

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ESTÁNDARES DE DISEÑO DE VÍAS EN LA
OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTE DE MATERIAL EN LA UNIDAD MINERA
CORIHUARMI.**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

JUAN CARLOS MOROCCO TORRES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ESTÁNDARES DE DISEÑO DE
VÍAS EN LA OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTE DE MATERIAL EN LA
UNIDAD MINERA CORIHUARMI.

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:

JUAN CARLOS MOROCCO TORRES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR:

PRESIDENTE

: 
Ing. David Velasquez Medina

PRIMER MIEMBRO

: 
Mtro. Anibal Sucari León

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. Gabriela Mistral Riveros Mendoza

TEMA: Seguridad minera

ÁREA: Ingeniería de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de Diciembre del 2019

DEDICATORIA

Con profundo cariño y agradecimiento

Dedico este trabajo de suficiencia profesional a mis padres:

Héctor Morocco y Rosa Quispe.

Por el apoyo desmedido y constante en el transcurso de mi existencia

A mis hermanas, hermanos y a mi familia más cercana.

Por ser mi mayor motivación en mi desarrollo profesional

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su gran amor que tuvo, tiene y tendrá para mí. Porque gracias a Él. Pude hacer realidad este sueño. A mis padres, por darme siempre un ejemplo de paciencia y perseverancia. A mis hermanos y hermanas, por su comprensión y apoyo incondicional.

A mi facultad de Ingeniería de Minas por brindarme la oportunidad de conformar su familia académica. En forma especial a los catedráticos de la Facultad de Minas, por transmitirme sus sabias enseñanzas durante el transcurso de mi formación en aulas universitarias.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi Alma Mater que me tuvo entre sus aulas durante los años de mi formación profesional. También agradecer a mis compañeros de estudio, con los cuales forme una gran amistad, gracias por ser tan buenos amigos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1 MATERIALES	12
2.2 MÉTODO	12
2.3 TRANSPORTE	13
2.4 FACTORES CONDICIONANTES	13
2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	14
2.6 PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	14
2.7 FASE DE PRE-PRUEBA:.....	15
2.8 FASE DE POST-PRUEBA:	15
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	16
3.1 FASE DE PRE - PRUEBA.....	16
3.2 FASE DE POST-PRUEBA	18
3.3 CUADROS COMPARATIVOS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.4 CUADRO COMPARATIVO DE VELOCIDADES PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL.....	21
IV. DISCUSIONES.....	24
V. CONCLUSIONES	25
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tiempo de camiones con carga de mineral (pre-prueba).....	16
Figura 2. Tiempo de camiones sin carga de mineral (preprueba).	17
Figura 3. Tiempo de camiones con carga de desmonte (pre-prueba).....	17
Figura 4. Tiempo de camiones sin carga de desmonte (pre-prueba).....	18
Figura 5. Tiempo de camiones sin carga de desmonte después del experimento	18
Figura 6. Tiempo de camiones con carga de mineral (post-prueba)	19
Figura 7. Tiempo de camiones con carga de desmonte (post-prueba).	19
Figura 8. Tiempo de camiones sin carga de desmonte (post-prueba)	20
Figura 9. ciclo de transporte del mineral.....	20
Figura 10. Ciclo de transporte de desmonte	21
Figura 11. Velocidades para transporte con carga de mineral	21
Figura 12. Velocidades para transporte sin carga de mineral.....	22
Figura 13. Velocidades para transporte con carga de desmonte	22
Figura 14. Velocidades para transporte sin carga de desmonte	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
Tabla 2. Diseño con pre-prueba, post-prueba y grupo de control.....	14
Tabla 3: Diseño de pre-prueba y post-prueba para la optimización de la operación de transporte	15
Tabla 4. Cuadro comparativo para mineral.....	23
Tabla 5. Cuadro comparativo para desmonte.....	24

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

TCt	Tiempo de ciclo de transporte
Tc	Tiempo de carga
TMt	Tiempo de giro, posicionamiento y descarga
TPc	Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío
TVt	Tiempo de viaje
RG1	Datos aleatorios de ciclo de transporte
01	Medición mediante observación
X1	Diseño de vías sin aplicación de estándares
02	Análisis del ciclo de transporte en vías sin aplicación de estándares
RG2	Datos aleatorios de ciclo de transporte
03	Medición mediante observación
X2	Diseño de vías con aplicación de estándares
04	Análisis del ciclo de transporte en vías con aplicación de estándares
KM	Kilometro
%	Porcentaje
VD	Diseño de vías

Influencia de la aplicación de estándares de diseño de vías en la optimización de transporte de material en la unidad minera Corihuarmi.**Influence of the application of road design standards in the optimization of material transport in the Corihuarmi mining unit.**

Juan Carlos Morocco Torres

E-Mail: moroccominas_2012@gmail.com/978666628

<https://orcid.org/0000-0002-4062-4358>Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas
Av. Floral 1153, Ciudad Universitaria**RESUMEN**

La Unidad Minera Corihuarmi, es una empresa minera dedicada a la extracción de metales preciosos, principalmente de oro. Se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes del centro del Perú. Cuya compañía minera tiene problemas en el proceso de transporte de material, ante la ausencia de un estándar de diseño de vías, el cual generaba que las vías no sean lo más óptimas, pues no contaban con el ancho mínimo necesario durante todo el trayecto, correspondientes al año 2016. El objetivo es determinar cómo influye la aplicación de estándares de diseño de vías en la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi. Para ello se ha utilizado material de ficha de observación, registros históricos, fichas de cotejo comparativas, programas. Así mismo se desarrolló una investigación de diseño experimental, de tipo descriptiva-analítica y enfoque cuantitativo bajo el método hipotético-deductivo. Como resultado de la investigación del estudio planteado, se comprueba que la aplicación de estándares de diseño de vías permite la reducción de ciclos de transporte de los camiones, y correcto dimensionamiento de equipos. En conclusión, La aplicación de estándares de diseño de vías influyó positivamente en la optimización de la operación unitaria de transporte de la Unidad Minera Corihuarmi.

PALABRAS CLAVE

Estándares, operaciones, diseño, minería superficial.

ABSTRACT

The Corihuarmi Mining Unit, is a mining company dedicated to the extraction of precious metals, mainly gold. It is located in the Andes mountain range of central Peru. Whose mining company has problems in the material transport process, in the absence of a standard of road design, which generated that the roads are not the most optimal, because they did not have the minimum necessary width during the whole journey, corresponding by 2016. The objective is to determine how the application of road design standards influences the optimization of the unitary transport operation in the Corihuarmi Mining Unit. For this purpose, observation sheet material, historical records, comparative comparison sheets, programs have been used. Likewise, an experimental design research was carried out, of a descriptive-analytical type and quantitative approach under the hypothetical-deductive method. As a result of the investigation of the study proposed, it is verified that the application of road design standards allows the reduction of truck transport cycles, and correct equipment sizing. In conclusion, the application of road design standards positively influenced the optimization of the unitary transport operation of the Corihuarmi Mining Unit.

KEYWORDS

Standards, operations, design, surface mining.

I. INTRODUCCIÓN

El presente Artículo de investigación titulado *Influencia de la aplicación de estándares de diseño de vías en la optimización de transporte de material en la unidad minera Corihuarmi*, cuya compañía minera tiene problemas en el proceso de transporte de material, ante la ausencia de un estándar de diseño de vías, el cual generaba que las vías no sean lo más óptimas, pues no contaban con el ancho mínimo necesario durante todo el trayecto. La minería no es una excepción, debido a la complejidad de sus operaciones, se vuelve de vital importancia buscar nuevas soluciones, modelos y/o enfoques que permitan la mejora continua de sus procesos productivos, haciéndole frente a la fluctuación de los costos y cambios en los precios de las materias primas en el mercado. En el caso de las operaciones de transporte en minería superficial, estas optimizaciones se traducen en la capacidad de trasladar más material en un menor tiempo y, a un menor costo. (Condori-Catacora, 2017).

Además, es un hecho permitido que las empresas para sobrevivir en un ambiente competitivo como el de hoy, deben responder rápidamente a los cambios del entorno reevaluando permanentemente sus operaciones tanto internas como externas. (Maxera-Bedon, 2005).

Condori-Catacora, (2017). *“Efecto del diseño minero en la velocidad de los equipos de transporte. (Tesis pregrado). Recuperada de la base de datos del Repositorio Académico de la*

Universidad de Chile. El resultado de este estudio se ve reflejado en un modelo de velocidades de camiones que depende de 5 variables relacionadas al diseño de los accesos usados para la extracción de material en mina, específicamente el diseño de rampas, este modelo tiene como error estándar de estimación global de 12 km/h comparados con los 20 km/h de estimación con la metodología planteada, lo que representa una gran mejora notoria en la estimación de velocidades como consecuencia de un correcto diseño de acceso. A nivel nacional tenemos las investigaciones de:

Meza-Castro, J. E. (2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Ingenierías. Lima. La asignación correcta de número de camiones para un determinado equipo ayuda a mantener en un nivel óptimo la relación \$/ton. Además de reducir los tiempos improductivos es por tal motivo que el porcentaje de utilización de los equipos de transporte aumenta.*

Vidal-Loli, M. A. (2010). *“Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto. (Tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. El desarrollo de la tesis permite mostrar optimización de las operaciones unitarias, es entonces gracias al planeamiento de minado enfocado al transporte en mina se pueden hacer*

cálculos y tener estimaciones como la cantidad de material que se espera mover al año durante el tiempo de vida del proyecto y el cual ayuda el cálculo de dimensionamiento de flota, el uso parámetros de la operación como tiempos de carguío de las palas, distancia a recorrer , factor de llenado, tiempos de descargue, pendientes de las vías, la correcta planificación de las etapas de minado garantizará que los objetivos se cumplan a lo largo de toda la vida de la mina, en el trabajo se busca dar a conocer los criterios adecuados para la selección óptima de los equipos de carguío y transporte.”.

Diversos autores, Sepúlveda, Branch-Bedoya, & Jaramillo-Alvarez, (2010). Es decir, *“la optimización de las explotaciones mineras a cielo abierto, es en la actualidad, una herramienta que le permite a las diferentes empresas explotadoras de los recursos minerales aumentar la vida de sus diferentes proyectos mineros”.*

La implementación y aplicación continua de estos estándares de trabajo aseguran una operación económicamente más rentable, permiten tener un orden y estandarización de las operaciones e intensifica la seguridad en los trabajos. Sumándose a ello un "cambio" y compromiso del personal por mejorar el desempeño de su trabajo.(Melo-Medina, 2013)

Marambio-Pizarro, (2010). Por consiguiente, *“Dentro de la constante búsqueda del real valor de una empresa, se contempla mejorar la estimación de los planes de producción, en el*

sentido de buscar el fondo de por qué algunos planes tienen un cumplimiento alto y otros no”.

El presente trabajo de investigación, se enfoca en la optimización de la operación unitaria de transporte a través de la aplicación de estándares de diseño de vías en dicha unidad minera, con el fin de lograr una reducción de costos y un incremento en la efectividad del proceso de transporte de materiales. El éxito de una operación minera depende en gran parte de la gestión cuidadosa de cada una de sus operaciones, es por ello que las compañías dedicadas a esta actividad, siempre están en busca de nuevas oportunidades para la mejora de sus procesos a fin de lograr el desarrollo sostenible, propiciando un ambiente de trabajo seguro y saludable. Una de las principales operaciones es el transporte de materiales (mineral o descapote), que además de ser importante es una de las más costosas, abarcando casi un 60% del costo total de producción.(Condori-Catacora, 2017).

Meza-Castro, (2011). *“En este contexto las operaciones unitarias de carguío y acarreo son las que generan el mayor costo de operación. Esto se debe principalmente al consumo de combustible y llantas”*

Vidal-Loli,(2010). Igualmente, *“dentro del proceso de transporte del material, los costos unitarios son importantes y siempre se busca minimizar dicho monto, para esto, una variable importante es mantener la maquinaria dedicada a la productividad de la mina trabajando el mayor tiempo posible y evitando*

al máximo que se encuentren inoperativos “tiempos muertos” por periodos de tiempo”.

La aplicación de estándares de diseño de vías influye positivamente en la optimización de la operación unitaria de transporte, así mismo Los parámetros óptimos en el diseño de vías están relacionados al diseño geométrico y a las condiciones de seguridad. La aplicación de estándares de diseño de vías en la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi permite la reducción del ciclo de transporte, la reducción de horas no programadas y el dimensionamiento adecuado de volquetes. El objetivo es determinar cómo influye la aplicación de estándares de diseño de vías en la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi. (Condori-Catacora, 2017).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La Unidad Minera Corihuarmi, es una empresa minera dedicada a la extracción de metales preciosos, principalmente de oro. Se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes del centro del Perú.

2.1 MATERIALES

Los materiales empleados en el trabajo de investigación son los siguientes:

- Ficha de observación.
- Registros históricos.
- Fichas de cotejo comparativas
- Programas (AutoCAD 2015 y Excel 2013).

2.2 MÉTODO

Se desarrolló una investigación de diseño experimental, de tipo descriptiva-analítica y enfoque cuantitativo bajo el método hipotético-deductivo. Para la recolección de datos se emplearon las técnicas de la observación sistemática y el seguimiento de velocidades de los camiones mediante fichas de control, sectorizadas por tramos y turnos de trabajo.

La presente investigación es de diseño experimental puro, ya que se analizarán y evaluarán los ciclos de transporte, antes (pre-prueba) y después (post-prueba) de la aplicación de los parámetros óptimos determinados para la operación unitaria de transporte (grupo de control).

Indhira, Jimenez, & Molina, (2006). Además, *“la productividad en la minería es un factor clave para la racionalización de los recursos minerales, humanos y de maquinaria. Existe la preocupación permanente por mejorar la productividad. Pero para ello, es importante también conocer en forma objetiva la situación actual”.*

Como es el caso en la Unidad Minera Corihuarmi, quien presenta inconvenientes en el proceso de transporte debido a que las vías utilizadas para este proceso presenta ineficiencias, uno de los principales problemas es; el ancho de vía, ya que el ancho en algunos puntos es insuficiente para que puedan transitar dos camiones simultáneamente forzando así la detención de uno de ellos, esto genera pérdidas en la velocidad de marcha y aumento en el ciclo de transporte, otro de los problemas son las

pendientes de las vías, en algunos puntos sobrepasan el 12% esto hace que la velocidad de los camiones disminuya logrando así también alargar el ciclo de transporte, entre otros problemas se tiene el radio de curvatura de las curvas, el ancho y altura de los muros de seguridad, el peralte y finalmente el bombeo que se debe utilizar ya que existe mucha variación a los largo de la vía. Todos estos problemas mencionados son consecuencia ante la falta de un estándar de diseño de vías de transporte definido el cual debe contemplar todos estos aspectos de diseño antes de la construcción.

2.3 TRANSPORTE

El transporte es una de las operaciones unitarias pertenecientes al ciclo de minado, el cual consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento, esta operación tiene como punto de partida el frente de carguío hacia diferentes destinos correspondientes de acuerdo al tipo de material (Gonzales, 2006).

2.4 FACTORES CONDICIONANTES

Tal como lo expone Revolledo (2016), entre los factores condicionantes de la operación unitaria de transporte en minería superficial, se encuentran:

a) La calidad de la fragmentación de los minerales: Un material mal fragmentado será más difícil de transportar y requerirá mayor tiempo, lo que conlleva un aumento en el gasto de combustible, neumáticos y el incremento del riesgo de accidentes.

b) La selección de equipos: Es una buena estrategia para optimizar el rendimiento de las tareas de carguío y transporte. Por ejemplo en la primera de ellas se suelen utilizar las palas, excavadoras y cargadores frontales. Un aspecto a tener en cuenta para mejorar el rendimiento es definir la flota de carguío, que estará en función de la cantidad de material que se tiene planificado extraer, el número de frentes de trabajo y el tiempo en el que se tiene presupuestado realizar esa labor.

c) La implementación de un plan operativo: De manera que se eliminen o se acorten los tiempos muertos de los equipos, ya sea por circunstancias propias del proceso, por paradas planificadas o por cualquier otro imprevisto. d) El diseño de vías: Se debe elaborar la pista de manera que permita operar a los equipos de forma segura, minimizando el riesgo de accidentes, y facilitando la obtención del 100% de productividad de los camiones. e) La calidad de los neumáticos: Que son recursos bastante caros y por ello, es importante realizar una correcta selección para obtener el máximo rendimiento, ya que resulta bastante complicado, por no decir imposible.

Alrededor del 80% de los neumáticos grandes presentan fallas antes de desgastarse por completo. Cerca del 45% de las pérdidas se deben a los cortes, mientras que el 30% es responsabilidad de los golpes. Según la Cámara Minera del Perú, 2016 “Una de las medidas más importantes que se pueden tomar es cuidar y limpiar la caída de algún objeto en los vías de

transporte. Para alguien que conduce un automóvil, no es difícil de esquivar una piedra de gran tamaño. Pero con un camión de minería, para cuando uno identifica el objeto ya es demasiado tarde”.

$$TCt = Tc + TMt + TPc + TVt$$

Dónde:

TCt : Tiempo de ciclo de transporte

Tc : Tiempo de carga

TMt : Tiempo de giro, posicionamiento y descarga

TPc : Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío

TVt : Tiempo de viaje

La Población se encuentra determinada por la operación unitaria de transporte de la Unidad

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TECNICAS	INSTRUMENTOS	OBJETIVOS A LOS QUE RESPONDE	VARIABLES QUE DESCRIBE
OBSERVACION SISTEMATICA (aplicadas en la pre-prueba y en la post-prueba)	- Fichas de observación - Registros históricos. - Fichas de cotejo comparativas.	OE2: Evaluar la operación unitaria de trasporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.	VI: Optimización de la operación de trasporte.
TECNICAS DE EMPAREJAMIENTO	- AutoCAD 2015 - Excel 2013	OE1: Determinar cuáles son los parámetros óptimos en el diseño de vías de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.	VD: Diseño de vías

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

2.6 PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El procedimiento del experimento se enmarcó en el siguiente modelo:

Minera Corihuarmi; mientras que la muestra, está conformada por los datos referentes al horizonte de investigación (periodos de pre-prueba y pos-prueba). Ésta, ha sido determinada mediante muestreo probabilístico estratificado (Sampieri, 2010). (Ver Anexo A) generados en los meses de enero, febrero, marzo, abril, junio, julio, agosto y septiembre del 2016

2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se usaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos , ver tabla 01.

Tabla 2. Diseño con pre-prueba, post-prueba y grupo de control

RG₁	0₃	X₁	0₂
RG₂	0₃	X₂	0₄

Fuente: Hernández Sampieri- Metodología de la Investigación.

Aplicándose la técnica de emparejamiento, donde:

2.7 FASE DE PRE-PRUEBA:

- RG₁** : Datos aleatorios de ciclo de transporte (enero, febrero, marzo y abril del 2016)
- 0₁** : Medición mediante observación (registros históricos de ciclos de transporte)
- X₁** : Diseño de vías sin aplicación de estándares
- 0₂** : Análisis del ciclo de transporte en vías sin aplicación de estándares (medidas de tendencia central: media).

2.8 FASE DE POST-PRUEBA:

- RG₂** : Datos aleatorios de ciclo de transporte (junio, julio, agosto y septiembre del 2016)
- 0₃** : Medición mediante observación (registros de ciclos de transporte después de la aplicación de estándares)
- X₂** : Diseño de vías con aplicación de estándares
- 0₄** : Análisis del ciclo de transporte en vías con aplicación de estándares (medidas de tendencia central: media, listas de cotejo).

Obteniéndose el siguiente modelo de pre-prueba y post-prueba en base a los objetivos de la investigación.

Tabla 3: Diseño de pre-prueba y post-prueba para la optimización de la operación de transporte

Ciclo de transporte	Recopilación de datos	Grupo de control	Análisis de datos
RG ₁	0 ₁	Diseño de vías sin aplicación de estándares (X ₁)	0 ₂
RG ₂	0 ₃	Diseño de vías con aplicación de estándares (X ₂)	0 ₄

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

Fase de pre-prueba para la optimización de transporte En esta fase se utilizó 10636 datos correspondientes al ciclo de transporte de mineral y transporte de desmonte usados en la Unidad Minera, sin la aplicación de estándares de diseño de vías; de los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2016, obtenidos con base en un muestreo probabilístico estratificado.

Fase de post-prueba para la optimización de la operación de transporte La fase de post-prueba tuvo un total de 10832 datos recopilados de los ciclos de transporte con parámetros de diseño de vías, de los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2016. Estos fueron analizados en base a medidas de tendencia central (media) y fueron comparados con los datos de la fase de pre-prueba para determinar las variaciones en los elementos del ciclo de transporte

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se clasificaron en dos fases, la fase de pre-prueba el cual contempla datos antes de la aplicación de estándares de diseño y la fase de post-prueba donde se considera datos recolectados después de la aplicación de diseño de estándares de vías en la Unidad Minera Corihuarmi.

3.1 FASE DE PRE - PRUEBA

Esta fase se desarrolló con el fin de cumplir con el primer objetivo específico: Determinar estándares de diseño de vías.

Cuáles son los parámetros óptimos en el diseño de vías de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016. Para ello, el trabajo se realizó tanto para el mineral como para el desmonte.

Determinación del comportamiento del ciclo de transporte de mineral antes de la aplicación de estándares de diseño de vías.

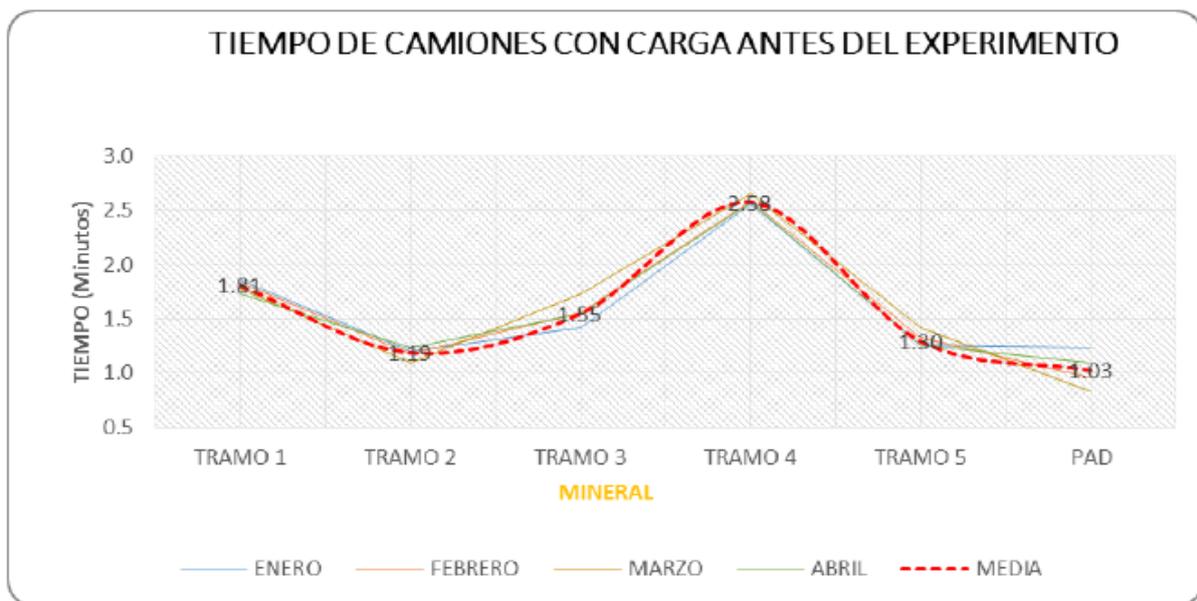


Figura 1: Tiempo de camiones con carga de mineral (pre-prueba)

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

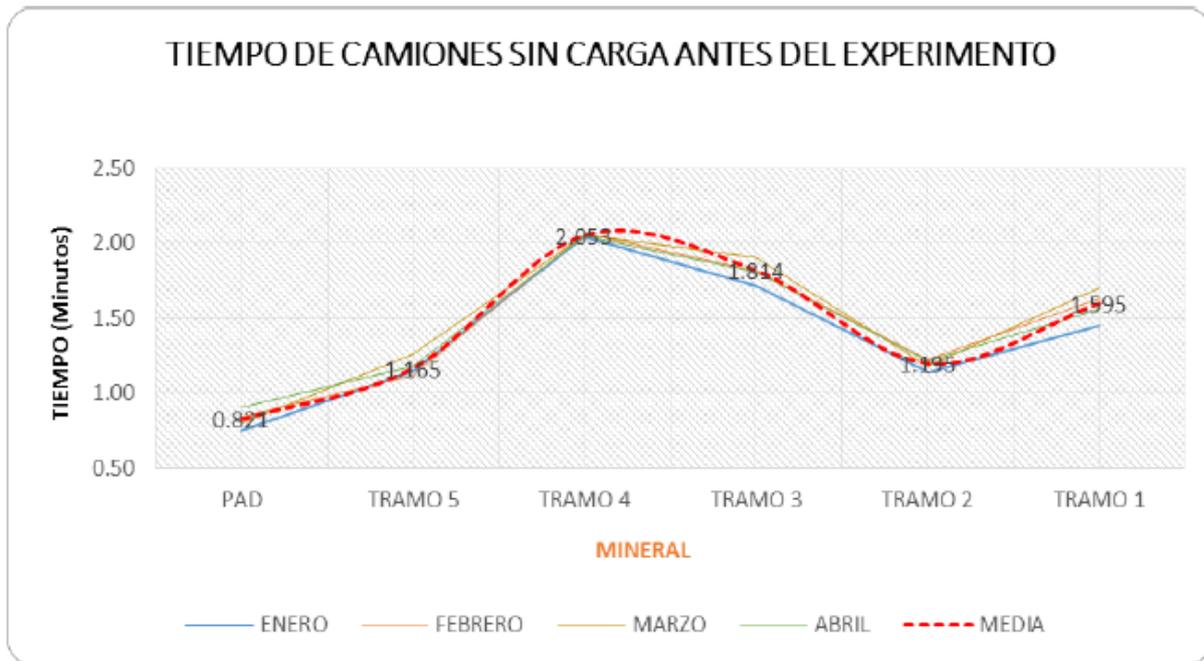


Figura 2. Tiempo de camiones sin carga de mineral (preprueba).

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017)

La recolección de los datos se realizó para cada uno de los tramos seleccionados para esta investigación, en los recorridos de ida con carga Determinación del comportamiento del ciclo para el transporte de desmorte antes de la

y retorno sin carga para el transporte de mineral, de los datos se obtuvo la media representativa para los dos casos. aplicación de estándares de diseño de vías (Ver Figura 04 y 05).

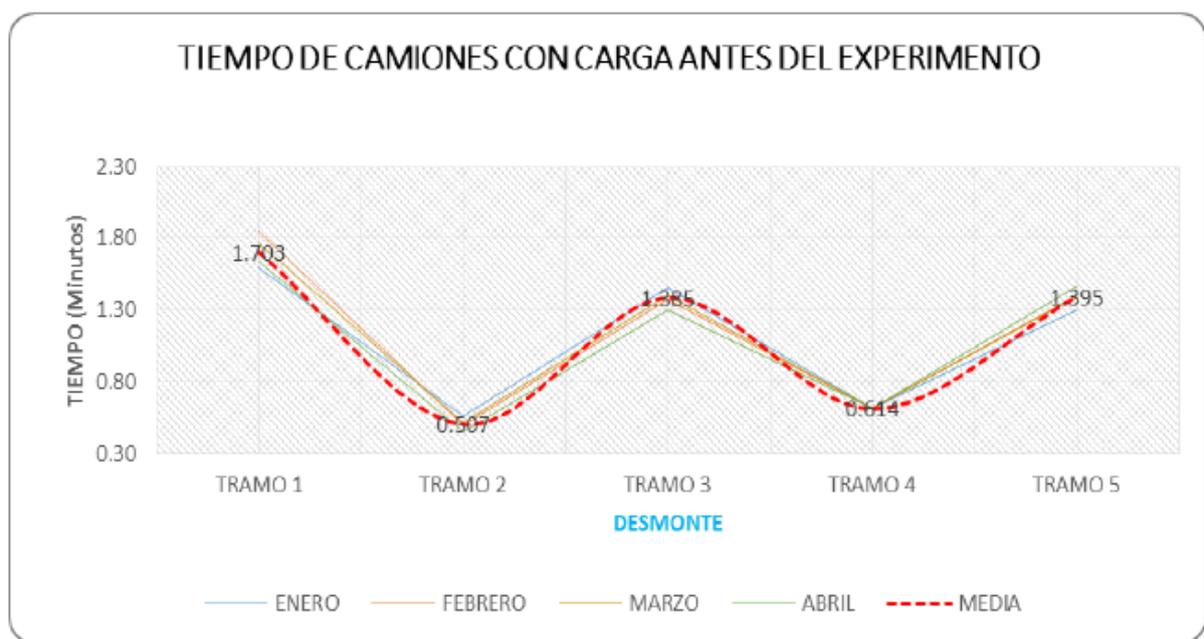


Figura 3. Tiempo de camiones con carga de desmorte (pre-prueba).

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

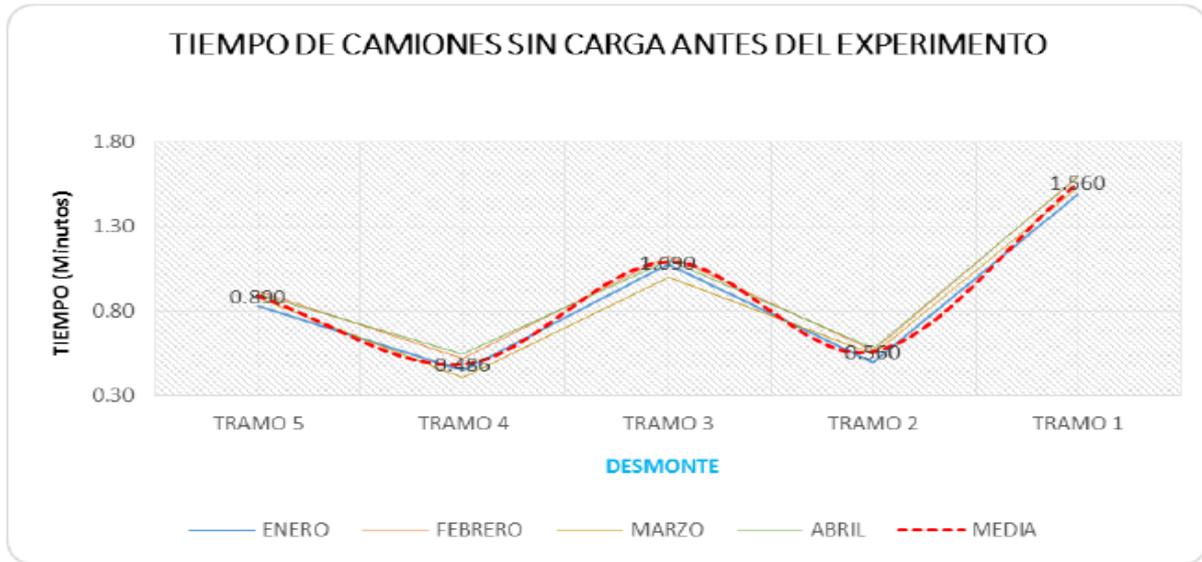


Figura 4. Tiempo de camiones sin carga de desmonte (pre-prueba).

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

De igual manera para el caso de transporte de desmonte la recolección de los datos se realizó para cada uno de los tramos, en los recorridos de ida con carga y retorno sin carga, de los datos se obtuvo la media representativa para ambos casos.

3.2 FASE DE POST-PRUEBA

Una vez aplicada en el campo el estándar de diseño de vías para el transporte se volvió a determinar la media promedio con los nuevos datos de los ciclos de tiempo en los mismos tramos seleccionados.



Figura 5. Tiempo de camiones sin carga de desmonte después del experimento

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

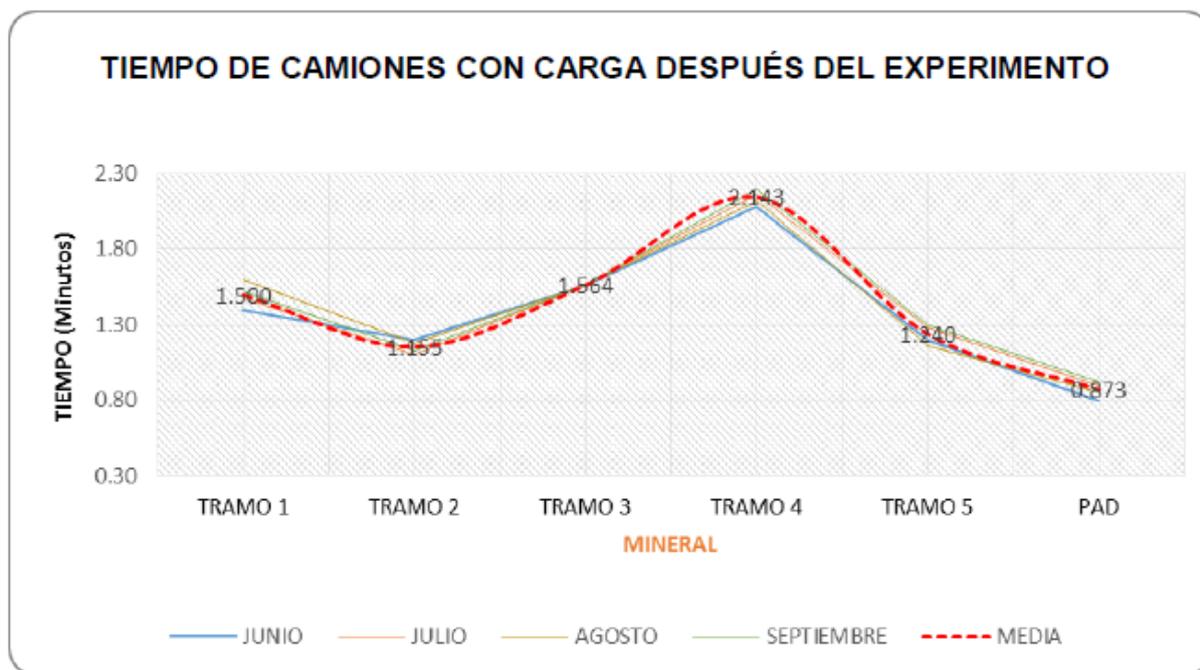


Figura 6. Tiempo de camiones con carga de mineral (post-prueba)

Determinación del comportamiento del ciclo de aplicación de estándares de vías. transporte de desmonte después de la

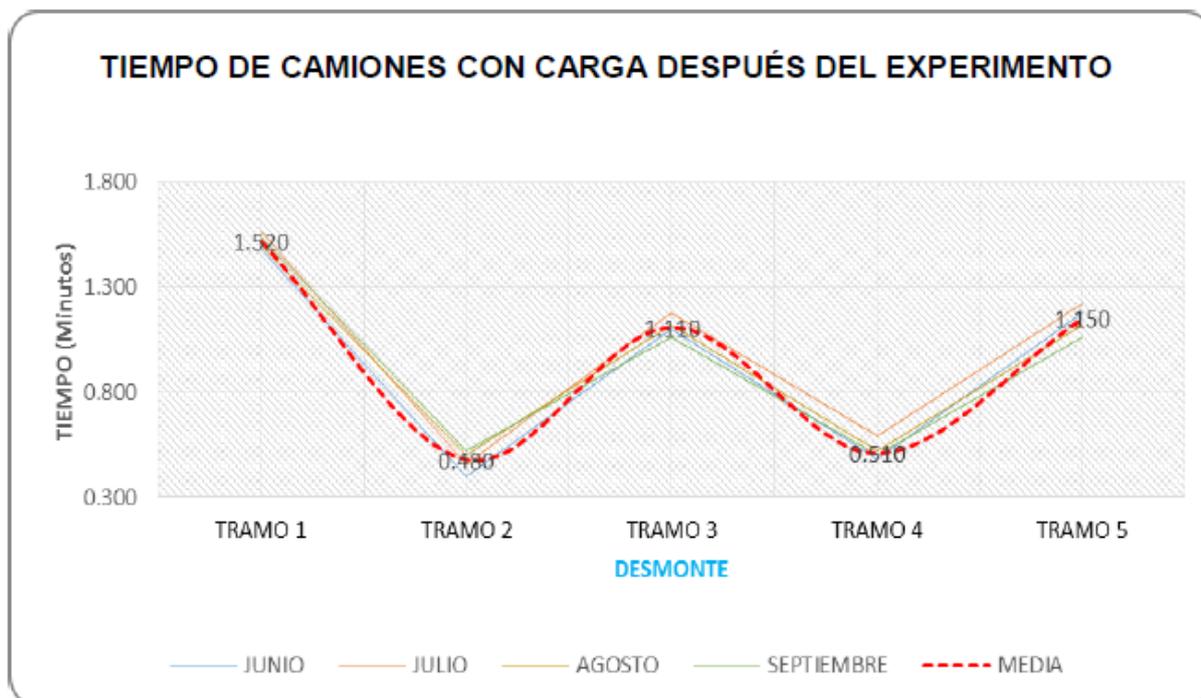


Figura 7. Tiempo de camiones con carga de desmonte (post-prueba).

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

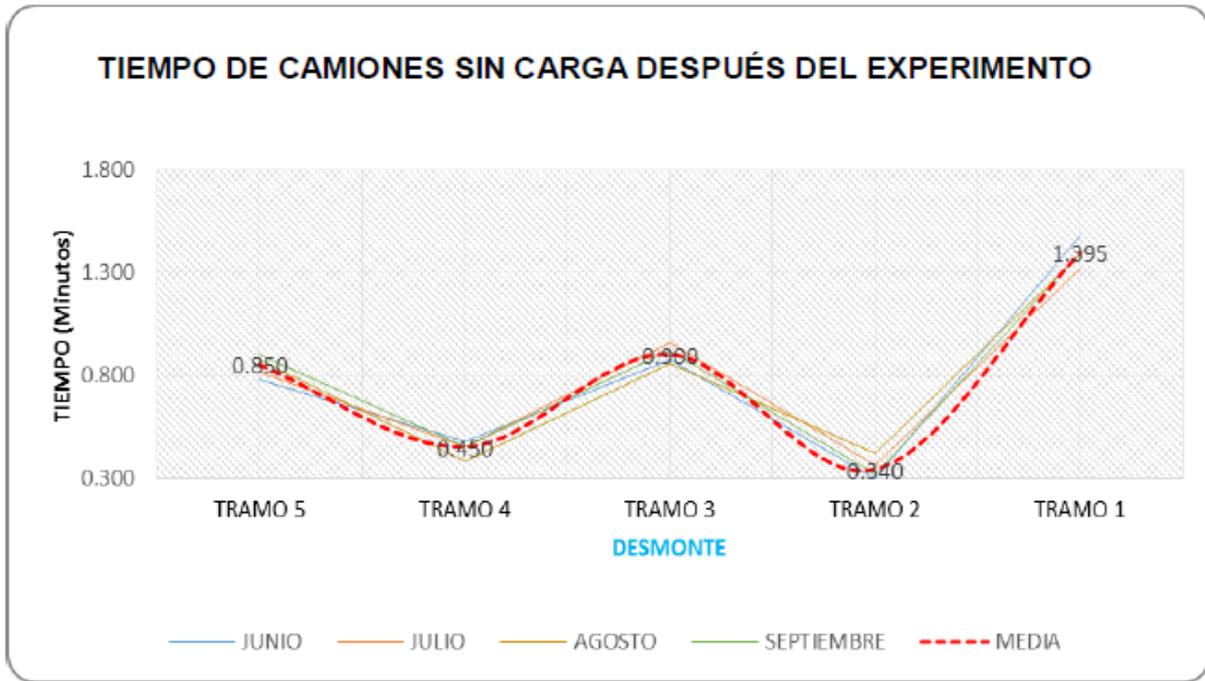


Figura 8. Tiempo de camiones sin carga de desmorte (post-prueba)

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

3.3 CUADROS COMPARATIVOS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Cuadro comparativo de ciclos para transporte de mineral y desmorte. Los resultados indican

el comparativo del antes y después de la aplicación de estándares de diseño de vías para el ciclo de transporte de mineral.

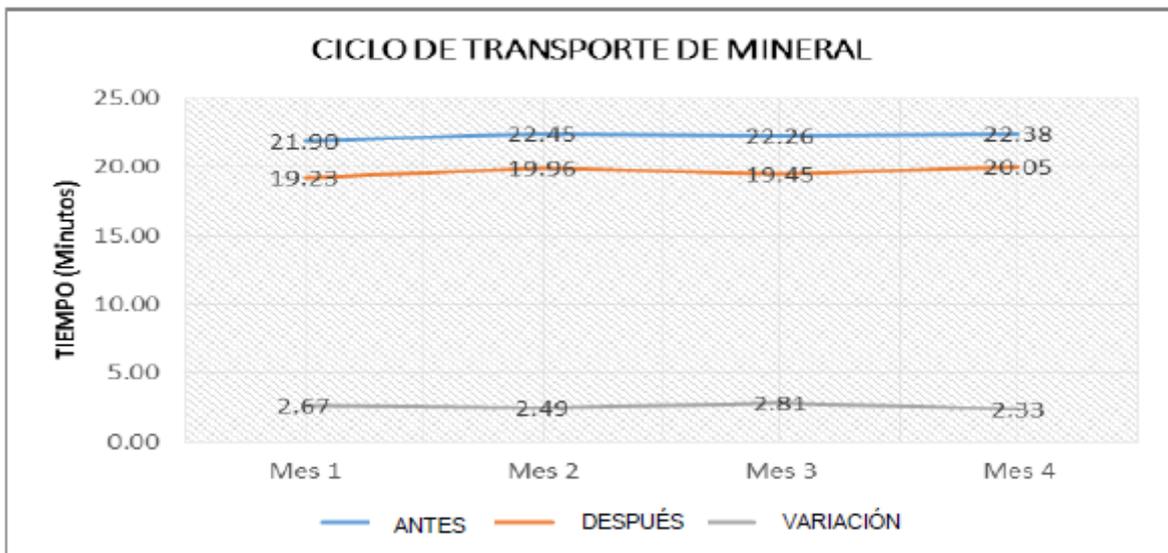


Figura 9. ciclo de transporte del mineral

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017)

Se puede observar que se optimizo el ciclo de transporte con una reducción promedio de 2.58

min comparado anteriormente antes de la aplicación de estándares de diseño.

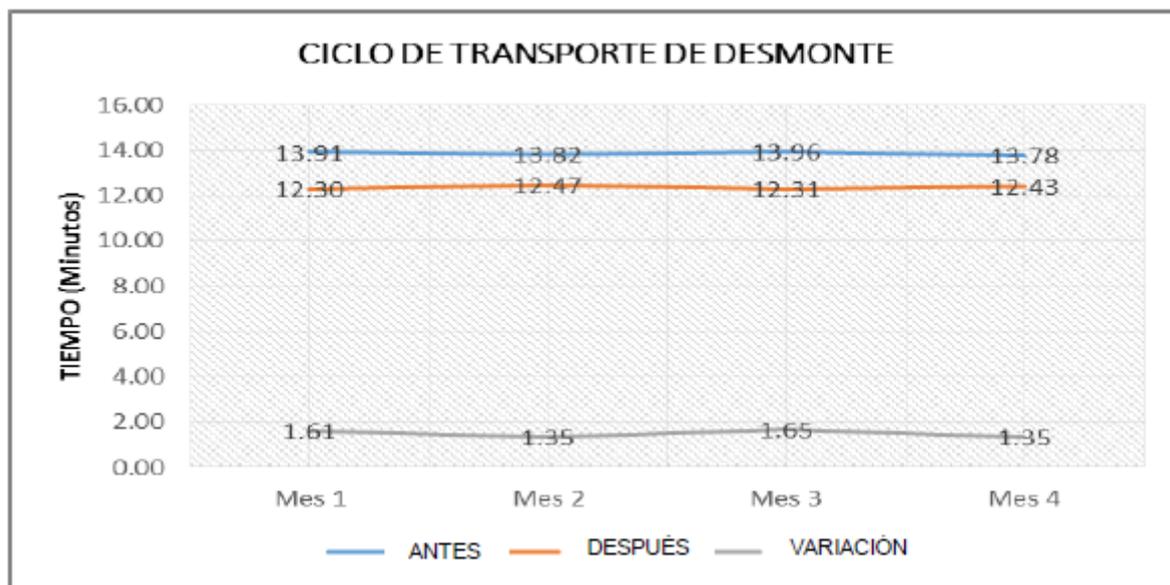


Figura 10. Ciclo de transporte de desmonte

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017)

3.4 CUADRO COMPARATIVO DE VELOCIDADES PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL.

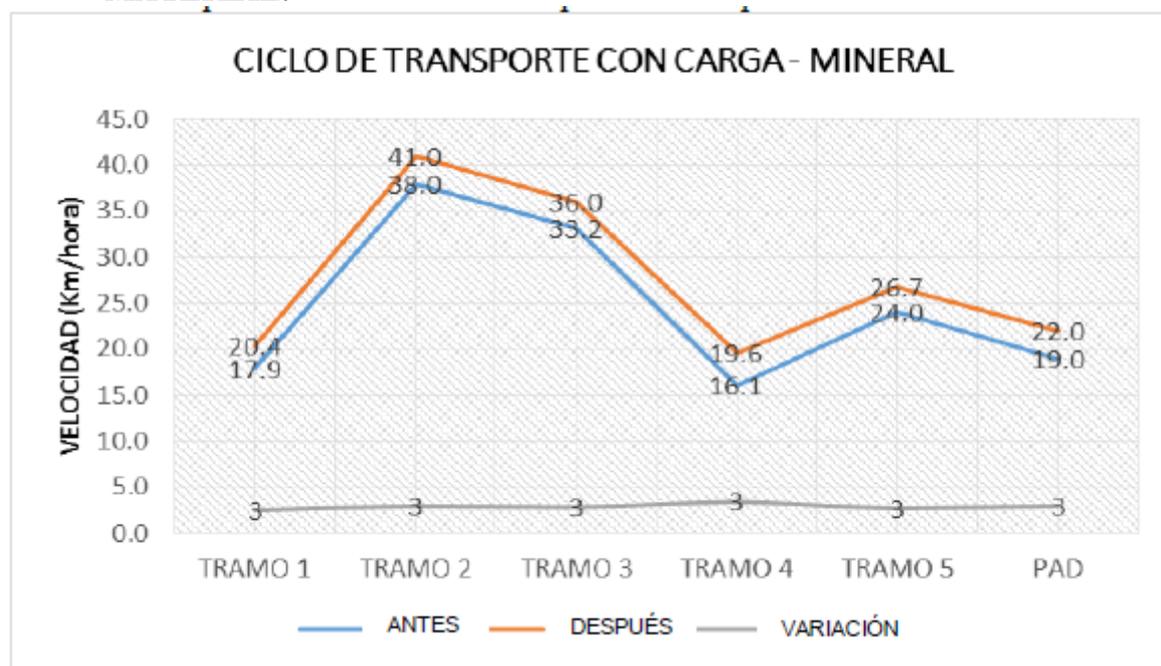


Figura 11. Velocidades para transporte con carga de mineral

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017)

Para el caso del transporte de mineral cargado se logró aumentar la velocidad de recorrido en los diferentes tramos, en un promedio de 3 km/hora adicionales.

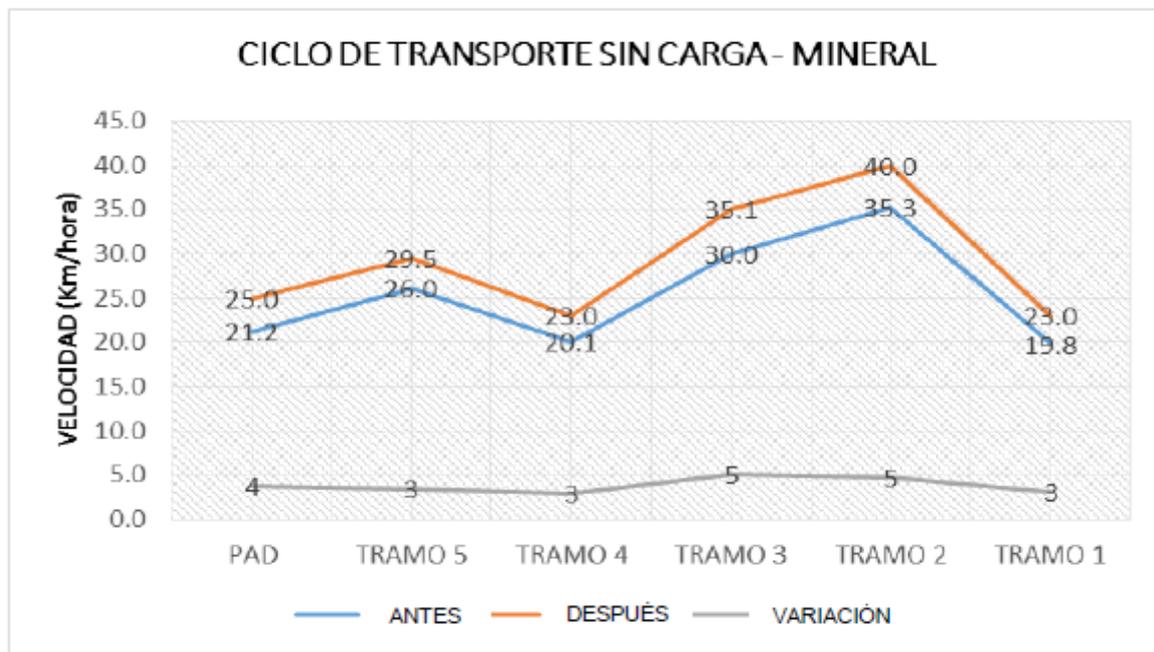


Figura 12. Velocidades para transporte sin carga de mineral

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

También ara el caso del transporte de mineral en un promedio de 4 km/ hora adicional en los de retorno vacío se logró aumentar la velocidad tramos de recorrido.

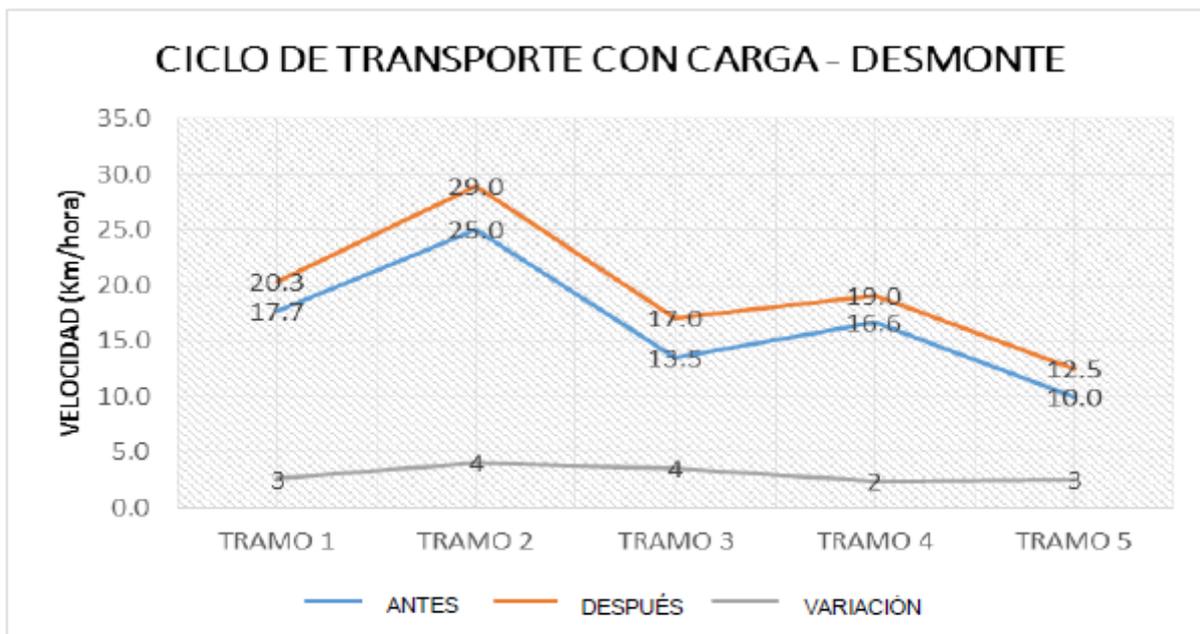


Figura 13. Velocidades para transporte con carga de desmonte

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017)

Para el caso del transporte de desmonte cargado se logró aumentar la velocidad en los diferentes tramos en un promedio de 3 km/ hora adicional.

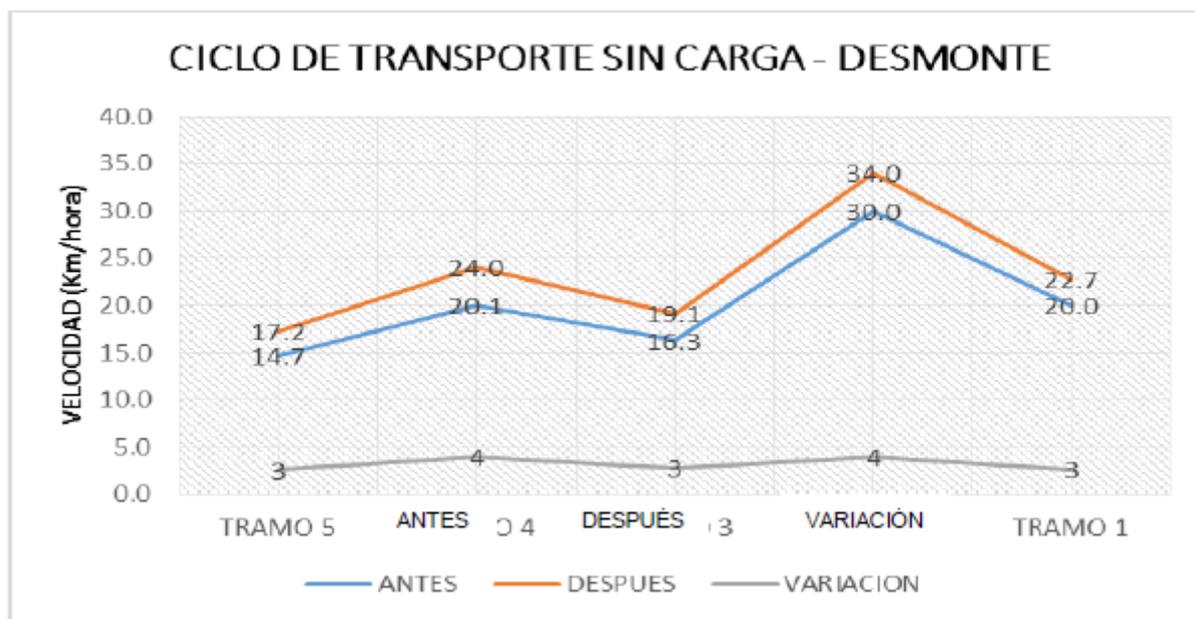


Figura 14. Velocidades para transporte sin carga de desmonte

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

De igual manera para el caso del transporte de desmonte de retorno sin carga se logró aumentar la velocidad en los diferentes tramos en un promedio de 3.18 km/ hora adicional.

MINERAL

Tabla 4. Cuadro comparativo para mineral

CUADRO COMPARATIVO PARA MINERAL									
CICLO DE TRANSPORTE					EQUIPO DE TRANSPORTE				
ANTES		DESPUÉS			ANTES		DESPUÉS		
MESES	CICLO (Min)	MESES	Ciclo (Min)	VARIACIÓN	MESES	Volq (Uni)	MESES	Vol (Uni)	VARIACIÓN
Enero	21.92	Junio	19.76	2.16	Enero	9	Junio	8	1
Febrero	21.91	Julio	19.88	2.03	Febrero	9	Julio	8	1
Marzo	21.93	Agosto	19.93	2.00	Marzo	9	Agosto	8	1
Abril	21.89	Septiembre	19.96	1.93	Abril	9	Septiembre	8	1

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017).

DESMONTE

Tabla 5. Cuadro comparativo para desmonte

CUADRO COMPARATIVO PARA DESMONTE									
CICLO DE TRANSPORTE					EQUIPO DE TRANSPORTE				
ANTES		DESPUÉS			ANTES		DESPUÉS		
MESES	CICLO (Min)	MESES	Ciclo (Min)	VARIACIÓN	MESES	Volq (Uni)	MESES	Vol (Uni)	VARIACIÓN
Enero	13.90	Junio	12.43	1.47	Enero	6	Junio	5	1
Febrero	13.82	Julio	12.36	1.46	Febrero	6	Julio	5	1
Marzo	13.93	Agosto	12.41	1.52	Marzo	6	Agosto	5	1
Abril	13.89	Septiembre	12.45	1.44	Abril	6	Septiembre	5	1

Fuente: Condori-Catacora, R. F. (2017)

IV. DISCUSIONES

objetivo principal el cual es optimizar el ciclo de transporte tanto como para el mineral y el desmonte como se planteó inicialmente esto gracias a la aplicación de un estándar de diseño de vías el cual contiene los parámetros adecuados para mantener un buen ritmo de producción, el cual debe ser aplicado para los diferentes tajos con los que cuenta la unidad minera al comprobarse su funcionamiento y los aportes favorables que ha demostrado, es de acuerdo a estos resultados que se ha logrado confirmar las conclusiones de Pizarro G.(2010), quien con su investigación: “Efecto del diseño minero en la velocidad de los equipos de transporte” logró establecer una importante relación entre el diseño de vías y la velocidad aplicada en la operación de transporte de material. El cual es directamente proporcional. Asimismo, se logró comprobar que se puede conseguir un adecuado dimensionamiento de volquetes tomando en consideración un correcto diseño de vías y sus elementos

conformantes, tal como también lo sostiene Mesa, J. (2011), en su investigación “Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto”. Finalmente, de acuerdo con los resultados y con el trabajo de investigación: “Aplicación de la Simulación para la Optimización del Acarreo del Mineral” de Maxera, C. (2005) para lograr la optimización de la operación unitaria de transporte de material es importante lograr mejorar los tiempos de carga y descarga. (Condori-Catacora, 2017).

Además, las exigencias legales del mercado globalizado concernientes a la minimización y control de los peligros y riesgos en las actividades minero metalúrgicas, deben establecer y definir un procedimiento de operación estandarizada para todas las tareas que se realice(Flores-Ayta, 2013)

Por otra parte, el adecuado manejo de las operaciones del sistema de drenaje requiere de un sistema de gestión que responda a las

necesidades de la realidad de la empresa, las características del proyecto y los requerimientos legales, incluyendo además procedimientos de mejora continua ante posibles inclusiones de nuevos estándares. (Valcarcel-Huanca, 2016)

Asimismo, definir el plan de seguridad para la prevención de riesgos es enunciar la política, programa, organigrama, funciones y responsabilidades a nivel de departamento y de las personas que los contribuyen. (Bustamante-Ccolque, 2014)

En cuanto a, los riesgos laborales ocasionados por el tema de seguridad o condiciones y/o ambiente de trabajo en actividades críticas para los colaboradores del área de servicios complementarios en interior mina se pueden reducir aplicando de la herramienta de gestión VEO (Verificación de Estándares Operacionales). (Pizarro-Sarzos, 2018)

V. CONCLUSIONES

La aplicación de estándares de diseño de vías influyó positivamente en la optimización de la operación unitaria de transporte, ya que se logró reducir el ciclo de transporte de mineral en un tiempo de 2.58 minutos y el ciclo de transporte de desmonte en 1.49 minutos. Derivándose de estos la reducción del dimensionamiento de volquetes, de 9 a 8 en el primer caso; y de 6 a 5 en el segundo caso.

También se logró aumentar la velocidad, para el caso del recorrido de mineral con carga se logró incrementar en 3 km/h y de retorno vacío

en 4 km/h; y para el caso del desmonte recorrido con carga se logró aumentar en 3 km/h, para el retorno vacío se incrementó en 3.18 km/h.

Si se reducen los ciclos de tránsito y el dimensionamiento de volquetes, la operación unitaria de transporte, logrará ser optimizada. Pues el trabajo será más productivo y se reducirán los costos operativos.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Bustamante-Ccolque, A. (2014). "Elaboración del plan anual de seguridad para el cumplimiento de la política hsec - salud, seguridad, medio ambiente y comunidad - en las operaciones de servicios mina, unidad minera antapaccay" Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Condori-Catacora, R. F. (2017). *Optimización de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares de diseño de vías en la unidad minera corihuarmi – 2016* Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/discover>
- Flores-Ayta, W. E. (2013). "Avances en la aplicación del sistema gestión de seguridad y salud ocupacional en trabajos de movimiento de tierra empresa especializada b & b murillo s.a.c. mina

- cerro verde*” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&i>
- Indhira, M., Jimenez, P., & Molina, E. (2006). *Propuesta de medición de la productividad en minería de oro vetiforme y reconocimiento de estándares productivos sostenibles*. 73–86. Retrieved from https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2c5&q=propuesta+de+medicion+de+la+productividad+en+mineria+de+oro+vetiforme+y+reconocimiento+de+estandares+productivos+sostenibles&btnq=
- Marambio-Pizarro, G. A. (2010). *Efecto del diseño minero en la velocidad de los equipos de transporte* Universidad de Chile. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103948>
- Maxera-Bedon, C. O. (2005). *Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo de mineral* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/maxera_bc/maxera_bc.PDF
- Melo-Medina, F. V. (2013). “*Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura en la compañía minera* *poderosa ejmac s.a.c*” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&i>
- Meza-Castro, J. E. (2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto* Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/941/meza_castro_josue_sistema_acarreo_desmonte_tajo_abierto.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Pizarro-Sarzoso, J. L. (2018). *Implementación de verificación cuantitativa de estándares operacionales para minimizar riesgos laborales en las actividades de servicios complementarios de la empresa epcm experts* Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/discover>
- Sepúlveda, G. F., Branch-Bedoya, J. W., & Jaramillo-Alvarez, P. (2010). Una aproximación a la planeación minera a cielo abierto desde un enfoque basado en decisiones bajo incertidumbre. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, (28), 07–14.
- Valcarcel-Huanca, M. L. (2016). *Programa de seguridad y salud ocupacional y control ambiental para la prestación de servicios de drenaje empresa a&c business*

corporation s.a. compañía minera

antapaccay s.a. ” Universidad Nacional

de San Agustín de Arequipa. Retrieved

from

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&i>

Vidal-Loli, M. A. (2010). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/534>