Costo de Transporte					1,879.03
Factor Avance (Ton/Km)					60.09
Costo Unitario (S//Ton)					31.3
Costo Unitario (US \$/Ton)					8.9

a) Mes de abril

Durante el mes de abril se transportó un total de 13,657 toneladas con una distancia total de 27.91 kilómetros, consideró un rendimiento de 78.85 t/km, considerando un total de 10 encapsulados.

El costo unitario asociado al mes de abril, considerando 14 días de operación fue de 6.9 \$/t.

Tabla 28. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio, mes de abril

COSTO TRANSPORTE DE LODOS CON ENCAPSULADOS DE 24 TON					
ABRIL					
DATOS:		CAMIÓN ENCAPSULADO VOLVO			
Modelo:	FH 6X4T		Rendimiento	M3/Km	69
Mano de Obra					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
MOD - 01 - 02	Operador	2.5	1 Tarea	110	275.00
					275.00
Equipo					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Horas por Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
Encapsulado	Costo horario		8 hm	162.66	1,301.30
					1,301.30
Utilidad				8%	126.10
Gatos Generales				3.3%	51.52
Total Indirectos				11.3%	177.62
Sub Total					1,753.92
Implemento Seguridad					
			Nro Tar	Costo Unitario	
EPP - 01	Supervisión	1	1	3.9	3.86
EPP - 04	Operador Camion	15	1	9.1	136.35
Total Tarea			2		140.21
Costo de Transporte					1,894.13
Factor Avance (Ton/Km)					78.85
Costo Unitario (S./Ton)					24.0
Costo Unitario (US \$/Ton)					6.9

b) Mes de mayo

Durante el mes de mayo se transportó un total de 27,906 toneladas con una distancia total de 27.91 kilómetros, consideró un rendimiento de 50.50 t/km, considerando un total de 15 encapsulados de 24 toneladas de capacidad.

El costo unitario asociado al mes de mayo, considerando 21 días de operación fue de 10.7 \$/t.

Tabla 29. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio, mes de mayo

COSTO TRANSPORTE DE LODOS CON ENCAPSULADOS DE 24 TON

Mayo

DATOS: CAMIÓN ENCAPSULADO VOLVO

Modelo: FH 6X4T

Rendimiento M3/Km 44

Mano de Obra					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
MOD - 01 - 02	Operador	2.5	1 Tarea	110	275.00
					275.00
Equipo					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Horas por Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
Encapsulado	Costo horario		8 hm	162.66	1,301.30
					1,301.30
Utilidad				8%	126.10
Gatos Generales				3.3%	51.52
Total Indirectos				11.3%	177.62
Sub Total					1,753.92
Implemento Seguridad					
			Nro Tar	Costo Unitario	
EPP - 01	Supervisión	1	1	3.9	3.86
EPP - 04	Operador Camion	15	1	9.1	136.35
Total Tarea			2		140.21
Costo de Transporte					1,894.13
Factor Avance (Ton/Km)					50.50
Costo Unitario (S./Ton)					37.5
Costo Unitario (US \$/Ton)					10.7

c) Mes de junio

Durante el mes de junio se transportó un total de 36,048 toneladas con una distancia total de 27.91 kilómetros, consideró un rendimiento de 50.92 t/km, considerando un total de 15 encapsulados de 24 toneladas de capacidad.

El costo unitario asociado al mes de junio, considerando 24 días de operación fue de 10.6 \$/t.

Tabla 30. Costo unitario de transporte de lodos periodo de estudio, mes de junio

COSTO TRANSPORTE DE LODOS CON ENCAPSULADOS DE 24 TON					
Junio					
DATOS:		CAMIÓN ENCAPSULADO VOLVO			
Modelo:	FH 6X4T		Rendimiento	M3/Km	45
Mano de Obra					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
MOD - 01 - 02	Operador	2.5	1 Tarea	110	275.00
					275.00
Equipo					
<u>Item</u>	<u>Detalle</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Horas por Guardia</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial S./</u>
Encapsulado	Costo horario		8 hm	162.66	1,301.30
					1,301.30
Utilidad				8%	126.10
Gatos Generales				3.3%	51.52
Total Indirectos				11.3%	177.62
Sub Total					1,753.92
Implemento Seguridad			Nro Tar	Costo Unitario	
EPP - 01	Supervisión	1	1	3.9	3.86
EPP - 04	Operador Camion	15	1	9.1	136.35
Total Tarea			2		140.21
Costo de Transporte					1,894.13
Factor Avance (Ton/Km)					50.92
Costo Unitario (S//Ton)					37.2
Costo Unitario (US \$/Ton)					10.6

Finalmente, el análisis económico realizado en diferentes periodos de tiempo abril, mayo y junio, consideró un mayor costo unitario por tonelada transportada, siendo el costo unitario programado en 8.8 US \$/t, siendo el ejecutado durante el periodo de estudio en 10.6 US \$/t.

Este mayor incremento del costo de transporte en 1.8 US \$/ton, no es reflejado por el incremento de toneladas transportadas ya que el rendimiento disminuyó en los meses mayo y junio, debido al mismo tonelaje transportado por viaje y el mantener la misma capacidad de transporte, lo que se complementa en un mayor costo unitario de transporte.

CONCLUSIONES

1. Durante el periodo de estudio de mayo a junio se transportó un total de 77,610.69 toneladas de lodos con una distancia total de 27.91 kilómetros, consideró un rendimiento promedio de 60.09 t/km, con el uso promedio de 13 encapsulados. El costo unitario asociado durante el tiempo de estudio consideró un costo unitario de transporte de lodos promedio de 8.9 \$/t.
2. Durante el mes de abril se transportó un total de 13,657 toneladas, se consideró un rendimiento de 78.85 t/km, con un total de 10 encapsulados y un costo unitario asociado al mes de abril fue de 6.9 \$/ton.
3. Durante el mes de mayo se transportó un total de 27,906 toneladas con un rendimiento de 50.50 t/km, considerando un total de 15 encapsulados y un costo unitario asociado al mes de mayo de 10.7 \$/t.
4. Durante el mes de junio se transportó un total de 36,048 toneladas con un rendimiento de 50.92 t/km, considerando un total de 15 encapsulados y un costo unitario asociado al mes de junio de 10.6 \$/t.
5. El análisis económico realizado en diferentes periodos de tiempo abril, mayo y junio consideró un mayor costo unitario por tonelada transportada, siendo el costo unitario programado en 8.8 \$/t, siendo el ejecutado durante el periodo de estudio en 10.6 \$/t. Este mayor incremento del costo de transporte en 1.8 \$/t no es reflejado por el incremento de toneladas transportadas ya que el rendimiento disminuyó en los meses mayo y junio, debido al mismo tonelaje transportado por viaje y el mantener la misma capacidad de transporte, lo que se complementa en un mayor costo unitario de transporte.

6. El rendimiento asociado al transporte de lodos considera un promedio durante el periodo mayo a junio de 60 toneladas por kilómetro transportado, siendo en promedio de 2.24 h/viaje y un total de 27.91 t/viaje.

7. El tonelaje total de lodos transportado durante los periodos abril, mayo y junio fue de 77,610.69 toneladas, considerando un total de 2,845 viajes, con una densidad promedio de 1.14 kg/m³, con un promedio de número de viajes por día de 3.58 viajes por unidad.

8. Finalmente, el tonelaje transportado por viaje de 27.33 t/viaje, genera una mayor sobrecarga (payload) lo que afecta directamente en desgaste prematuro de los componentes, mecánicos y eléctricos de los equipos de acarreo, siendo las variables afectadas como disponibilidad y utilización.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir analizando el rendimiento de equipos de transporte con diferentes capacidades, considerando capacidades mayores a 24 toneladas.
2. Se recomienda realizar estudios de densidad de lodos, para definir en mejor detalle el tonelaje transportado.
3. Se recomienda realizar análisis de disponibilidad y utilización de los equipos de transporte para determinar el rendimiento óptimo de los equipos de transporte.
4. Se recomienda realizar un estudio de detalle de las principales actividades que involucra el rendimiento de los equipos de transporte, para definir las horas efectivas operacionales y optimizar la pérdida de tiempo operacional.
5. Se recomienda generar un perfil de depreciación de los equipos de carguío y acarreo para determinar la vida operacional óptima de los equipos y analizar el incremento de costo unitario de transporte.
6. Se recomienda revisar el análisis de los precios unitarios con la empresa proveedora del servicio de transporte de lodos, considerando la variable de densidad y tonelaje a transportar.
7. Se recomienda realizar un análisis de la sobrecarga (payload) de los equipos de acarreo, para considerar el desgaste prematuro de los componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SALGADO, Cintya. Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia – Nivel 100, Unidad Minera Huarón. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo, Universidad Continental, 2020, 115 pp.
2. HUAROCC, Pabel. Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huanacayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014, 133 pp.
3. LIBARDO, Jesus. Optimización de los ciclos de cargue, transporte y descargue de caliza y mezclas (limolitas, chert, margas) en la planta de cementos argos, Toluviejo-Sucre. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Bocaya - Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017, 94 pp.
4. QUISPE, Wilfredo. Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017, 95 pp.
5. SALAS, Luis. Estudio de kpis en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2013, 138 pp.
6. EVERETT, Adam y EBERT, Ronald. *Administración de la producción y las operaciones*. Cuartaed. Mexico : Prentice Hall, 1991.

ANEXOS

Anexo A

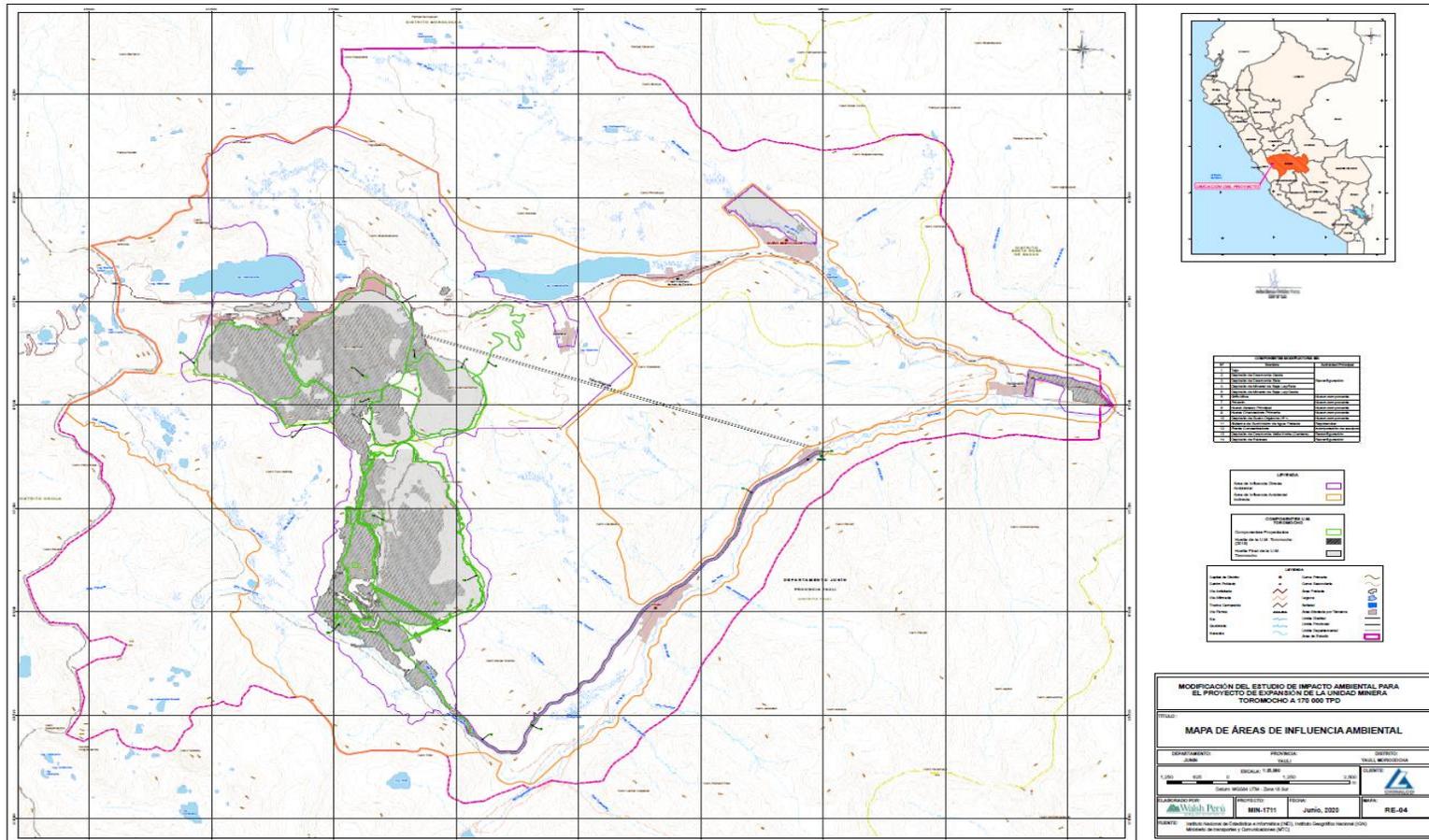
Matriz de operacionalización de variables

Tabla 31. *Tabla de variables*

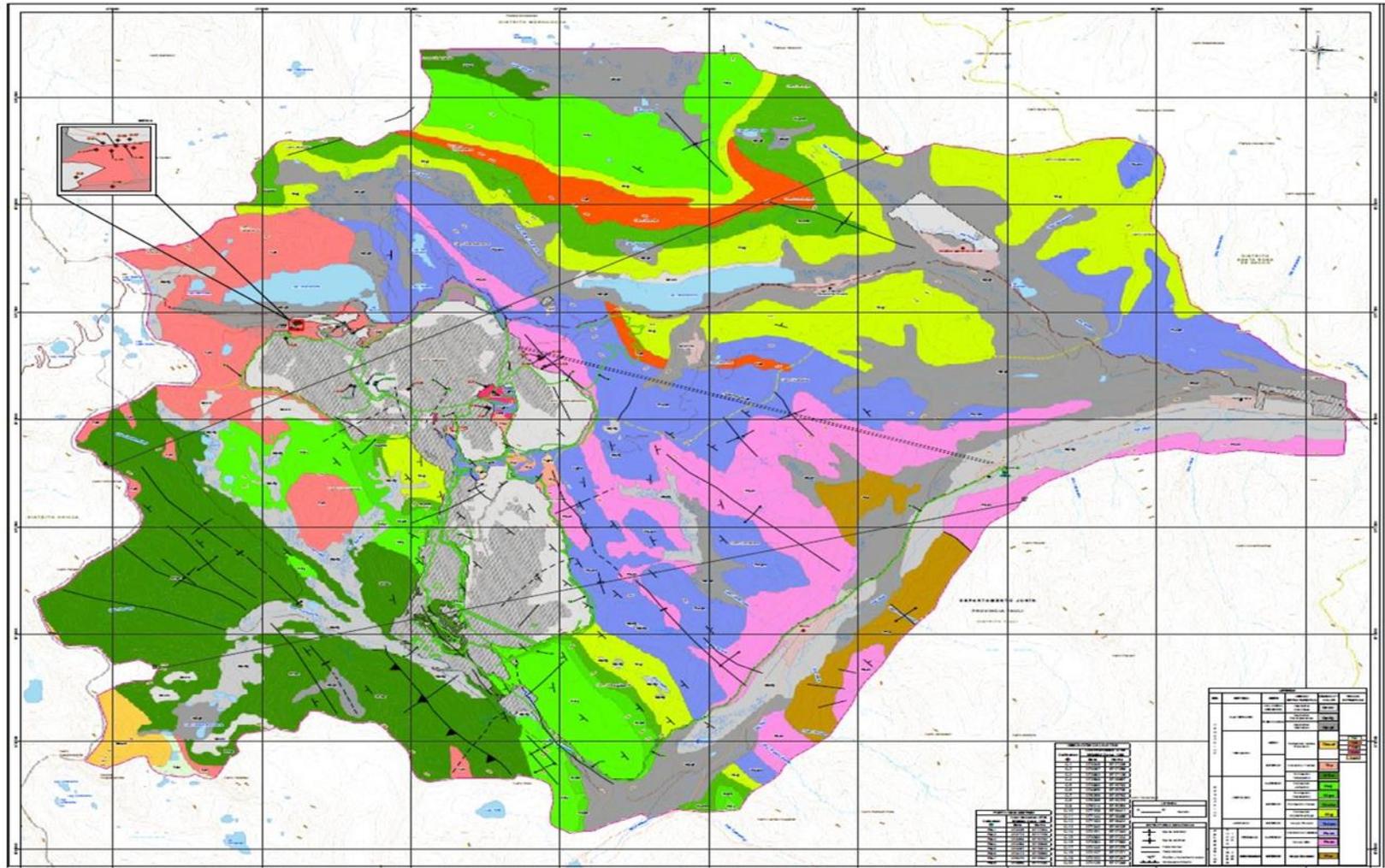
Variables	Definición		Definición operacional		
	Conceptual		Dimensiones	Sub-Dimensiones	Indicadores
VI: Variables operacionales en los equipos de acarreo.	Las variables operacionales en equipos de acarreo están relacionado a la optimización del transporte de lodos desde la planta Kingsmill hacia el botadero Tucto.		<ul style="list-style-type: none"> • Geológico • Geomecánico • Operacional 	Dominio geológico Dominio geomecánico Indicadores Productividad	Mineralogía, leyes, contaminantes, estructuras mineralizadas, etc. Propiedades del macizo rocoso Tonelaje, número de viajes, etc.
VD: Reducción de costos de transporte de lodos.	Reducir los costos de acarreo de transporte de lodos, se relacionará directamente al tonelaje transportado, número de viajes, densidad, etc..		<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores Económicos 	Costo de transporte Consideraciones económicas	Costo unitario de transporte de lodos

Anexo B

Planos en planta y perfil



**Figura 24. Plano de ubicación del túnel Kingsmill
Tomada de Minera Chinalco**



**Figura 25. Geología regional de las operaciones mineras que aportan aguas ácidas al túnel Kingsmill.
Tomada de Minera Chinalco.**



Figura 26. Imagen satelital ubicando la planta de tratamiento de túnel Kingsmill y el botadero Tucto



Figura 27. Planta de tratamiento de lodos de alta densidad, Kingsmill



Figura 28. Botadero Tucto, para depósito de lodos de la planta de tratamiento kingsmill

Anexo C

Fotos



**Figura 29. Túnel Kingsmill
Tomada de Minera Chinalco**



Figura 30. Pozos de lodos, de planta de tratamiento Kingsmill



Figura 31. Preparación de lodos para ser transportados al botadero de Tucto



Figura 32. Descarga de lodos en el botadero Tucto