

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



**OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE  
TRANSPORTE CON LA APLICACIÓN DE ESTÁNDARES DE  
DISEÑO DE VÍAS EN LA UNIDAD MINERA CORIHUARMI – 2016**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ROY FERNANDO CONDORI CATACTORA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERÚ**

**2017**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

“OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE TRANSPORTE CON LA APLICACIÓN DE ESTÁNDARES DE DISEÑO DE VÍAS EN LA UNIDAD MINERA CORIHUARMI – 2016”

PRESENTADA POR:

Bach. ROY FERNANDO CONDORI CATACTORA  
INGENIERO DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20-01-2017

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

.....  
Dr. JUAN, MAYHUA PALOMINO

PRIMER MIEMBRO

:

.....  
Ing. AMÉRICO, ARIZACA AVALOS

SEGUNDO MIEMBRO

:

.....  
Ing. ARTURO, CHAYÑA RODRIGUEZ

DIRECTOR

:

.....  
M.Sc. MARIÓ, CUENTAS ALVARADO

Área: Ingeniería de Minas

Tema: Optimización de la operación unitaria de transporte

## DEDICATORIA

*Con profundo amor y respeto:*

*A mis amados padres Honorato y Estefanía, por su invaluable apoyo y comprensión, por inculcarme siempre el camino del bien y el enorme sacrificio que hicieron para cumplir esta meta.*

*A mis queridos hermanos, Willy, Gladys, Heidi; con profundo cariño y amor, quienes siempre me apoyaron moralmente.*

*A mí amada novia Carla por su incondicional y valioso apoyo, para conseguir este gran logro.*

*A la facultad y toda esa juventud estudiosa para que oriente siempre su vida por hacer de nuestro Perú, una nación grande.*

*Con mucho cariño,  
Roy Fernando Condori Catacora.*

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero y profundo agradecimiento a:

La Universidad Nacional del Altiplano – Puno mi alma mater; a la Facultad de Ingeniería de Minas, por cobijarme en el transcurso de mi carrera.

Al Director de mi tesis, M.Sc. Mario Cuentas Alvarado, por siempre mostrarse dispuesto a ayudarme y por la orientación y amistad brindada a lo largo de la investigación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por su abnegada labor fundamental quienes me guiaron a estimular mis estudios y superación profesional.

A nuestros buenos amigos, que nos brindaron su apoyo moral e intelectual, por la amistad surgida a lo largo de nuestra carrera, con los cuales nos apoyamos mutuamente para salir adelante de la mejor manera posible. Gracias por acompañarnos en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
RESUMEN.....	11
ABSTRACT .....	12

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema .....	14
1.2. Formulación del problema .....	14
1.3. Justificación del problema.....	15
1.4. Objetivos de la investigación .....	15
1.5. Limitaciones de la investigación .....	16
1.6. Delimitaciones del área de investigación.....	16

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.2. Bases teóricas .....	19
2.2.1 Transporte en minería superficial .....	19
2.2.2 Transporte.....	20
2.2.3 Factores condicionantes .....	20
2.2.4 Elementos de la operación unitaria de transporte.....	21
2.2.5 Criterios básicos para el diseño de vías .....	28
2.2.6 Diseño geométrico de una vía. ....	30
2.2.7 Condiciones de seguridad.....	44
2.2.8 Optimización .....	45
2.3. Marco conceptual.....	47
2.4. Hipótesis de la investigación.....	49
2.5. Operacionalización de variables .....	50

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de investigación .....	51
3.2 Nivel de investigación .....	51
3.3 Diseño de la investigación .....	51
3.4 Población y muestra de la investigación .....	52
3.5 Ubicación y descripción de la población .....	52
3.5.1 Ubicación .....	52
3.5.2 Geología .....	52
3.5.3 Producción.....	53
3.6 Material experimental .....	54
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	54
3.8 Procedimiento del experimento .....	55
3.8.1 Fase de preprueba para la optimización de transporte .....	56
3.8.2 Fase de posprueba para la optimización de la operación de transporte.....	56
3.9 Plan de tratamiento de los datos .....	57
3.10 Diseño de tratamiento para la prueba de hipótesis .....	58

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Fase de preprueba .....	59
4.1.1 Determinación del comportamiento del ciclo de transporte de mineral antes de la aplicación de estándares de diseño de vías.....	59
4.1.2 Determinación del comportamiento del ciclo para el transporte de desmonte antes de la aplicación de estándares de diseño de vías .....	60
4.2 Fase de posprueba .....	62
4.2.1 Determinación del comportamiento del ciclo de transporte de mineral después de la aplicación de estándares de vías .....	62
4.2.2 Determinación del comportamiento del ciclo de transporte de desmonte después de la aplicación de estándares de vías .....	63
4.3 Cuadro comparativos de los resultados de la investigación.....	64
4.3.1 Cuadro comparativo de ciclos para transporte de mineral y desmonte .....	64
4.3.2 Cuadro comparativo de velocidades para el transporte de material.....	65
4.3.3 Evaluación de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías .....	67

4.4	Análisis del dimensionamiento de volquetes para transporte de mineral .....	69
4.5	Análisis del dimensionamiento de volquetes para transporte de desmote .....	70
4.6	Análisis económico antes y después de la aplicación: .....	71
4.7	Costo de ejecución aplicativo al estándar del diseño de vías .....	72
	DISCUSIONES .....	73
	CONCLUSIONES .....	74
	RECOMENDACIONES .....	75
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
	ANEXOS.....	79
	Anexo A: Muestreo probabilístico estratificado.....	80
	Anexo B: Determinación de medidas de tendencia en ciclos de transporte de mineral .	81
	Anexo C: Ficha de Observación: Transporte de mineral con carga y sin carga por tramos, meses enero – abril 2016.....	86
	Anexo D: Matriz de consistencia.....	94
	Anexo E: Ciclo de transporte de mineral antes del experimento con carga y sin carga meses enero – abril 2016.....	95
	Anexo F: Velocidades por tramos para transporte de mineral antes del experimento con carga y sin carga .....	99
	Anexo G: Ciclo de transporte de desmote con carga y sin carga, por tramos enero – abril 2016.....	103
	Anexo H: Resumen general de velocidades por tramos para transporte de desmote con carga y sin carga .....	111
	Anexo I: Resumen de ciclos de transporte de mineral junio-septiembre 2016.....	115
	Anexo J: Ciclo de transporte de mineral con carga y sin carga por tramos, después del experimento junio – septiembre 2016.....	116
	Anexo K: MIRL - DR - 01 - Plano de estándar de diseño de vías .....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de rendimiento para determinar la velocidad máxima .....	24
Figura 2: Velocidad máxima en pendiente en función del peso para el modelo .....	24
Figura 3: Ancho de rampas y vías interiores mina .....	32
Figura 4: Ancho de camino en curvas horizontales .....	33
Figura 5: Bombeo de un camino.....	38
Figura 6: Pendiente de un camino.....	41
Figura 7: Distancia de frenado versus distancia de visibilidad en curvas horizontales ..	43
Figura 8: Distancia de frenado versus distancia de visibilidad en curvas verticales .....	43
Figura 9: Proceso de optimización.....	46
Figura 10: Variables intervinientes en el ciclo de transporte .....	47
Figura 11: Ubicación de la Unidad Minera Corihuarmi .....	52
Figura 12: Yacimientos de la Unidad Minera Corihuarmi.....	53
Figura 13: Plano – diseño de vías para la operación unitaria de transporte .....	54
Figura 14: Diseño con preprueba, posprueba y grupo de control.....	55
Figura 15: Plan de tratamiento de datos .....	57
Figura 16: Tiempo de camiones con carga de mineral (preprueba) .....	60
Figura 17: Tiempo de camiones sin carga de mineral (preprueba) .....	60
Figura 18: Tiempo de camiones con carga de desmonte (preprueba) .....	61
Figura 19: Tiempo de camiones sin carga de desmonte (preprueba) .....	61
Figura 20: Tiempo de camiones sin carga de desmonte antes del experimento .....	62
Figura 21: Tiempo de camiones con carga de mineral (posprueba) .....	62
Figura 22: Tiempo de camiones con carga de desmonte (posprueba) .....	63
Figura 23: Tiempo de camiones sin carga de desmonte (posprueba) .....	63
Figura 24: ciclo de transporte del mineral.....	64
Figura 25: ciclo de transporte de desmonte.....	64
Figura 26: Velocidades para transporte con carga de mineral .....	65
Figura 27: Velocidades para transporte sin carga de mineral.....	65
Figura 28: Velocidades para transporte con carga de desmonte .....	66
Figura 29: Velocidades para transporte sin carga de desmonte.....	66



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempos de giro, posicionamiento, según tipo de descarga y condiciones de operación .....	22
Tabla 2: Tiempos de posicionamiento en el punto de carguío; según condición de operación y tipo de descarga.....	22
Tabla 3: Factores para obtener velocidades promedio bajo distintas condiciones de operación .....	25
Tabla 4: Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal .	33
Tabla 5: Categorización de equipos de transporte por peso bruto (kg) .....	34
Tabla 6: Radios mínimos y peraltes máximos.....	35
Tabla 7: Fricción Transversal máxima en curvas .....	36
Tabla 8: Peraltes recomendados para curvas horizontales .....	36
Tabla 9: Cálculo de peralte en la curva.....	37
Tabla 10: Porcentajes de bombeo (recomendaciones).....	38
Tabla 11: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.....	40
Tabla 12: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.....	40
Tabla 13: Pendientes máximas .....	41
Tabla 14: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
Tabla 15: Diseño de preprueba y posprueba para la optimización de la operación de transporte .....	56
Tabla 16: Resumen general de transporte de mineral con carga .....	67
Tabla 17: Resumen general de transporte de mineral sin carga .....	67
Tabla 18: Cuadro comparativo para mineral .....	67
Tabla 19: Resumen general de transporte de desmonte con carga .....	68
Tabla 20: Resumen general de transporte de desmonte sin carga .....	68
Tabla 21: Cuadro comparativo para desmonte .....	68
Tabla 22: Transporte de Mineral: Dimensionamiento de volquetes antes de la aplicación de estándares de diseño de vías.....	69
Tabla 23: Transporte de Mineral: Dimensionamiento de volquetes después de la aplicación de estándares de diseño de vías .....	69

Tabla 24: Transporte de desmonte: Dimensionamiento de volquetes antes de la aplicación de estándares de diseño de vías .....	70
Tabla 25: Transporte de Desmonte: Dimensionamiento de volquetes después de la aplicación de estándares de diseño de vías .....	70
Tabla 26: Análisis económico del transporte de mineral antes de la aplicación de estándares.....	71
Tabla 27: Análisis económico del transporte de desmonte antes de la aplicación de estándares.....	71
Tabla 28: Análisis económico del transporte de desmonte después de la aplicación de estándares.....	72
Tabla 29: Análisis económico del transporte de mineral después de la aplicación de estándares.....	72

## RESUMEN

La investigación surgió a raíz de problemas en el proceso de transporte de material en la Unidad Minera Corihuarmi, ante la ausencia de un estándar de diseño de vías, el cual generaba que las vías no sean las más óptimas, pues no contaban con el ancho mínimo necesario durante todo el trayecto, donde las gradientes en algunos puntos sobrepasaban el 12%, generando pérdidas en el proceso, principalmente en el aumento del ciclo de transporte de los camiones y el sobredimensionamiento de la flota de transporte. Para ello se desarrolló una investigación de diseño experimental, de tipo descriptiva-analítica y enfoque cuantitativo bajo el método hipotético-deductivo. Con el objetivo principal de determinar cómo influye la aplicación de un estándar de diseño de vías en la optimización de la operación unitaria de transporte. 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. Con los resultados de la investigación se valida la hipótesis del estudio planteado, al comprobar que la aplicación de estándares de diseño de vías permite la reducción de ciclos de transporte de los camiones, y el correcto dimensionamiento de equipos, de esta manera se optimizó el proceso unitario de transporte.

### **Palabras clave:**

Diseño de vías, estándares, operación unitaria, transporte, optimización.

## ABSTRACT

The investigation came as a result of problems in the process of transporting material in the Corihuarmi Mining Unit, due to the absence of a standard of road design, which meant that the roads were not the most optimal because they did not have the minimum width Necessary during the whole journey, where the gradients in some points surpassed 12%, generating losses in the process, mainly in the increase of the transport cycle of the trucks and the oversizing of the transport fleet. For this, a research of experimental design, of descriptive-analytical type and quantitative approach was developed under the hypothetical-deductive method. With the main objective of determining how the application of a standard of track design influences in the optimization of the unit transport operation. For the data collection, the techniques of systematic observation and the monitoring of truck speeds were used using control tokens, divided by sections and work shifts. With the results of the research, the hypothesis of the proposed study is validated, by verifying that the application of standards of road design allows the reduction of transport cycles of the trucks, and the correct sizing of equipment, in this way, the process is optimized Unit of transport.

### **Keywords:**

Design of tracks, standards, unit operation, transport, optimization.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más competitivo y dinámico, las empresas de diversos rubros se ven en la necesidad de optimizar sus actividades, de manera que puedan asegurar su estabilidad en el sector en el que se desenvuelven. 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. Si bien es cierto que, las actividades de carga y transporte tanto de mineral como de material estéril o desmonte, son actividades cotidianas, permanentes y vitales, para el logro de sus objetivos operacionales; es indiscutible la presencia de problemas que reducen la eficiencia en estos procesos. Es constante el problema del sobredimensionamiento de camiones, el incremento del ciclo de transporte por no contar con las vías adecuadas para este proceso.

Es por ello que la presente tesis de investigación tiene por objetivo 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 - 2016. A razón de que se ha podido observar que las vías usadas para el proceso de transporte no son las

adecuadas, la raíz de estos problemas están siendo causados por la falta de un estándar de diseño de vías de transporte.

### **1.1. Descripción de la realidad del problema**

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. Esta realidad también se refleja en la Unidad Minera Corihuarmi, que actualmente presenta problema en el proceso de transporte debido a la falta de un diseño de vías de acceso, que fueron construidas sin contemplar todos los parámetros técnico-operativos (ancho de vía, pendiente, ancho y altura de muro de seguridad, peralte, bombeo, sobre-ancho y radio de curvatura), necesarios para mantener los ciclos óptimos de traslado de material. A consecuencia de estos inconvenientes los tiempos muertos generados por esperas de camiones en zonas de pase y por horas no programadas de mantenimiento, van en aumento. Al igual que los costos que se derivan por el mayor consumo de combustible, la reducción de vida útil de camiones y los gastos generados por fallas mecánicas.

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.

### **1.2. Formulación del problema**

a) Problema general

¿Cómo influye la aplicación de estándares de diseño de vías en la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi - 2016?

b) Problemas específicos

- ¿Cuáles son los parámetros óptimos para el diseño de vías de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi - 2016?
- ¿Cómo se desarrolla la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi-2016?

### 1.3. Justificación del problema

La investigación constituye una función esencial de la universidad, cuyo fin inmediato es contribuir en la solución de problemas presentes en la sociedad, de acuerdo a la realidad de cada sector.

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 lo 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.

### 1.4. Objetivos de la investigación

a) Objetivo general

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 - 2016.

b) Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los parámetros óptimos en el diseño de vías de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.
- Evaluar la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

El trabajo de investigación no presentó limitaciones, ya que se tuvo a disposición toda la data detallada generada en el proceso de transporte antes (fase de preprueba) y después (fase de posprueba) de la aplicación de los estándares de diseño de vías. De igual manera, se contó con el material necesario y el apoyo del personal operativo de la Unidad Minera Corihuarmi para la recolección de estos datos. Así como el respaldo del personal de línea para la aplicación de los nuevos estándares de diseño.

### **1.6. Delimitaciones del área de investigación**

La unidad de análisis de esta investigación estuvo determinada por la operación unitaria de transporte de material de la Unidad Minera Corihuarmi de la Minera IRL, que se dedica a la extracción de oro en el departamento de Junín. Para ello se analizó los datos relacionados al ciclo de transporte de los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre del 2016.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional, se tienen las siguientes investigaciones:

Pizarro (2012). *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:

Mesa (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 (2011). *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. Asimismo se realizara un análisis de factores que influyen sobre estos a fin de obtener la información necesaria que permita el ahorro de tiempos y reducir los costos.

Chircca (2010). *Control de las actividades de carguío y acarreo en minería superficial, caso: Minera Yanacocha S.R.L.* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería: Lima.

*“Contar con vías de transporte de material apropiadas y en buen estado es un punto importante, ya que facilita el control y evaluación, donde se obtuvo información de campo, práctica y real, los cuales servirán como base para ajuste del presupuesto para los próximos años”.*

Marcelino (2009). *Mejoramiento de acarreo y transporte mediante DISPATCH en Cerro Verde*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.

Entre sus conclusiones indica que “El DISPATCH es parte fundamental del negocio minero en el control de las operaciones en forma automática y eficiente para una empresa de clase mundial al mantener una adecuada performance de estos sistemas y sus componentes”.

Maxera (2005). *Aplicación de la Simulación para la Optimización del Acarreo del Mineral*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Concluye que:

Teniendo como base la producción actual y los datos estadísticos del acarreo del material y el de desechos, se ha elaborado un modelo de simulación que reproduce el movimiento de los camiones, el número de vueltas que estos realizan en sus operaciones de carga, descarga, retorno y sus tiempos de espera frente a las palas eléctricas, teniendo como restricciones el turno de 6 horas y los costos operativos incurridos.

A nivel regional, tenemos la investigación de:

Jilapa (2014). *Optimización del sistema de carguío y transporte en la unidad minera Tacaza-CIEMSA*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Concluye:

Anteriormente en el diseño de vías no se tenía un ancho de vía estándar el cual dificultaba a la operación del tránsito de los volquetes, generando pérdidas operativas, ahora con el nuevo sistema empleado para el diseño de vías geométricas, se reduce las pérdidas operativas en el tránsito, estandarizándose de acuerdo a las normas de seguridad SSOM – 055-201. Donde el ancho es 3 veces del equipo más grande que es equivalente a 9 metros de ancho de vía.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1 Transporte en minería superficial

La minería superficial o a cielo abierto se desarrolla en la superficie del terreno y es empleada cuando los depósitos de minerales, comercialmente útiles, se encuentran ubicados cerca de la superficie, esto quiere decir, cuando es relativamente fina la capa de material o cuando resulta estructuralmente inadecuado realizar un túnel. Para ello se quita completamente el recubrimiento estéril y se extrae el material requerido. Este tipo de minería “sin techo” es considerada la modalidad generalmente aceptada para explotar, con rendimiento económico, minerales cuya característica principal es un enorme volumen y un bajo contenido de elementos (metales) valiosos por unidad de volumen o de peso. (Universidad Nacional de San Juan, 2010)

Según el manual de minería de Estudios Mineros del Perú SAC, (2012) “*el ciclo de explotación en una mina superficial se puede definir como una sucesión de fases u operaciones básicas. Éstas son, generalmente las siguientes: (a) arranque, (b) carga, (c) transporte y (d) vertido*”.

### 2.2.2 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).

### 2.2.3 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, encontrar todos los

requisitos para la actividad minera en un solo tipo de llanta, por ello se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones como las condiciones del suelo, la resistencia a los cortes, desgaste, calentamiento, etc.

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”.

#### 2.2.4 Elementos de la operación unitaria de transporte

Al igual que la actividad minera en general, descrita generalmente como un ciclo de operaciones unitarias, cada operación unitaria tiene también una naturaleza cíclica. En el caso del transporte, se consideran el ciclo del transporte y el dimensionamiento de equipos (Villegas, 2005).

##### a) Tiempo de ciclo del transporte:

Está constituida por una serie de tiempos de sub-operaciones que hacen posible el transporte de material. De esta manera el tiempo del ciclo de transporte corresponde a la suma de los tiempos de las maniobras que realiza el equipo de transporte (Calder, 2000). Según fórmula, el tiempo de ciclo de transporte es:

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

Donde:

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

b) Tiempo de giro, posicionamiento y descarga (TMt): El tiempo de maniobras de transporte depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo. Como referencia, se entregan los valores (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Tiempos de giro, posicionamiento, según tipo de descarga y condiciones de operación

<b>Tiempo según tipo de descarga (min)</b>			
<b>Condiciones de Operación</b>	<b>Inferior</b>	<b>Trasera</b>	<b>Lateral</b>
Favorables	0.3	1.0	0.7
Promedio	0.6	1.3	1.0
Desfavorables	1.5	1.5-2.0	1.5

Fuente: (Calder, 2000)

c) Tiempo de posicionamiento en el punto de carguío (TPc): Corresponde al tiempo necesario para disponer del vehículo en el lugar de carguío, estos tiempos también dependen del tipo de equipo de transporte y de las condiciones de trabajo. A continuación se presenta una tabla con valores referenciales (Ver Tabla 2)

Tabla 2: Tiempos de posicionamiento en el punto de carguío; según condición de operación y tipo de descarga

<b>Tiempo según tipo de descarga (min)</b>			
<b>Condiciones de Operación</b>	<b>Inferior</b>	<b>Trasera</b>	<b>Lateral</b>
Favorables	0.15	1.15	0.15
Promedio	0.50	0.30	0.50
Desfavorables	1.00	0.50	1.00

Fuente: (Calder, 2000)

d) Tiempo de Transporte (TVt): Está determinado por el peso del equipo y las condiciones de la vía. La velocidad de transporte dependerá de la calidad y pendiente del camino y del peso del equipo de transporte y su carga. Una característica en la operación de estos vehículos es que deben moderar la

velocidad de manera de que los frenos funcionen sin superar la capacidad de enfriamiento del sistema. El cálculo de velocidades de estos camiones depende entonces de la pendiente de bajada.

Según fórmula el tiempo de transporte es igual a la suma del tiempo de viaje cargado y el tiempo de viaje vacío.

$$TV_t (\text{min}) = TV_{ct} (\text{min}) + TV_{dt} (\text{min})$$

Considerando que el *Tiempo de viaje cargado*, viene dado por la fórmula:

$$TV_{ct} (\text{min}) = (D_{cht}/V_{cht}) + (D_{cst}/V_{cst}) + (D_{cbt}/V_{cbt}) + (D_{cct}/V_{cct})$$

Donde:

**Dcht (m):** Distancias horizontales (pendiente 0%).

**Dcst (m):** Distancias en subida (pendiente > 0%).

**Dcbs (m):** Distancias en bajada (pendiente < 0%).

**Dcct (m):** Distancias en curvas (con su respectiva pendiente).

**Vcht (m/min):** Velocidades en distancias horizontales (pendiente 0%+RD%).

**Vcst (m/min):** Velocidades en subida (P% + RD%).

**Vcbs (m/min):** Velocidades en bajada (P% - RD%).

**Vcct (m/min):** Velocidades en curvas (P% +/- RD%).

**RD%:** Resistencia a la rodadura del equipo de transporte (%), que corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse al efecto retardatorio entre los neumáticos y la vía.

**P%:** Resistencia por pendientes máximas a vencer por el equipo de transporte (%), corresponde al esfuerzo de tracción necesario para sobreponerse a la gravedad y permitir el ascenso del vehículo en una vía con pendiente positiva (es decir, una vía que asciende). Corresponde a 1% del peso del vehículo por cada 1% de pendiente. Respecto del cálculo de la velocidad de los equipos de transporte, ya estén cargados o descargados, en los distintos tramos de la vía se

utiliza la información brindada por los proveedores de vehículos, generalmente expresos en gráficos de rendimiento. (Ver Figuras 1 y 2)

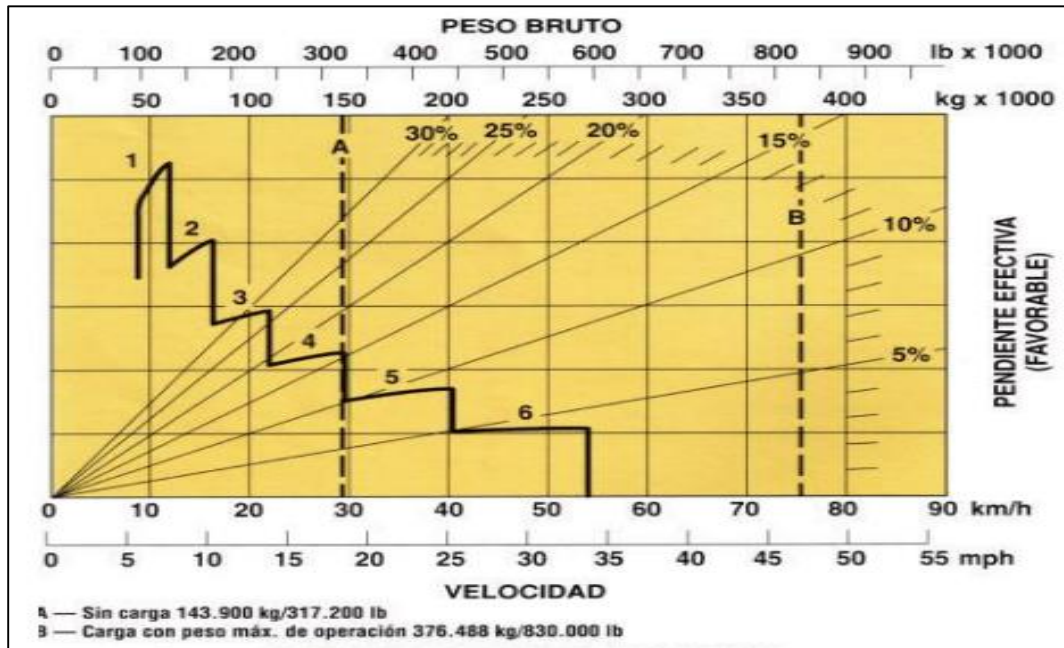


Figura 1: Gráfico de rendimiento para determinar la velocidad máxima

Fuente: (Ferreyros Cat, 2009).

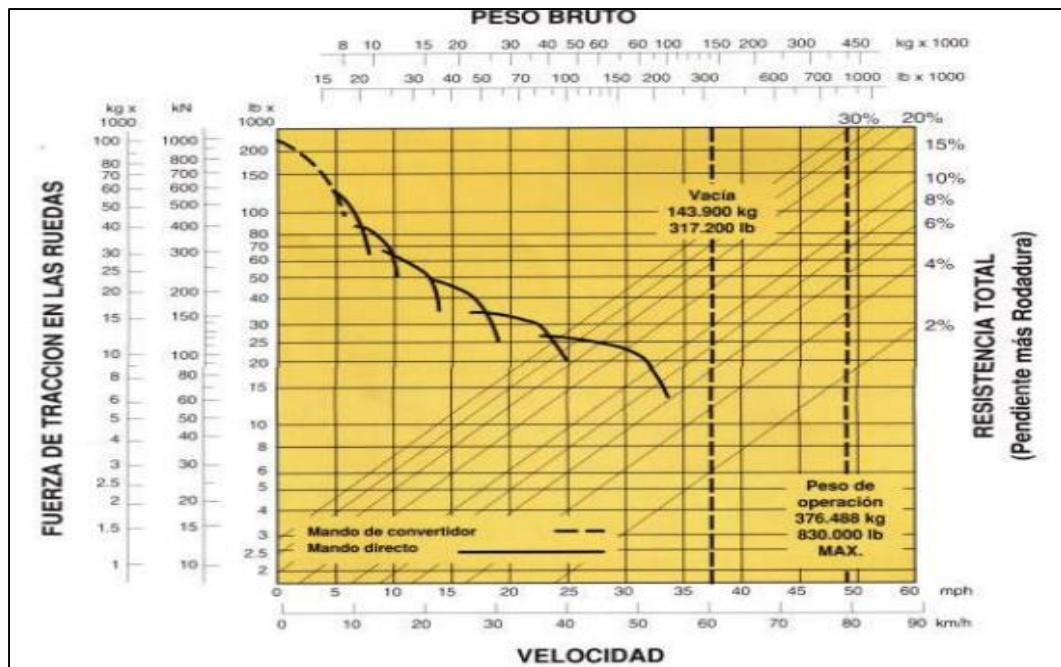


Figura 2: Velocidad máxima en pendiente en función del peso para el modelo

Fuente: (Ferreyros Cat, 2009).



Teniendo en cuenta los gráficos de rendimiento del equipo de transporte correspondiente, se modifican las velocidades indicadas considerando promedios en lugar de máximas. Para ello, existen tablas que entregan valores referenciales de estos factores a varias distancias de transporte (Ver Tabla 3).

Tabla 3: Factores para obtener velocidades promedio bajo distintas condiciones de operación

Longitud de la sección de transporte (m)	Vías cortas y a nivel (150-300 m de largo total)	Unidad partiendo desde detención absoluta	Unidad en movimiento al entrar a la sección
0-100	0.20	0.25-0.50	0.50-0.70
100-230	0.30	0.35-0.60	0.60-0.75
230-450	0.40	0.50-0.65	0.70-0.80
450-750		0.60-0.70	0.75-0.80
750-1000		0.65-0.75	0.80-0.85
Sobre 1000		0.70-0.85	0.80-0.90

Fuente: (Ferreyros Cat, 2009).

Mientras que, el tiempo de viaje vacío, viene dado por la fórmula:

$$TVdt \text{ (min)} = (Dbht/Vdht) + (Ddst/Vdst) + (Ddbt/Vdbt) + (Dcct/Vcct)$$

Donde:

**Ddht (m):** Distancias horizontales (pendiente 0%).

**Ddst (m):** Distancias en subida (pendiente > 0%).

**Ddbt (m):** Distancias en bajada (pendiente < 0%).

**Ddct (m):** Distancias en curvas (con su respectiva pendiente).

**Vdht (m/min):** Velocidades en distancias horizontales

**Vdst (m/min):** Velocidades en subida (P% + RD%).

**Vdbt (m/min):** Velocidades en bajada (P% - RD%).

**Vdct (m/min):** Velocidades en curvas (P% +/- RD%).

Las velocidades de viaje vacío se obtienen de igual forma que para el equipo cargado.

## e) Dimensionamiento de volquetes:

Como expone Revollo (2016) los principales criterios de selección de unidades se pueden juntar en cuatro grupos:

- Rendimiento, que está relacionado directamente con la capacidad de producción. De acuerdo con Ortíz, Canchari, Iglesias & Gonzales (2007), la producción y los costos por tonelada se ven influenciados por el respectivo acoplamiento entre los equipos, es decir, la cantidad de camiones que debe ser asignado a cada unidad de carga. En teoría el número de camiones absorberá la producción estimada por el equipo de carguío hasta completar la capacidad potencial instalada. En este punto se tiene el factor de acoplamiento.

$$\text{FACTOR DE ACOPLAMIENTO} = \frac{\text{N de camiones} \times \text{C. Carguío}}{\text{C. Acarreo}}$$

Si suponemos que los ciclos de los equipos son constantes el factor de acoplamiento varía de acuerdo a la cantidad de camiones que se incremente o disminuyan.

Por otro lado, el rendimiento está asociado también a la productividad de los equipos; para ello, como lo menciona Jilapa (2014) existen tiempos para su cálculo. Entre ellos están:

- Tiempo nominal, que corresponde al tiempo total considerado en el período de producción. Por ejemplo, el tiempo nominal en un turno es la duración de las mismas (8 o 12 horas).
- Tiempo disponible, corresponde a la fracción del tiempo nominal en que el equipo está disponible para ser operado, es decir, se debe descontar al tiempo nominal todos aquellos tiempos en que el equipo esté sujeto a mantenimiento y reparaciones.

$$T_{\text{disponible}} = T_{\text{nominal}} - T_{\text{mantenimiento}}$$

- Tiempo operativo, corresponde al tiempo en que el equipo está entregado a su operador y en condiciones de realizar la labor programada. Este tiempo se divide en (i) tiempo efectivo, tiempo en que el equipo está desarrollando sin

inconvenientes la labor programada, y (ii) tiempo de pérdidas operacionales, tiempos inoperativos.

- Tiempo de reserva, corresponde al tiempo en que el equipo, estando en condiciones de realizar la labor productiva, no es utilizado, ya sea porque no hay un operador disponible, o bien, simplemente porque no se ha considerado su operación en los programas de producción para el período actual.

Diseño que engloba la potencia, peso, vida útil, estabilidad, mantenimiento y seguridad. Para ello los equipos se clasifican según la función que pueden satisfacer. Es así como se distingue entre equipos de carguío, equipos de transporte y equipos mixtos. Los primeros realizan principalmente la labor de carga del material desde el frente de trabajo hacia un equipo de transporte que llevará el material a un determinado destino (planta, botadero, stock).

Alternativamente, estos equipos de carguío pueden depositar directamente el material removido en un punto definido. Los equipos de carguío pueden separarse a su vez en unidades discretas de carguío, como es el caso de palas y cargadores, o bien, como equipos de carguío de flujo continuo, como es el caso de excavadores de balde que realizan una operación continua de extracción de material.

- Aspecto económico, que engloba características como el costo de propiedad, los arrendamientos, la inversión en combustible y el gasto en mantenimiento.

#### g) Diseño de vías de transporte

Según Vásquez, Galdamés & Le-Faux (1996), las vías en minería superficial se clasifican de acuerdo con el servicio que prestan y de acuerdo con su vida útil. Así, señala que, existen vías de transporte (aquellas que permiten el tránsito de equipos pesados) y vías auxiliares (aquellas vías diferentes a las de acarreo y construidas con un fin determinado. Mientras que, según su vida útil, las vías pueden ser de tres clases: clase A (vías con tiempo de servicio superior a un mes), clase B (vías con tiempo de servicio menor de un mes) y clase C (vías con tiempo de servicio determinado por la duración de la labor o trabajo para el cual se construye).

### 2.2.5 Criterios básicos para el diseño de vías

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), los criterios necesarios para la implementación de vías de transporte son:

#### a) Geodesia y Topografía

En todos los trabajos topográficos para el diseño de vías, se aplica el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado. Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84 (World Geodetic System de 1984).

#### b) Hidrología, hidráulica y drenaje

Los estudios de hidrología y de hidráulica en el proyecto de obras viales deben proporcionar al proyectista los elementos de diseño necesarios para dimensionar las obras de manera técnica, económica y ambientalmente, cumplan con los siguientes fines:

- Cruzar cauces naturales, lo cual determina obras importantes tales como puentes y alcantarillas de gran longitud o altura de terraplén.
- Restituir el drenaje superficial natural, el cual se ve afectado por la construcción de la vía. Ello debe lograrse sin obstruir o represar las aguas y sin causar daño a las propiedades adyacentes.
- Recoger y disponer de las aguas lluvias que se junten sobre la plataforma del camino o que escurren hacia ella, sin causar un peligro al tráfico.
- Eliminar o minimizar la infiltración de agua en los terraplenes o cortes, la que puede afectar las condiciones de estabilidad de la obra básica.
- Asegurar el drenaje subterráneo de la plataforma y base, de modo que no afecten las obras de la superestructura.

#### c) Geología y Geotecnia

Desde las primeras fases del estudio de una obra vial, se debe trabajar en forma coordinada con las áreas de Geología y Geotecnia. En efecto, en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde

el punto de vista geotécnico, puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente por consideraciones de trazado.

En los diversos niveles de estudio, se irá detectando con grados de precisión creciente, aspectos tales como:

- Identificación de sectores específicos con características geotécnicas desfavorables.
- Sectorización de la zona de emplazamiento del trazado, definiendo el perfil estratigráfico pertinente y sus propiedades.
- Todo ello, orientado a establecer la capacidad de soporte del terreno natural, así como los taludes seguros para terraplenes y cortes, asociados a los distintos materiales.

d) Aspectos ambientales

En el pasado, los moderados niveles de demanda y las restricciones en cuanto a disponibilidad de recursos, generalmente hacían que la geometría de las vías se adaptara en forma ceñida a la topografía del terreno y que la faja del camino fuera relativamente estrecha. Consecuentemente las alteraciones que los proyectos viales imponían sobre el medio ambiente eran mínimas.

El incremento de la demanda derivado del crecimiento de la población, del desarrollo económico y de los avances tecnológicos, ha impuesto mayores exigencias de capacidad, seguridad y confort, lo que ha redundado en que la geometría de los trazados en planta y perfil sea más amplia, con lo que en las etapas de construcción y operación de un camino, alteran en menor o mayor medida las condiciones ambientales prevalecientes en el corredor en que la ruta se emplaza, llegando incluso, en determinados casos, a degradarlas.

En el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) u otro instrumento de evaluación, se deberán revisar aquellos aspectos que siempre estarán presentes y que incidirán directamente en el nivel o grado de impacto de una determinada obra.

e) Estándar de diseño de una carretera

La sección transversal, es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño

corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único.

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos queda determinado por:

- La Categoría que le corresponde: (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
- La velocidad de diseño (V): será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

Al igual que para los sistemas viales públicos, en el proceso de asignación de la velocidad de diseño de vías en minería, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial del personal. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazado, debe ser tal, que los operarios no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

#### 2.2.6 Diseño geométrico de una vía.

El diseño geométrico es comúnmente el punto de partida para cualquier camino de transporte, refiriéndose al trazado y alineamiento del camino en ambas direcciones; plano horizontal (radio de curvatura, ancho de vía) y plano vertical (inclinación, declive, gradiente de la rampa, ángulo de talud, requerimiento de distancias de frenado y de visibilidad, dentro de los límites impuestos por el método de explotación. El objetivo final es producir un diseño geométrico óptimamente eficiente y seguro. (Thompson & Visser, 2000).

Entre los principales elementos geométricos del diseño de vías, están:

##### a) Alcance o recorridos del transporte

Los equipos de base fija cargan en un punto y luego rotan en torno a su centro para descargar en otro punto. La máxima distancia horizontal sobre la cual un equipo puede cargar o botar el material se define como su alcance. La geometría

del depósito a excavar es el factor primario para determinar el alcance requerido por el equipo.

Los recorridos de transporte se refieren a las distancias y pendientes que deben recorrer equipos móviles. Tanto para las unidades de transporte como para aquellas que combinan el carguío con el transporte, hay cierta distancia que debe ser recorrida para llegar al punto de descarga. Sin embargo, esta distancia no es necesariamente una línea recta. Los límites de la propiedad y el derecho a vía legal pueden también afectar estas distancias. (Jilapa, 2014).

b) Ancho de la vía de transporte

La anchura de las vías en función de las dimensiones de los volquetes, de manera que sea suficiente para que la operación de transporte se lleve a cabo con continuidad y en condiciones de seguridad. En cuanto al número de carriles en que ha de subdividirse la anchura total, las vías mineras son diseñadas, generalmente, con solo dos carriles, debido, por un lado, a la baja intensidad de tráfico y, por otro, a la escasa disponibilidad de espacio. Excepcionalmente, puede recurrirse a un solo carril con apartaderos. Sin embargo, los tramos exteriores de las vías que conducen a los vertederos o a las machacadoras primarias suelen diseñarse con más de un carril en cada sentido.

El criterio para definir el ancho de las pistas en secciones rectas está basado en el ancho del equipo más grande que esté actualmente en uso. Cada pista de transporte debe proveer espacio libre tanto a la izquierda como a la derecha igual a la mitad del ancho del equipo mayor que transitará por ella. Además se recomienda que para el tráfico en dos pistas el ancho del camino no debe ser menor que 3.5 a 4 veces el ancho del camión (Ministerio de transportes y comunicaciones , 2014).

En estas pistas se considera el criterio del espacio libre a cada lado del camión igual a la mitad del ancho del mismo. Y el resultado que el ancho total del camino debe ser 3,5 veces el ancho del camión más el pretil (Ver Figura 3).

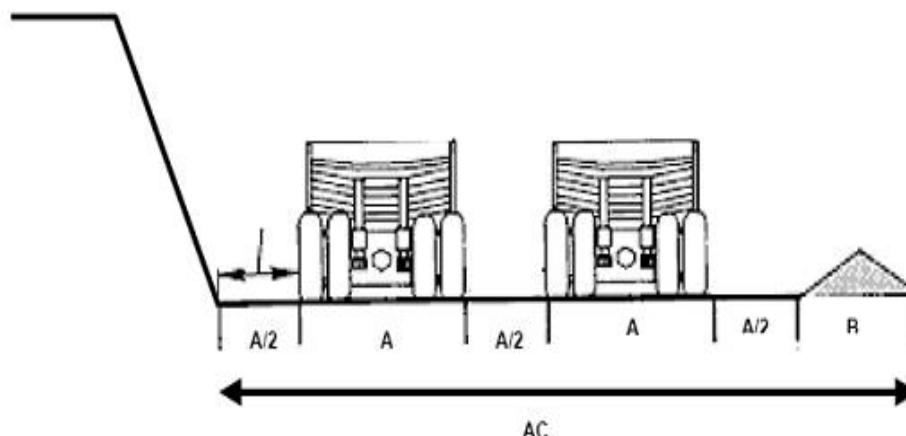


Figura 3: Ancho de rampas y vías interiores mina

Fuente: (Cornejo, 2010)

La fórmula para el ancho en rampas y vías interiores mina será:

$$AC = 3.5 \times A + B$$

Dónde:

A: Ancho del camión más grande en la operación

B: Ancho de la berma con pretil de seguridad

### c) Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición.

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera serán evitados. Estos cambios se efectuarán en decrementos o incrementos de 15 km/h.



No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. Se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal (Ver Tabla 4).

Tabla 4: Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal

Velocidad directriz km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'

Fuente: (Jilapa, 2014)

d) Secciones con curvatura

El ancho de camino requerido en las curvas toma en cuenta el efecto saliente que ocurre en el equipo en su parte frontal y trasera cuando toma una curva. El procedimiento para determinar el ancho de camino en curvas que considera el efecto recién mencionado, el espacio libre lateral entre las pistas de transporte y el extra ancho que permite acomodarse a las condiciones difíciles en la conducción en las curvas ( Ver Figura 4).

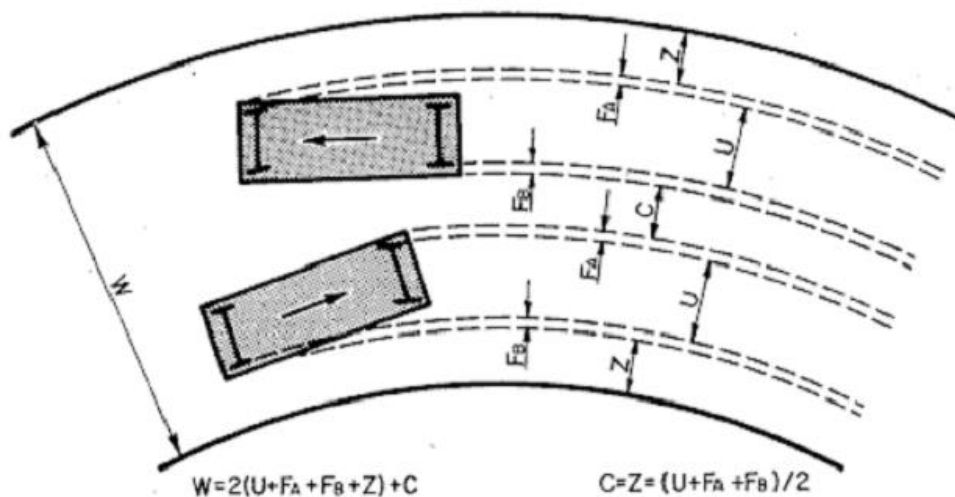


Figura 4: Ancho de camino en curvas horizontales

Fuente: (Jilapa, 2014)

Donde:

U : Ancho de la pista del equipo (desde centro a centro de neumáticos)

FA: Ancho frontal saliente del equipo

FB: Ancho trasero saliente del equipo

C : Espacio libre lateral total

Z : Ancho extra asignado debido a las dificultades de conducción en curvas, puesto que el ancho de camino en curvas varía para los equipos según las distintas categorías de peso y diferentes radios de curvatura, se recomiendan los anchos (Ver Tabla 5). Esta tabla debería ser usada como una guía para establecer el mínimo ancho de camino a lo largo de curvas horizontales.

Tabla 5: Categorización de equipos de transporte por peso bruto (kg)

CATEGORÍA EQUIPO	PESO BRUTO EQUIPO (kg)	RADIO MÍNIMO (m)
1	< 45 000	5.8
2	45 000 a 90 000	7.3
3	>90 000 a 180 000	9.4
4	>180 000	11.9

Fuente: (Ortiz, 2007)

#### e) Curvas horizontales

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada. Se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo.

En este mismo cuadro se muestran los valores de la fricción transversal máxima. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas (Ver Tabla 6).

Tabla 6: Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{m\acute{a}x}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	125
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente: (Vidal, 2011)

f) Peralte de la carretera

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

El mínimo radio ( $R_{min}$ ) de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte ( $E_{max}$ ) y el factor máximo de fricción ( $F_{max}$ ) seleccionados para una velocidad directriz ( $V$ ). El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión:

$$R_{\min}: \frac{V^2}{127(0.01 e_{\max} + f_{\max})}$$

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan (Ver Tabla 7).

Tabla 7: Fricción Transversal máxima en curvas

Velocidad directriz km/h	f <sub>máx</sub>
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: (Cornejo, 2010)

g) Peralte de una curva

Cuando un equipo transita por una curva es forzado hacia el exterior por la fuerza centrífuga, en cambio, cuando el equipo transita por una superficie plana este efecto es contrarrestado por el peso del equipo y la fricción entre la superficie del camino y los neumáticos. Para una combinación adecuada de velocidad y radio, si la fuerza centrífuga iguala o excede la fuerza resistente (hacia el interior del camino), en ese caso el equipo patinará hacia fuera del camino. Para ayudar a los equipos cuando transitan en curvas el camino debiese frecuentemente estar inclinado. Esta inclinación es llamada peralte. El valor del peralte debe ser tal que cancele la fuerza centrífuga. Para una primera aproximación al valor del peralte de una curva (Ver Tabla 8).

Tabla 8: Peraltes recomendados para curvas horizontales

Radio de curvatura (m)	Velocidades (km/h)					
	16	24	32	40	48	>56
15	4%	4%				
30	4%	4%	4%			
45	4%	4%	4%	5%		
75	4%	4%	4%	4%	6%	
90	4%	4%	4%	4%	5%	6%
180	4%	4%	4%	4%	4%	5%
300	4%	4%	4%	4%	4%	4%

Fuente: (Vidal, 2011)

Como se aprecia (Ver Tabla 9), según el manual de carreteras (2015), para calcular el peralte de una curva existen tres fórmulas:

Tabla 9: Cálculo de peralte en la curva

Peralte de una curva		
Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3
$P = \frac{Vd^2}{3.81R}$	$L = \frac{(P + b)A}{\text{Pendiente relativa de borde}}$	$D = \frac{\pi R \alpha}{200}$
Donde:  P = Peralte Vd.=Velocidad de diseño (km/h) R= Radiocurvatura	Donde:  L= largo de transición (m) P= Peralte (%) B= Bombeo (%) A= Ancho camino (m)	Donde:  D= Desarrollo de la curva (m) R= Radiocurvatura (m) $\alpha$ = ángulo de la curva (°)

Fuente: (Manual de Carreteras-Vol 3, 2015)

h) Bombeo (cross slope)

A pesar de que hasta ahora el bombeo no ha sido considerado las vías en la unidad minera debido a las características climáticas propias del sector, el daño producido en las vías producto de las pocas lluvias y nieve que se han hecho presentes, nos hacen buscar las recomendaciones respecto a este parámetro de diseño, por lo menos para ser tomado en cuenta en las nuevas vías.

El bombeo o cross slope es la diferencia en elevación entre la cresta y el borde del camino, y debe ser considerado durante el diseño y construcción de un camino. Uno de los objetivos es reducir el esfuerzo en la dirección por parte del conductor a un nivel más beneficioso, pero si el objetivo es además un adecuado drenaje entonces este parámetro debe ser considerado. Para combinar drenaje y direccionabilidad un balance debe ser establecido entre ambos, es decir, debemos buscar la razón de bombeo que permitirá el rápido escurrimiento del agua de la superficie sin afectar negativamente el control vehicular.

Aunque la mayoría de los estudios han sido conducidos en relación a vías rurales y urbanas los criterios son igualmente aplicables a vías mineros. La razón de bombeo (cross slope) recomendada para superficies construidas en vías mineros es del orden de 1%-4%, como se muestra (Ver Figura 5).

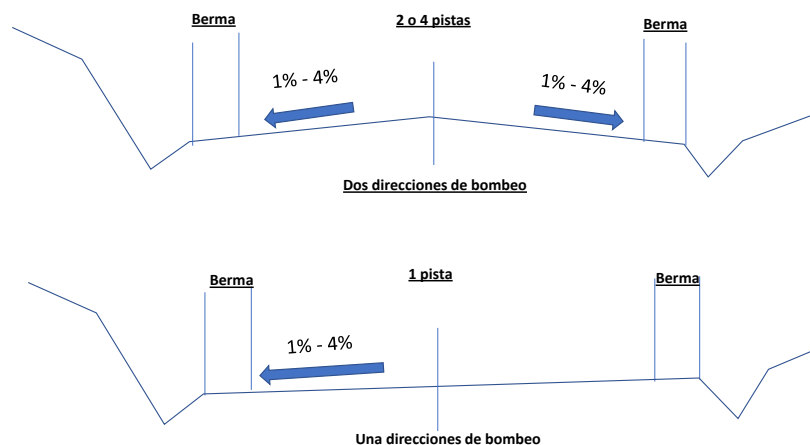


Figura 5: Bombeo de un camino

Fuente: (Cornejo, 2010)

Según Ortiz (2007), también deben considerarse las siguientes recomendaciones expuestas (Ver Tabla 10).

Tabla 10: Porcentajes de bombeo (recomendaciones)

	% de bombeo	Aplicaciones
<b>A</b>	<b>De 1% a 2%</b>	Para una superficie bien compactada con una pendiente longitudinal mayor que 3%. Adecuado para vías mineros longitudinales
<b>B</b>	<b>De 2% a 3%</b>	Para vías normales con drenaje promedio y superficie de compactación construida en una pendiente longitudinal menor que 3%.
<b>C</b>	<b>De 3% a 4%</b>	Para vías mineros inclinados y pobremente drenados con superficies pobremente compactados, no importa que pendiente longitudinal tenga.

Fuente: (Ortiz, 2007)

i) Alineamiento vertical

Según las consideraciones de Vásquez, (1996), en el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes. El sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota. Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas

asegura distancias de visibilidad adecuadas. El sistema de cotas se refiere en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazan los puntos de referencia del estudio con los de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considera como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continúan entre tramos con pendientes diferentes. Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

- En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.
- Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.
- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.

#### j) Curvas verticales

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras no pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas; las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura  $K$ . La longitud de la curva vertical será igual al índice  $K$  multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes ( $A$ ):  $L = KA$ .

Los valores de los índices  $K$  se muestran (Ver Tabla 11) para curvas convexas y (Ver Tabla 12) para curvas cóncavas.

Tabla 11: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad directriz km/h	Longitud controlado por visibilidad de frenado		Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento	Índice de curvatura K
20	20	0.6	--	--
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K=L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: (Vasquez A., 1996)

Tabla 12: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava

Velocidad directriz km/h	Distancia de visibilidad de frenado M	Índice de curvatura K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	6	12.2
60	85	17.3

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K=L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: (Vasquez A., 1996)

k) Pendientes

El perfil longitudinal del camino debe considerar en el trazado de la rasante una compensación entre el corte y el relleno a realizar para satisfacer las necesidades del diseño. A lo largo de una rasante se tienen diferentes valores para las pendientes, 8% o menos de pendiente es lo recomendable a utilizar cuando no causa un excesivo stripping o cuando el trazado del camino es demasiado complicado.

Está pendiente entrega mayor flexibilidad en la etapa de construcción del camino y es adecuada en algunos sectores de la mina tales como la entrada de un banco, acercamientos a botaderos o donde por las características de la operación se estime pertinente. Serpa (2004), señala que para el cálculo de la pendiente de un camino se utiliza la fórmula señalada (Ver Figura 6).



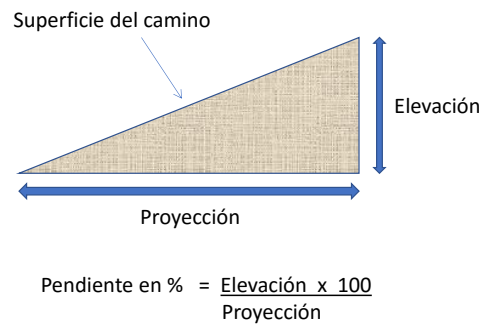


Figura 6: Pendiente de un camino

Fuente: (Serpa, 2004)

En los tramos en corte, se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados (Ver Tabla 13). En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3 000 msnm, los valores máximos para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%. Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.

Tabla 13: Pendientes máximas

Velocidad de diseño	Orografía tipo			
	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: (Serpa, 2004)

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos, cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se

consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción.

En curvas con radios menores a 50 debe evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

#### l) Criterio para curvas horizontales y verticales

Vidal (2011), sostiene que la habilidad del operador del equipo para ver delante de él a una distancia a la cual él pueda detener el equipo es la primera consideración. La distancia de frenado del equipo es un componente que debe ser evaluado para cada tipo de equipo en la flota de transporte para permitir al diseñador establecer el alineamiento horizontal y vertical del camino. Asociado con la distancia de frenado del equipo está la distancia de visibilidad del operador.

La distancia medida desde el ojo del conductor hasta el peligro delante de él (distancia de visibilidad) debe siempre ser igual o mayor que la distancia requerida para detener de manera segura el equipo (distancia de frenado), es decir:

$$\text{DISTANCIA DE VISIBILIDAD} \geq \text{DISTANCIA DE FRENADO}$$

Distancia de frenado: Debe ser calculada para cada equipo y el alineamiento del camino ajustado a los equipos con la mayor distancia de frenado.

Distancia de visibilidad: Debe ser mayor o igual a la distancia de frenado del equipo. Este criterio debe ser considerado tanto en curvas verticales como horizontales.

Para las curvas horizontales se tiene que la distancia de visibilidad es limitada por pretilos muy altos, cortes de roca pronunciados, estructuras, etc. El Caso C muestra una curva horizontal con una distancia de visibilidad restringida por árboles y rocas pronunciadas. El Caso D muestra que removiendo los árboles y poniéndolos detrás de la pendiente, la distancia de visibilidad puede

ser alargada e igualar a la distancia de frenado, cumpliendo así el criterio necesario (Ver Figura 7).

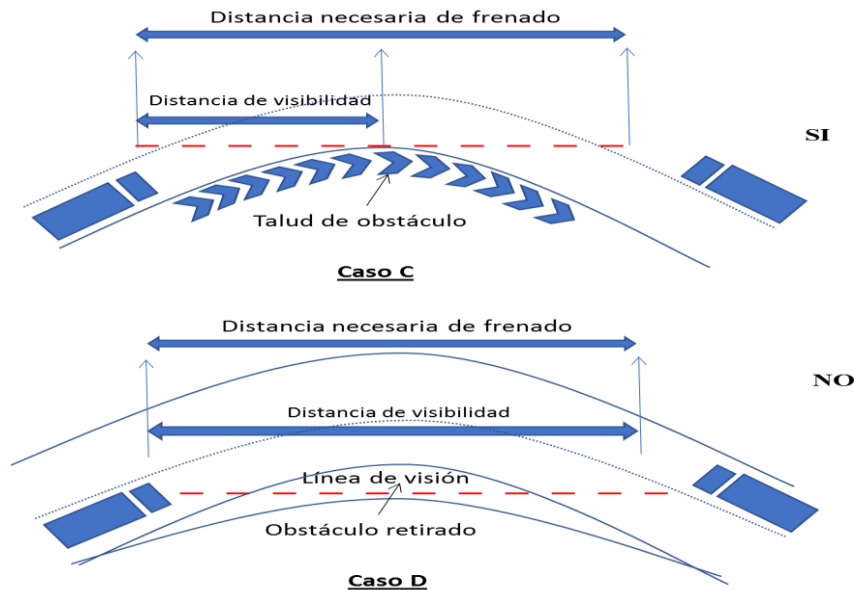


Figura 7: Distancia de frenado versus distancia de visibilidad en curvas horizontales  
Fuente: (Vidal, 2011)

En la cresta de las curvas verticales la distancia de visibilidad está limitada por la superficie del camino. El Caso A muestra una condición no segura. La distancia de visibilidad está restringida por la curva vertical y el equipo no puede detenerse a tiempo para evitar el peligro. En el Caso B se muestra la condición riesgosa remediada. La curva vertical ha sido alargada, creando así una distancia de visibilidad igual a la distancia de frenado requerida (Ver Figura 8).

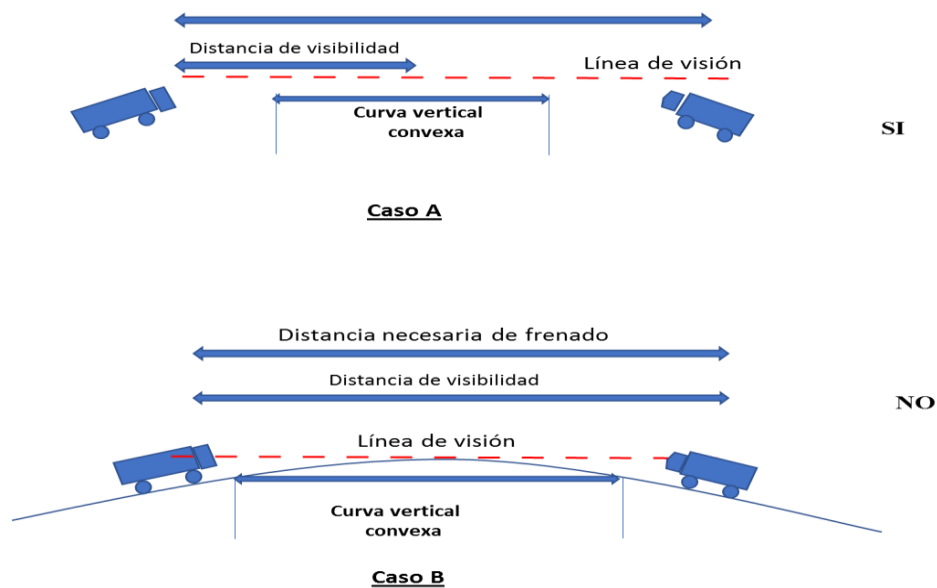


Figura 8: Distancia de frenado versus distancia de visibilidad en curvas verticales  
Fuente: (Vidal, 2011)

m) Geometría de accesos

Según López (1985), dentro de la geometría de los accesos podemos destacar:

- Ancho de Bermas.
- Ancho de cunetas.
- Pendiente.
- Ángulo de la pared del camino (corte o relleno).

Otros parámetros geométricos a considerar dentro del diseño de una mina son:

- Ancho máximo de expansión.
- Desfase entre palas.
- Ancho mínimo de operación (perforación, carguío y transporte).
- Cruce de camiones o doble vía.
- Ángulo inter rampas.
- Ángulo de la pared del banco.

### 2.2.7 Condiciones de seguridad

La seguridad constituye un objetivo prioritario para las empresas en lo que concierne a la mejora de las condiciones de trabajo, disminución del número de horas de parada de las instalaciones, etc.

La operación unitaria integra un conjunto de sub-operaciones vulnerables a cualquier tipo de peligro si es que no se trabaja con los estándares y principios de seguridad adecuados. Para el diseño de las vías de transporte debe considerarse los aspectos técnicos referidos a los muros de seguridad y sistemas de drenaje. (Herberth & Urbina, 2008).

a) Muros de seguridad

Según el reglamento de seguridad en minería (2010), para asegurar las condiciones de seguridad en las vías de transporte en interior de mina, con tránsito de camión de alto tonelaje, se deberá integrar un pretil lateral con una altura de las  $\frac{3}{4}$  partes de la llanta del equipo más grande que transite en la vía.

b) Drenaje

En una mina a cielo abierto una actividad de gran importancia es el manejo de las aguas superficiales. Para ello, generalmente se realizan canalizaciones en épocas de invierno.

Cada banco de explotación debe tener una pendiente de tal manera que las aguas acumuladas puedan ser evacuadas hacia los niveles inferiores del depósito central llamado generalmente sedimentador, ubicado en la parte más baja de la mina.

Asimismo, se debe implementar sumideros que funcionen como bombas de succión capaces de evacuar el agua al exterior de la mina. (Herberth & Urbina, 2008).

### 2.2.8 Optimización

La efectividad del proceso productivo en las actividades mineras a cielo abierto, pasa por la optimización de cada uno de los equipos, vehículos y maquinarias que son utilizados en el desarrollo de las actividades unitarias durante la explotación del yacimiento, entre las más importantes tenemos la perforación, carguío y transporte. (Cámara Minera del Perú, 2016).

Los indicadores clave de rendimiento clásicos están fuertemente sesgados hacia el rendimiento de funciones individuales más que hacia el del sistema o la operación en su conjunto. En la operación unitaria de transporte en minería estos indicadores están referidos a los ciclos de transporte de material y descapote y todo lo que a ellos concierne.

#### a) Optimización operativa:

La optimización de un proceso productivo u optimización operativa es el análisis continuo de todas las fases que lo componen, la identificación de mejoras y el control de los resultados. Bajo esta premisa, para lograr la optimización operativa es necesario establecer una metodología que permita tener una visión completa de dicha operación. Para ello es necesario:

- Identificar: Conocer las fases del proceso que pueden ser mejoradas.
- Evaluar: Medir las variables que se puedan optimar.
- Analizar: Establecer las mejoras que se puedan efectuar.
- Perfeccionar: Implementar las mejoras que mejoran el proceso
- Controlar: Evaluar los resultados de la mejora y medir su impacto en la operación, (Ver Figura 9).

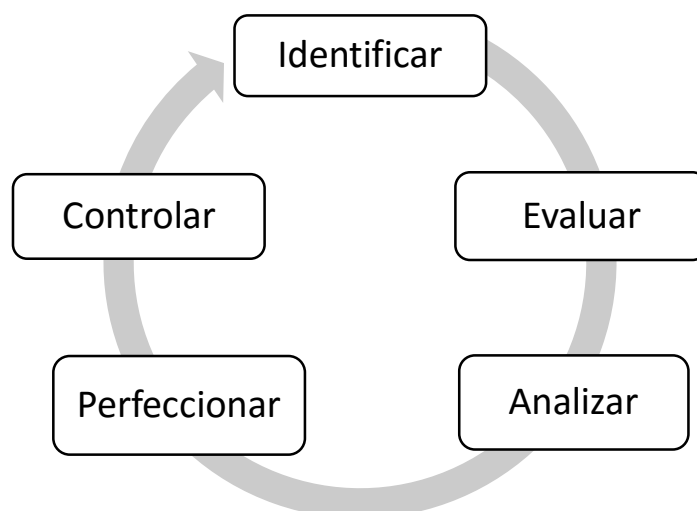


Figura 9: Proceso de optimización  
Fuente: (Cámara Minera del Perú, 2016).

b) Optimización operativa de transporte:

Para lograr la optimización operativa del proceso de transporte, se puede actuar en tres campos:

- Mejorar el ciclo de carguío, a fin de incrementar el tiempo efectivo de carguío.
- Determinar el mejor mach factor, es decir dimensionar las palas y camiones de tal forma que se incremente la productividad.
- Incrementar la utilización efectiva de la máquina.
- Mejorar los índices de eficiencia (ciclos). Por un lado, el ciclo del camión, que corresponde al tiempo promedio que demora el camión en recorrer un circuito de transporte. O en su defecto el ciclo de Transporte, que es la suma del tiempo de carga, tiempo de maniobra, tiempo de viaje, tiempo de maniobra y tiempo de descarga.

Cabe señalar que, la optimización operativa en el caso del transporte con camiones se puede lograr realizando las siguientes acciones permanentes:

- Mantenimiento de las vías: Las vías deben estar siempre libres de baches, rocas o material. Una vía libre de obstáculos incrementa la productividad porque se puede lograr velocidades constantes.

- Regado de vías: el constante regado de vías elimina el polvo y por tanto mejora la visibilidad.

c) Variables intervinientes en el ciclo de transporte:

Se observa en el ciclo de transporte existe un conjunto de variables que forman parte de la operación como unidad; cuyos elementos son: la carga, el recorrido de ida, el cuadro volteo, la descarga, el recorrido de vuelta y el cuadro en pala (Ver Figura 10).

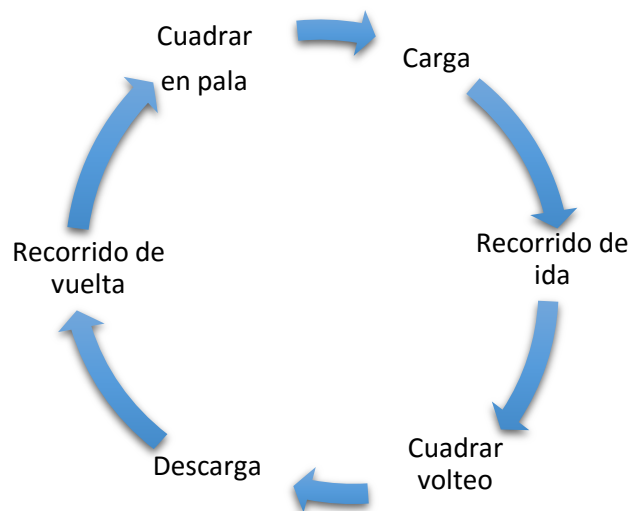


Figura 10: Variables intervinientes en el ciclo de transporte

Fuente: (Cámara Minera del Perú, 2016).

### 2.3. Marco conceptual

a) Acarreo:

Traslado corto de material roto en la mina, es decir que este transporte tiene limitaciones, o tiene indeterminado radio de acción, y estarán ubicados en los frentes de operación. (Linarez, 2015).

b) Accesos:

Labores mineras subterráneas que comunican el cuerpo mineralizado con la superficie, para facilitar su explotación. Los accesos pueden ser: Túneles de acceso o socavones, chimeneas o rampas. (Ministerio de Energía y Minas, 2003)

c) Berma:

Cara superior de un escalón (banco) de una explotación a cielo abierto construido para ser utilizado como vía de acceso, como barrera para detener rocas o material

suelto desprendido o para mejorar la estabilidad del talud. (Cámara Minera del Perú, 2016).

d) Estándares:

Un estándar es un conjunto de reglas que deben cumplir los procedimientos u operaciones en una determinada actividad productiva, a fin de asegurar la calidad de la producción. (Universidad Nacional Autónoma de México, 2014).

e) Estandarización:

Propiedad que garantiza la uniformidad en los métodos de capturar, representar, almacenar y documentar la información. La estandarización es, hoy por hoy, un objetivo, ya que no existen normas universalmente aceptadas para casi ningún tipo de información. (Revolledo, 2016).

f) Mapa topográfico:

Es la representación sobre un plano de los aspectos de relieve, hidrografía, vías y obras civiles, y culturales de una región. (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

g) Mineral:

Sustancia homogénea originada por un proceso genético natural con composición química, estructura cristalina y propiedades físicas constantes dentro de ciertos límites. (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

h) Minería superficial

Actividades y operaciones mineras desarrolladas en superficie. (Educarchile, 2012).

i) Operación unitaria

Cada uno de los pasos o etapas durante el procesamiento de minerales; usualmente está caracterizada por un cambio físico únicamente. Por ejemplo: molienda, tamizado. (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

j) Optimización:

Acción y efecto de buscar la mejor manera de realizar una actividad. (Serpa & Colmenares, 2004).

k) Parámetro:

Constante numérica cuyo valor caracteriza a un miembro de un sistema. Como función matemática, es una cantidad a la cual el operador puede asignarle un valor arbitrario, se distingue de la variable, la cual puede tomar sólo aquellos valores que haga la función posible. (Estudios Mineros del Perú S.A.C., 2012).



## l) Pendiente:

Parámetro morfométrico que expresa la inclinación del terreno respecto del plano horizontal. Es una condición topográfica que corresponde a la diferencia de la elevación en metros por cada cien metros horizontales; se expresa en términos de porcentaje y se mide corrientemente por medio del nivel Abney. (Ministerio de Energía y Minas, 2003).

**2.4. Hipótesis de la investigación**

## a) Hipótesis general

La aplicación de estándares de diseño de vías influye positivamente en la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi, 2016.

## b) Hipótesis específicas

- Los parámetros óptimos en el diseño de vías están relacionados al diseño geométrico y a las condiciones de seguridad en la Unidad Minera Corihuarmi, 2016.
- 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.

2.5. Operacionalización de variables

Problema de Investigación	Operacionalización de Variables				
	Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
¿Cómo influye la aplicación de estándares de diseño de vías en la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi-2016?	VI: Optimización de la operación unitaria de transporte	-Ciclo del transporte	Tiempo de ciclo de Transporte	Observación sistemática antes de la aplicación de estándares.	Fichas de observación de registros históricos.
		-Dimensionamiento de volquetes	Número de volquetes asignados	Observación sistemática después de la aplicación de estándares.	Fichas de cotejo comparativas
	VD: Aplicación de estándares de diseño de vías	-Ciclo productivo	Horas efectivas de transporte	Técnica de emparejamiento, determinación y cálculo de parámetros geométricos para el estándar de diseño de vías.	Software minero especializado Minesight Autocad 2015 Excel 2013
		-Diseño Geométrico de la vía.	Ancho de vía Peralte Bombeo Radiocurvatura		
		- Condiciones de Seguridad	Ancho y altura de muro de seguridad		

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, porque el objeto de la investigación es una parte de la realidad, puesto que se da en un tiempo y espacio determinado; por otro lado, porque se hará uso de los conocimientos aprendidos en la universidad y aplicados a la solución de un problema denominado “Optimización de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares de diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016”

#### 3.2 Nivel de investigación

La investigación descriptiva reúne un conjunto de procesos y procedimientos lógicos y prácticos que permiten identificar las características de las variables y plantear una relación de causa - efecto que existe entre las variables, las cuales se evaluarán de acuerdo al resultado. (Sampieri, 2010)

Por otro lado, esta investigación pretende medir y recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren.

#### 3.3 Diseño de la investigación

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

### 3.4 Población y muestra de la investigación

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

### 3.5 Ubicación y descripción de la población

#### 3.5.1 Ubicación:

La Unidad Minera Corihuarmi se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes, a una altitud de casi 5,000 metros. El acceso es a través de 330 kilómetros en una carretera principal asfaltada al este de Lima por la división en los Andes a Yauli, luego al sureste a la ciudad de Huancayo, la capital de la región Junín. Desde Huancayo se llega a través del altiplano viajando al suroeste en vías de grava por 115 kilómetros pasando por las aldeas de Chupuro y Vista Alegre hasta la mina. Tal como se aprecia (Ver Figura 11).



Figura 11: Ubicación de la Unidad Minera Corihuarmi

Fuente: <http://www.minera-irl.com/es/minas/mina-de-oro-corihuarmi/ubicacion>

#### 3.5.2 Geología

Corihuarmi cubre un área de 9,315 hectáreas y alberga un sistema de oro diseminado epitermal de alta sulfuración. La mineralización del oro coincide con una amplia zona de alteración hidrotermal que cubre la mayor parte de la propiedad. El oro se

asocia con mayor frecuencia con alteraciones silíceas y argílicas avanzadas, habituales en sistemas de oro diseminados de alta sulfuración.

Esta Unidad Minera cuenta con 5 yacimientos:

1. Diana
2. Susan
3. Cayhua
4. Ely
5. Laura. (Ver Figura 12)

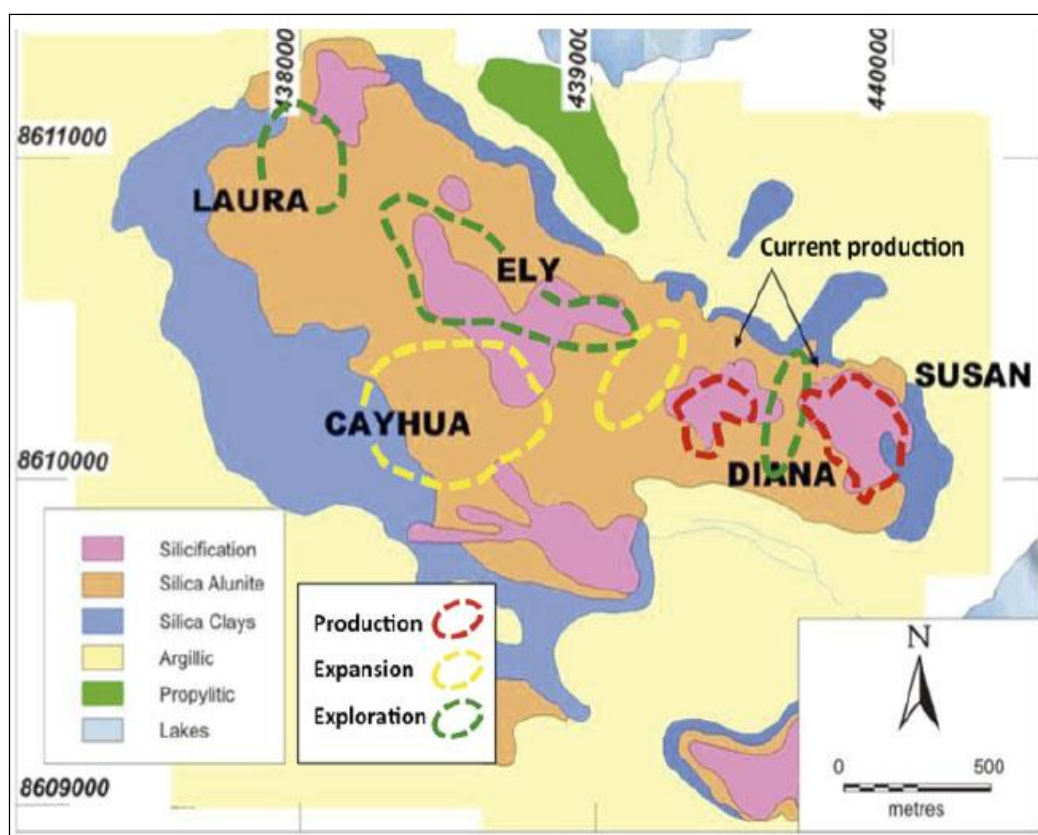


Figura 12: Yacimientos de la Unidad Minera Corihuarmi

Fuente: <http://www.minera-irl.com/es/minas/mina-de-oro-corihuarmi/ologia>

### 3.5.3 Producción

En 2014 pronosticamos una producción de oro de 21,000 onzas de nuestra Mina de Oro Corihuarmi. Se planea finalizar la explotación a mediados de 2015, pero somos optimistas en que las operaciones mineras se extenderán a través de la explotación en otras zonas de mineralización cerca de la infraestructura existente de la mina.

### 3.6 Material experimental

La aplicación de estándares de diseño de vías, para la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi, supuso la determinación de los parámetros óptimos de diseño (objetivo específico 1). Esto significa que el material experimental estuvo implícito en el logro de dicho objetivo. Para ello se analizó la estructura y condiciones de las vías de transporte construidas sin los estándares adecuados (Ver Figura 13).

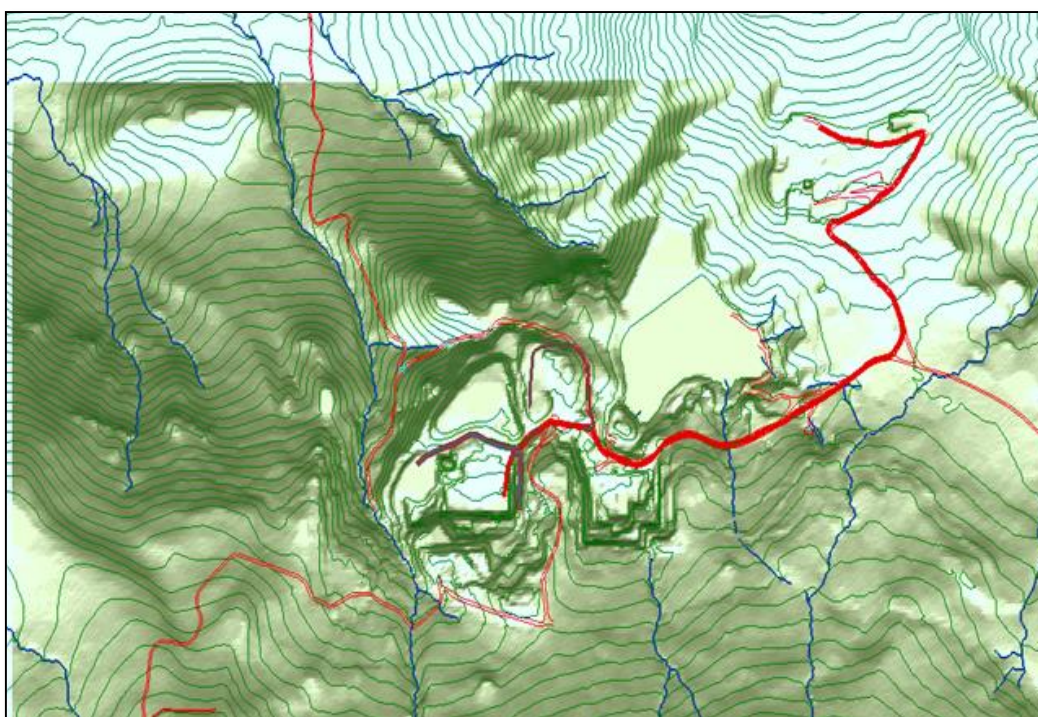


Figura 13: Plano – diseño de vías para la operación unitaria de transporte

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

Sobre la base de las características de estos planos y la influencia en la operación de transporte se determinó los nuevos parámetros óptimos que permitieron la reducción de los problemas generados (sobredimensionamiento, ciclos de transporte lentos, horas de mantenimiento no programadas) y por tanto la optimización de la operación de transporte.

### 3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la investigación se usaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos (Ver Tabla 14) y (Ver Anexo D)

Tabla 14: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	OBJETIVOS A LOS QUE RESPONDE	VARIABLES QUE DESCRIBE
<b>OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA</b> (aplicadas en la preprueba y en la posprueba)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fichas de observación.</li> <li>▪ Registros históricos.</li> <li>▪ Fichas de cotejo comparativas.</li> </ul>	<b>OE2:</b> Evaluar la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.	VI: Optimización de la operación de transporte.
<b>TÉCNICA DE EMPAREJAMIENTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minesigth</li> <li>▪ Autocad 2015</li> <li>▪ Excel 2013</li> </ul>	<b>OE1:</b> Determinar cuáles son los parámetros óptimos en el diseño de vías de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.	VD: Diseño de vías

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Procedimiento del experimento

El procedimiento del experimento se enmarcó en el siguiente modelo:

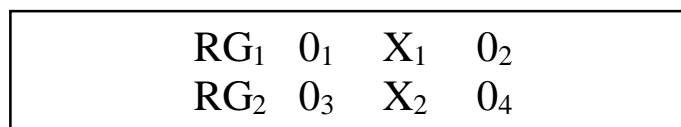


Figura 14: Diseño con preprueba, posprueba y grupo de control

Fuente: Hernández Sampieri- Metodología de la Investigación

Aplicándose la técnica de emparejamiento, donde:

Fase de Preprueba:

RG<sub>1</sub> : Datos aleatorios de ciclo de transporte (enero, febrero, marzo y abril del 2016)

O<sub>1</sub> : Medición mediante observación (registros históricos de ciclos de transporte)

X<sub>1</sub> : Diseño de vías sin aplicación de estándares

O<sub>2</sub> : Análisis del ciclo de transporte en vías sin aplicación de estándares (medidas de tendencia central: media).

Fase de Posprueba:

RG<sub>2</sub> : Datos aleatorios de ciclo de transporte (junio, julio, agosto y septiembre del 2016)

- $O_3$  : Medición mediante observación (registros de ciclos de transporte después de la aplicación de estándares)
- $X_2$  : Diseño de vías con aplicación de estándares
- $O_4$  : Análisis del ciclo de transporte en vías con aplicación de estándares (medidas de tendencia central: media, listas de cotejo).

Obteniéndose el siguiente modelo de preprueba y posprueba en base a los objetivos de la investigación (Ver Tabla 15)

Tabla 15: Diseño de preprueba y posprueba para la optimización de la operación de transporte

Ciclos de Transporte	Recopilación de datos	Grupo de control	Análisis de datos
$RG_1$	$O_1$	Diseño de vías sin aplicación de estándares ( $X_1$ )	$O_2$
$RG_2$	$O_3$	Diseño de vías con aplicación de estándares ( $X_2$ )	$O_4$

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.1 Fase de preprueba 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 (Ver Anexo A).

### 3.8.2 Fase de posprueba para la optimización de la operación de transporte

La fase de posprueba 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 preprueba para determinar las variaciones en los elementos del ciclo de transporte (Ver Anexo B).



### 3.9 Plan de tratamiento de los datos

Considerando la variable dependiente manipulable, los estándares de diseño de vías para la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi; el tratamiento de los datos se realizó en tres etapas: la primera para determinar el comportamiento de la operación unitaria de transporte sin estándares de diseño de vías. La segunda para determinar los estándares de diseño óptimos y la última para determinar el comportamiento de la operación de transporte después de la aplicación de estándares de diseño de vías. (Ver Figura 15)

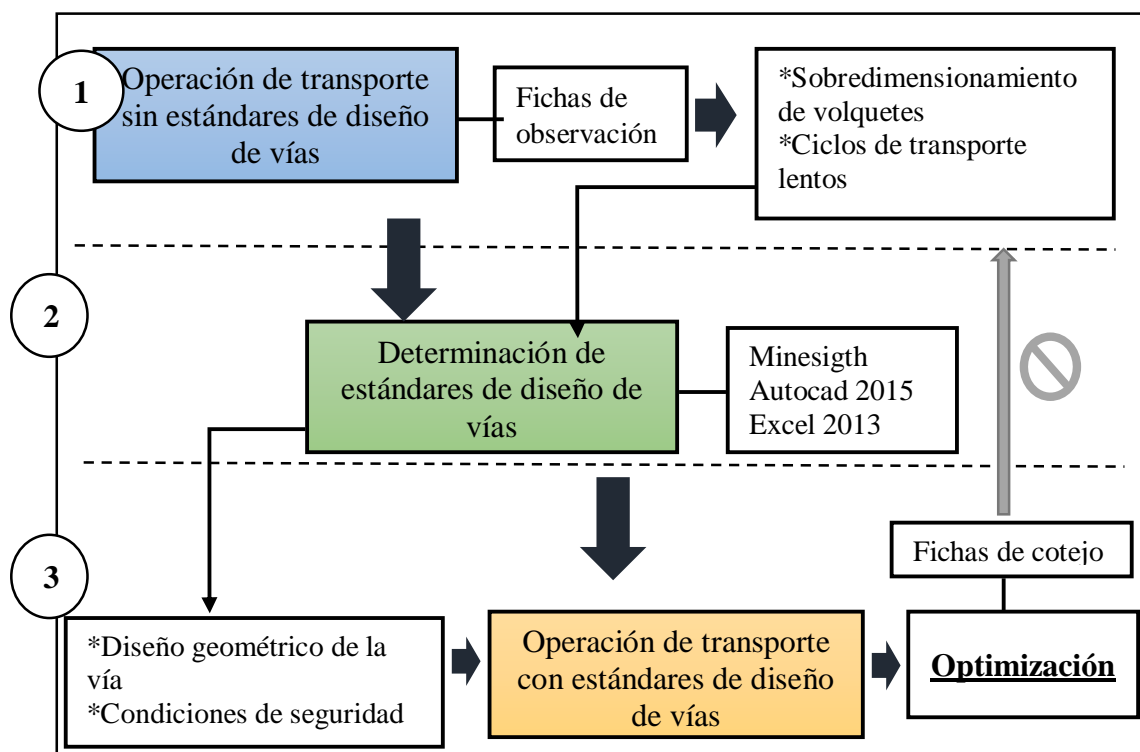


Figura 15: Plan de tratamiento de datos

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 1:** Durante la primera etapa el tratamiento y/o análisis de datos se realizó aplicando la estadística descriptiva a través de medidas de tendencia central: media, para determinar el comportamiento de la operación de transporte sin la aplicación de estándares de diseño de vías.
- **Etapa 2:** Para la segunda etapa parte, junto a la etapa 1, de la fase de preprueba; el tratamiento y/o análisis de datos se realizó a través de los softwares Minesigh, Autocad y Excel para determinar los parámetros óptimos de vías.

- **Etapa 3:** Para la tercera y última etapa, el tratamiento de los datos se realizó en base a los nuevos datos obtenidos después de la aplicación de estándares de diseño de vías. Al igual que en la etapa 1, los datos fueron estructurados de acuerdo a la estadística descriptiva, mediante medidas de tendencia central (media).

### **3.10 Diseño de tratamiento para la prueba de hipótesis**

Para la prueba de hipótesis se utilizó las listas de cotejo para comparar el comportamiento de la operación unitaria de transporte antes y después de la aplicación de estándares de diseño de vías, con base en tablas comparativas de medidas de tendencia central y a la determinación de la varianza entre las fases de preprueba y posprueba (Ver Anexo C)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se clasificaron en dos fases, la fase de preprueba el cual contempla datos antes de la aplicación de estándares de diseño y la fase de posprueba donde se considera datos recolectados despues de la aplicación de diseño de estándares de vias en la Unidad Minera Corihuarmi.

#### **4.1 Fase de preprueba**

Esta fase se desarrolló con el fin de cumplir con el primer objetivo específico: Determinar 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 (Ver Anexo G)

4.1.1 Determinación del comportamiento del ciclo de transporte de mineral antes de la aplicación de estándares de diseño de vías (Ver Figura 16 y 17).

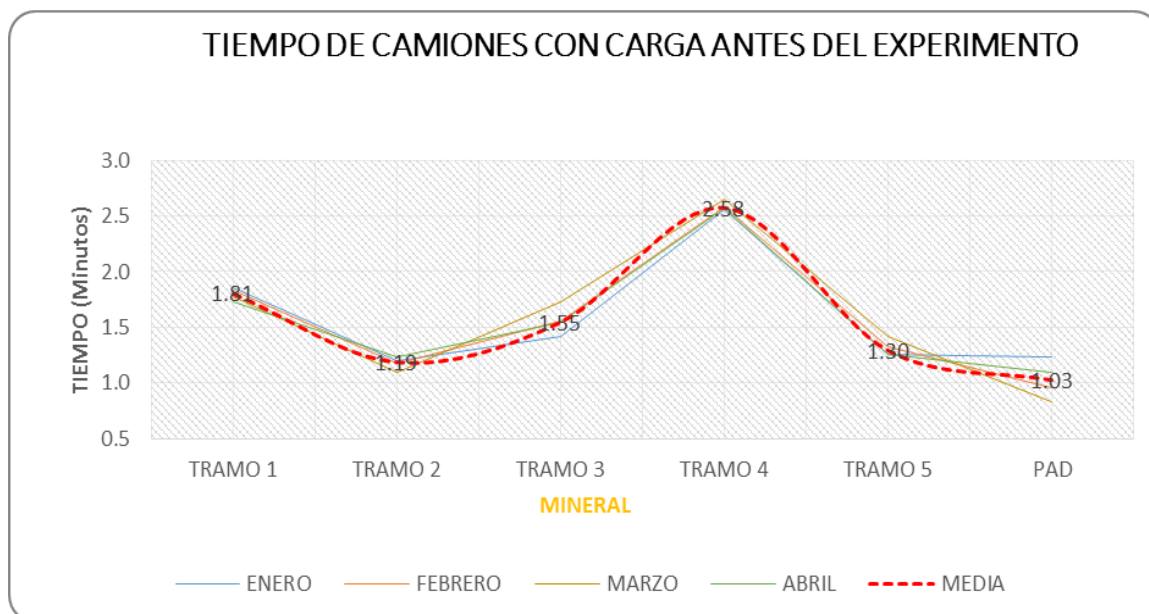


Figura 16: Tiempo de camiones con carga de mineral (preprueba)  
Fuente: Elaboración propia

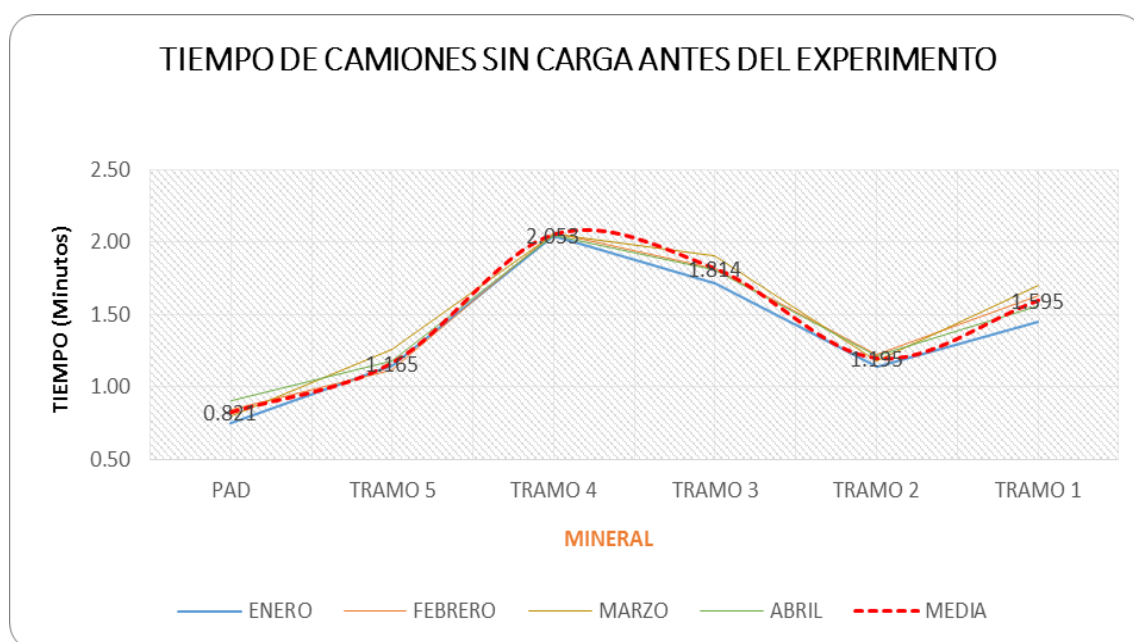


Figura 17: Tiempo de camiones sin carga de mineral (preprueba)  
Fuente: Elaboración propia

La recolección de los datos se realizó para cada uno de los tramos seleccionados para esta investigación, en los recorridos de ida con carga y retorno sin carga para el transporte de mineral, de los datos se obtuvo la media representativa para los dos casos (Ver Anexo E y F).

4.1.2 Determinación del comportamiento del ciclo para el transporte de desmonte antes de la aplicación de estándares de diseño de vías (Ver Figura 18 y 19).

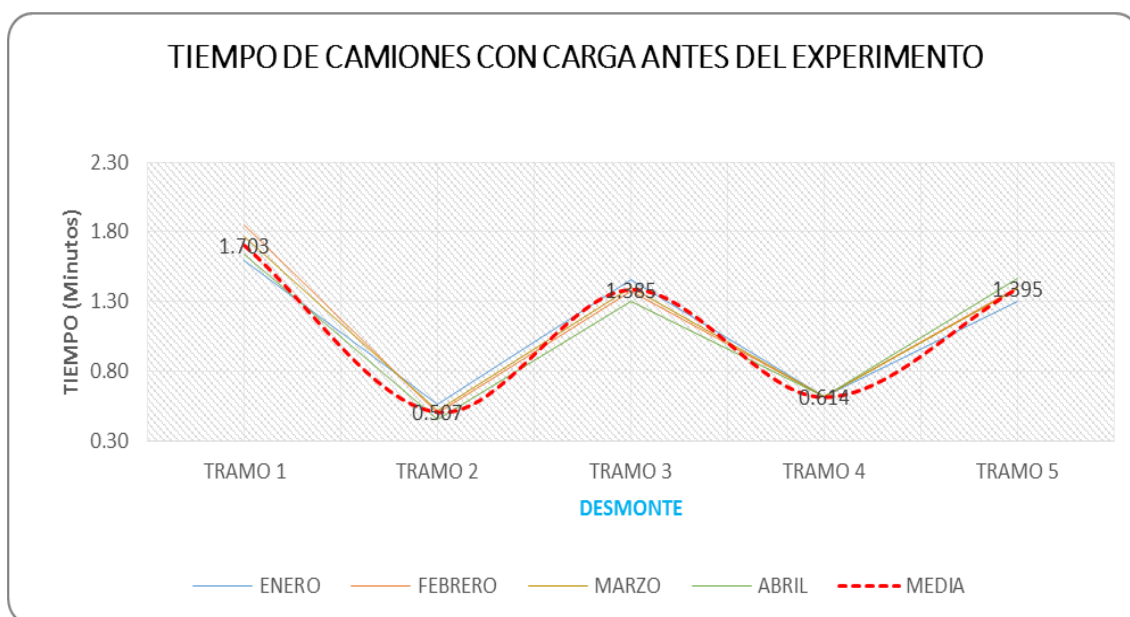


Figura 18: Tiempo de camiones con carga de desmonte (preprueba)

Fuente: Elaboración propia

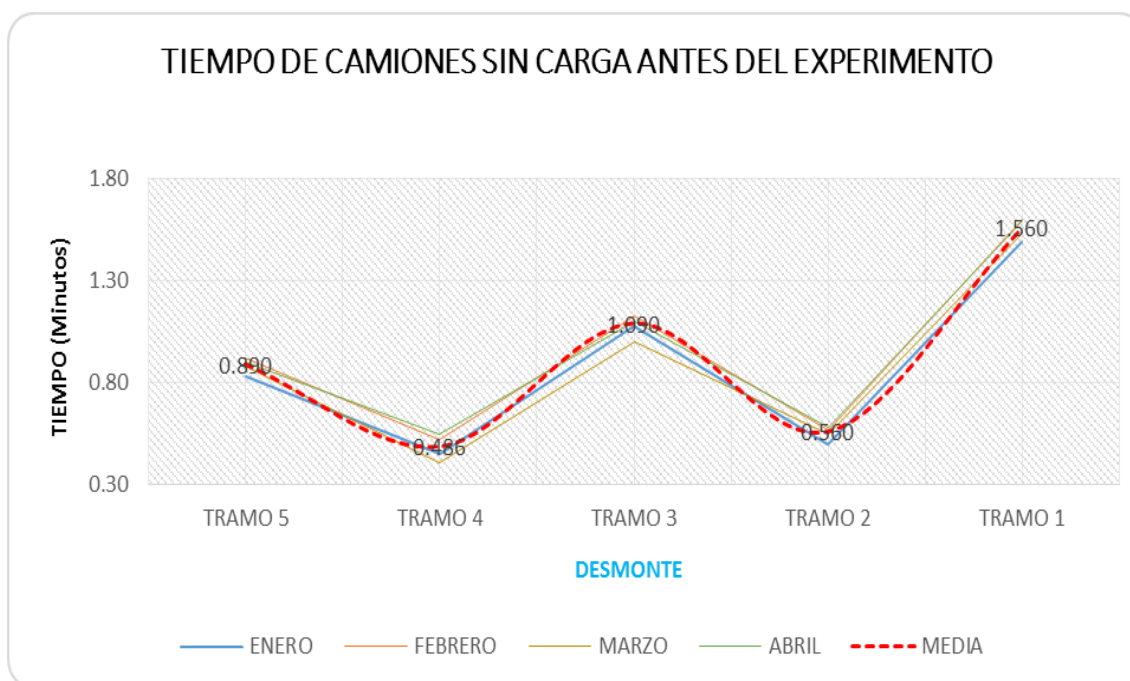


Figura 19: Tiempo de camiones sin carga de desmonte (preprueba)

Fuente: Elaboración propia

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.

### 4.2 Fase de posprueba

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.

4.2.1 Determinación del comportamiento del ciclo de transporte de mineral después de la aplicación de estándares de vías (Ver Figura 20 y 21).

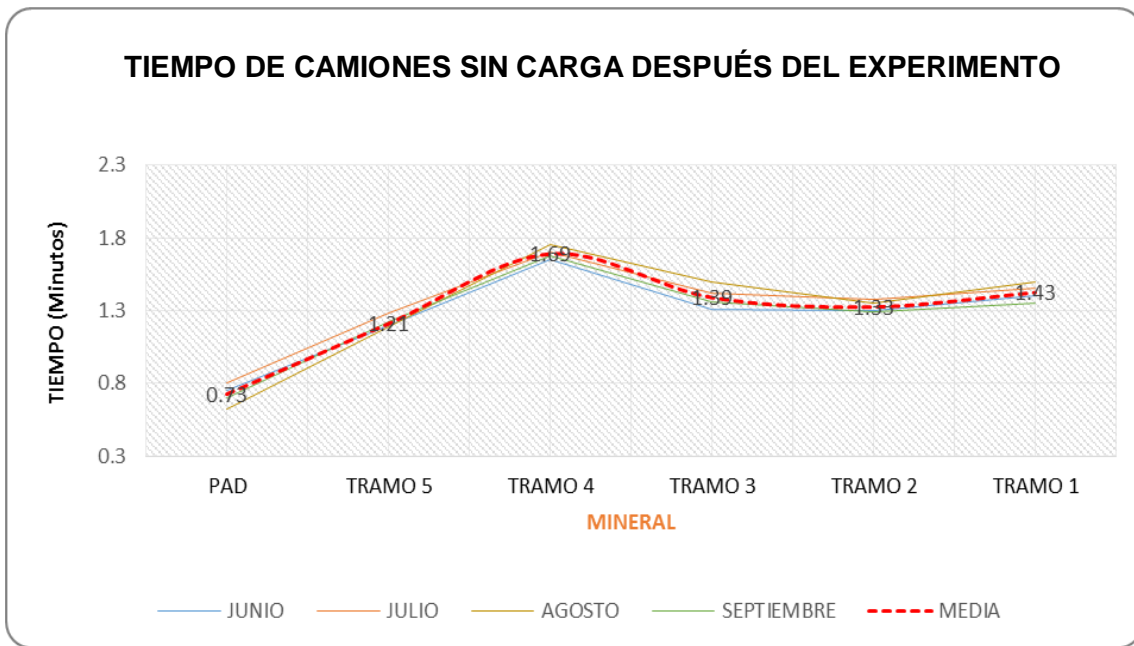


Figura 20: Tiempo de camiones sin carga de desmonte antes del experimento  
Fuente: Elaboración propia

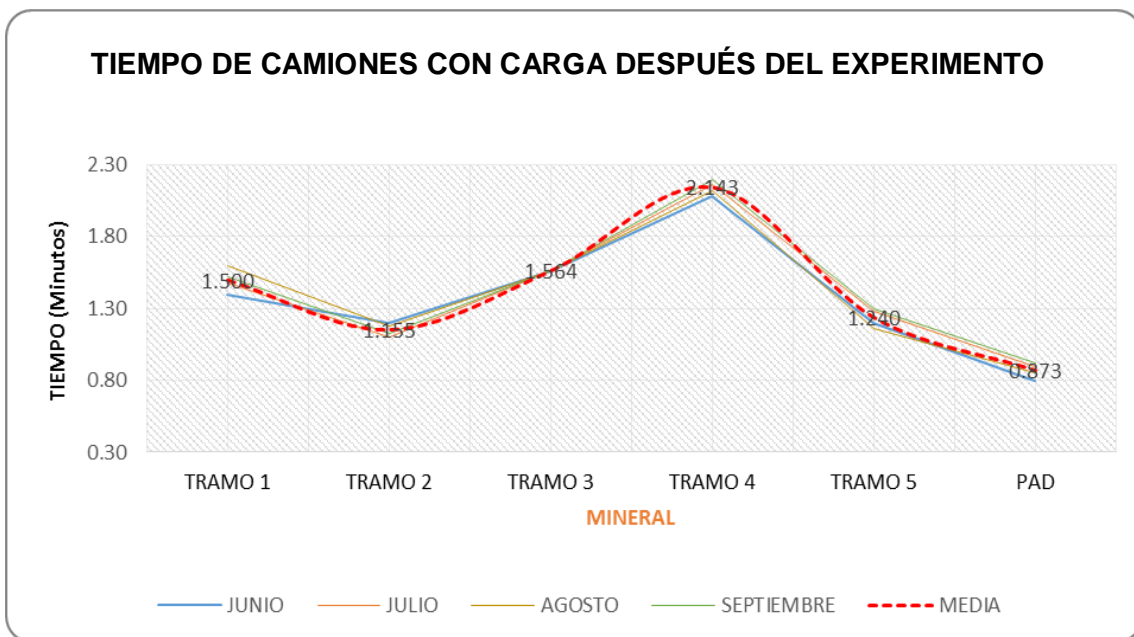


Figura 21: Tiempo de camiones con carga de mineral (posprueba)  
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Determinación del comportamiento del ciclo de transporte de desmonte después de la aplicación de estándares de vías (Ver Figura 22 y 23).

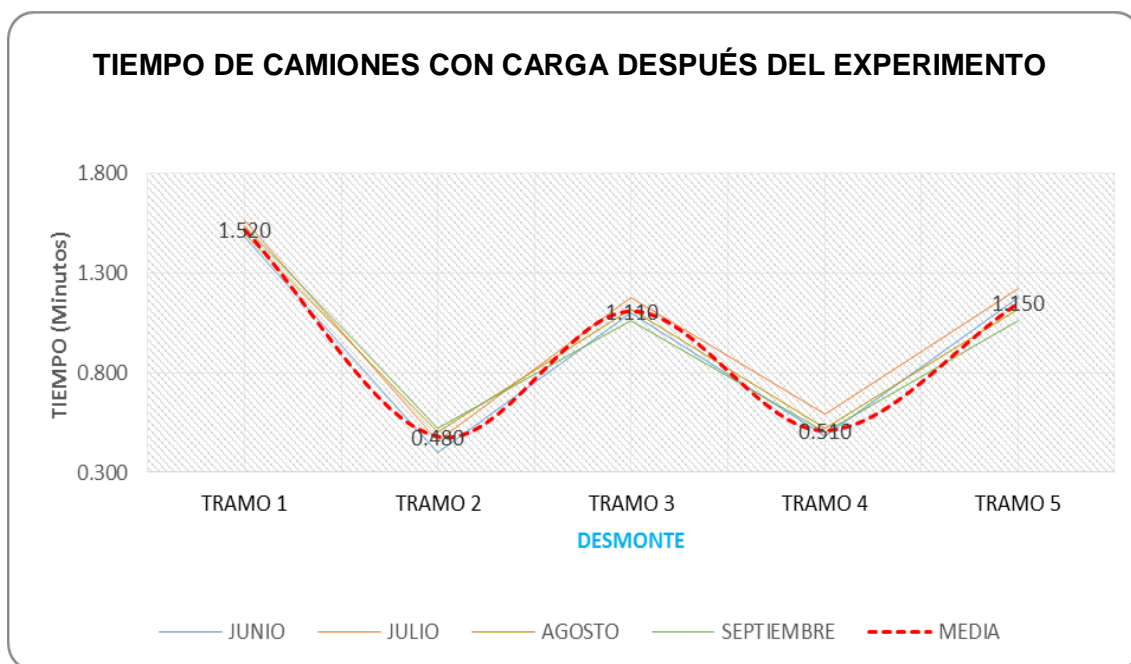


Figura 22: Tiempo de camiones con carga de desmonte (posprueba)

Fuente: Elaboración propia

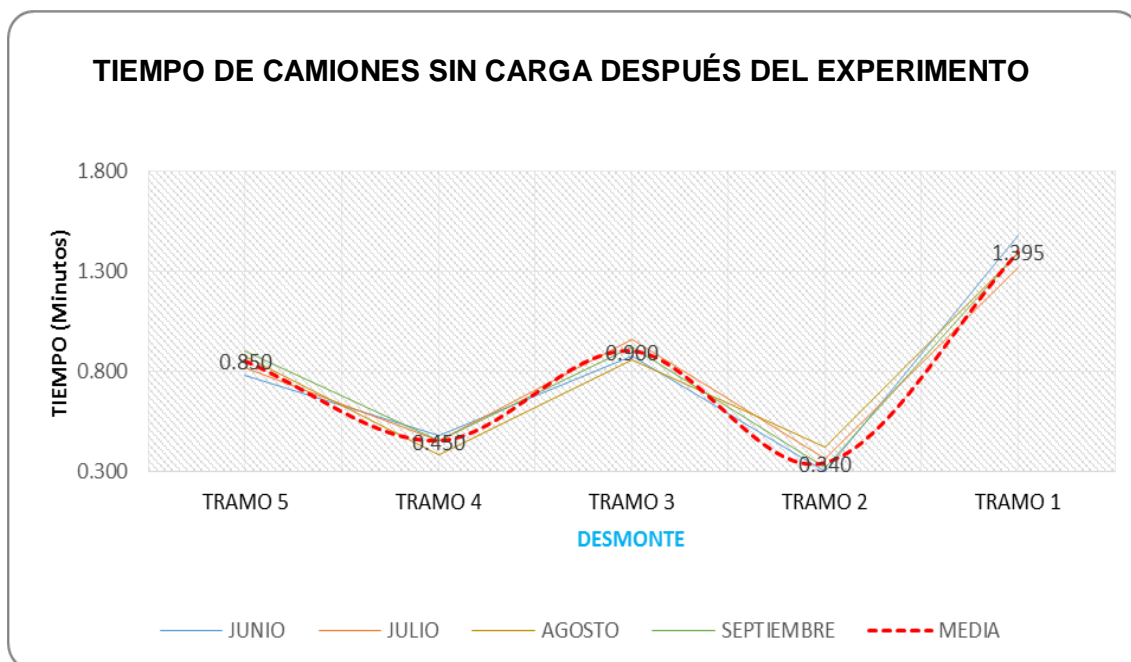


Figura 23: Tiempo de camiones sin carga de desmonte (posprueba)

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Cuadros comparativos de los resultados de la investigación

#### 4.3.1 Cuadro comparativo de ciclos para transporte de mineral y desmante.

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 (Ver Figura 24).

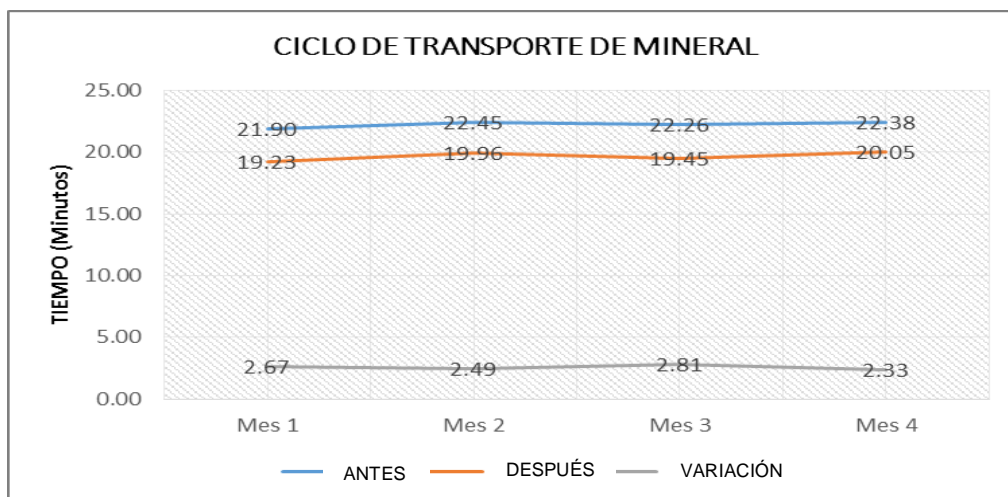


Figura 24: ciclo de transporte del mineral

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que se optimizó el ciclo de transporte con una reducción promedio de 2.58 min comparado anteriormente antes de la aplicación de estándares de diseño (Ver Figura 25).

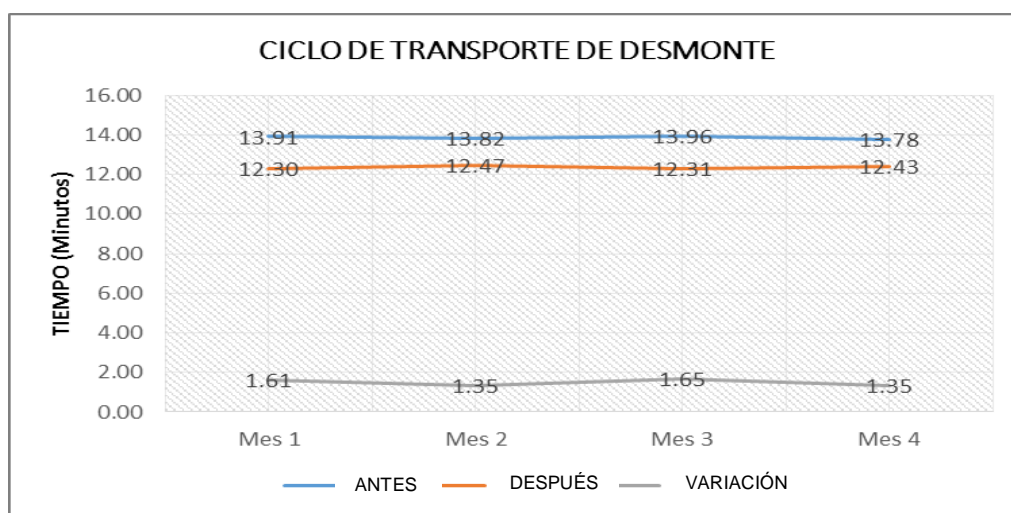


Figura 25: ciclo de transporte de desmante

Fuente: Elaboración propia

De igual manera para el caso del desmante se logró optimizar el ciclo de transporte con una reducción promedio de 1.49 min. (Ver Anexo H e I)



4.3.2 Cuadro comparativo de velocidades para el transporte de material

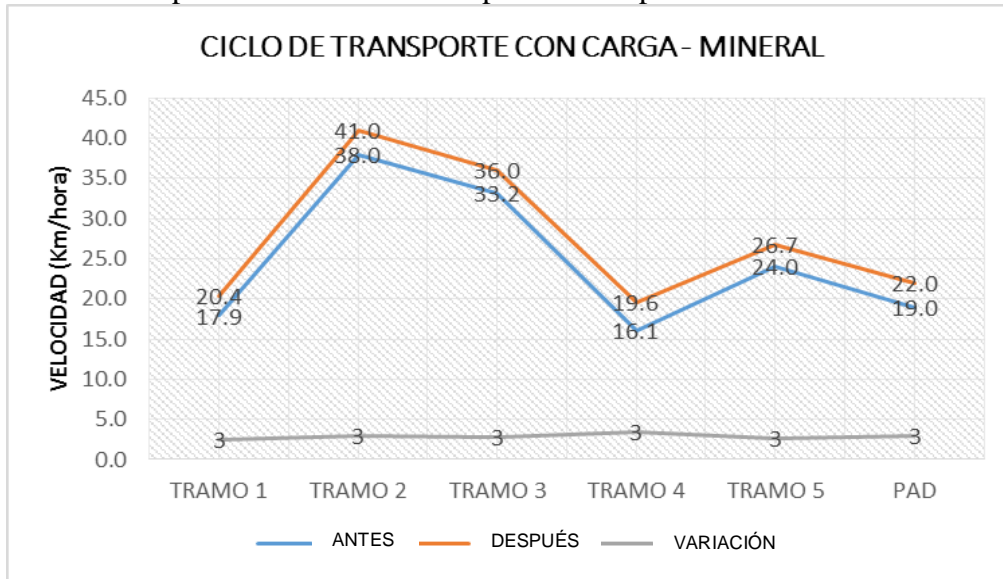


Figura 26: Velocidades para transporte con carga de mineral  
Fuente: Elaboración propia

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 (Ver Figura 26) (Ver Anexo J).

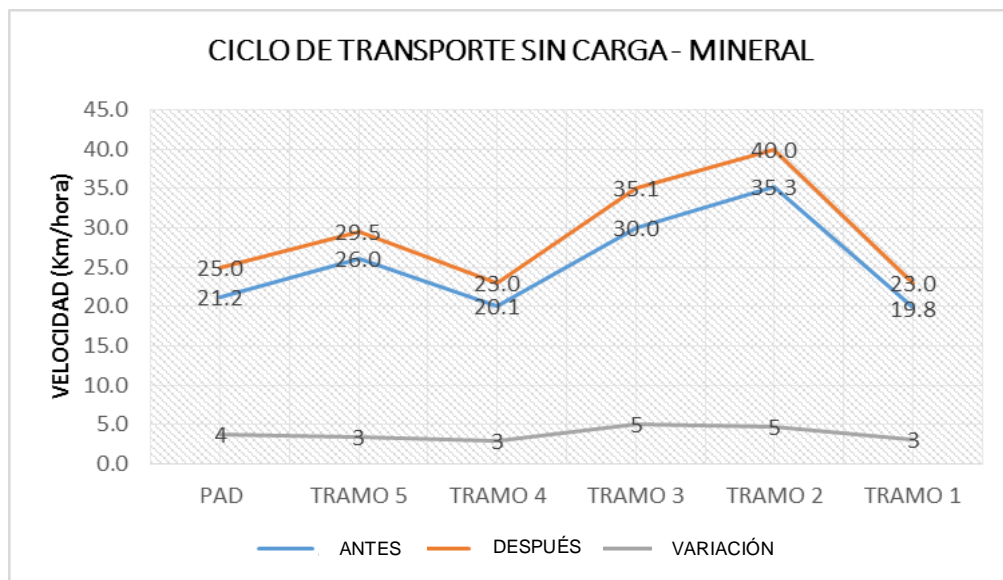


Figura 27: Velocidades para transporte sin carga de mineral  
Fuente: Elaboración propia

También ara el caso del transporte de mineral de retorno vacío se logró aumentar la velocidad en un promedio de 4 km/ hora adicional en los tramos de recorrido (Ver Figura 27).

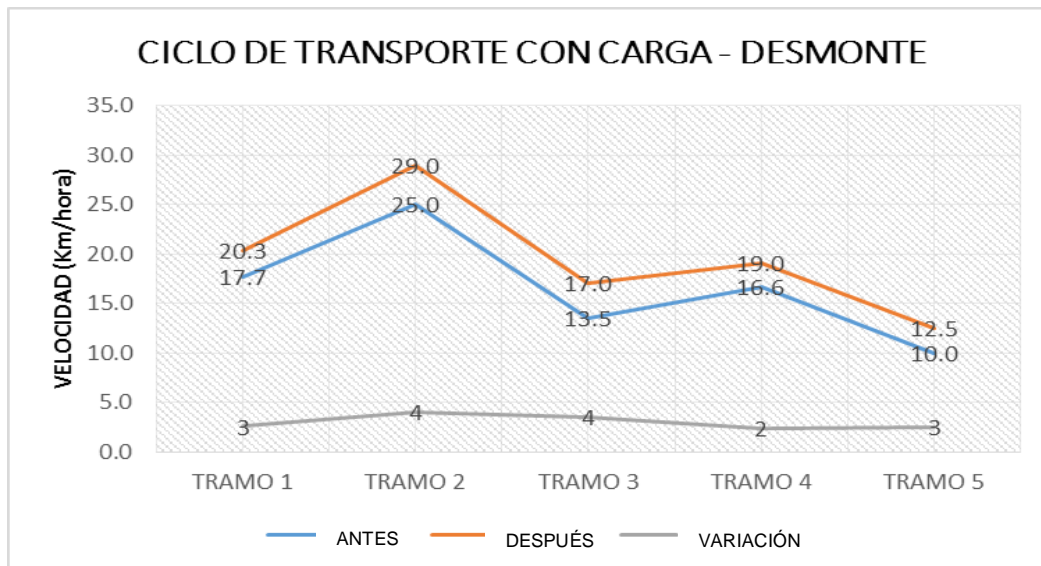


Figura 28: Velocidades para transporte con carga de desmonte  
Fuente: Elaboración propia

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 (Ver Figura 28).

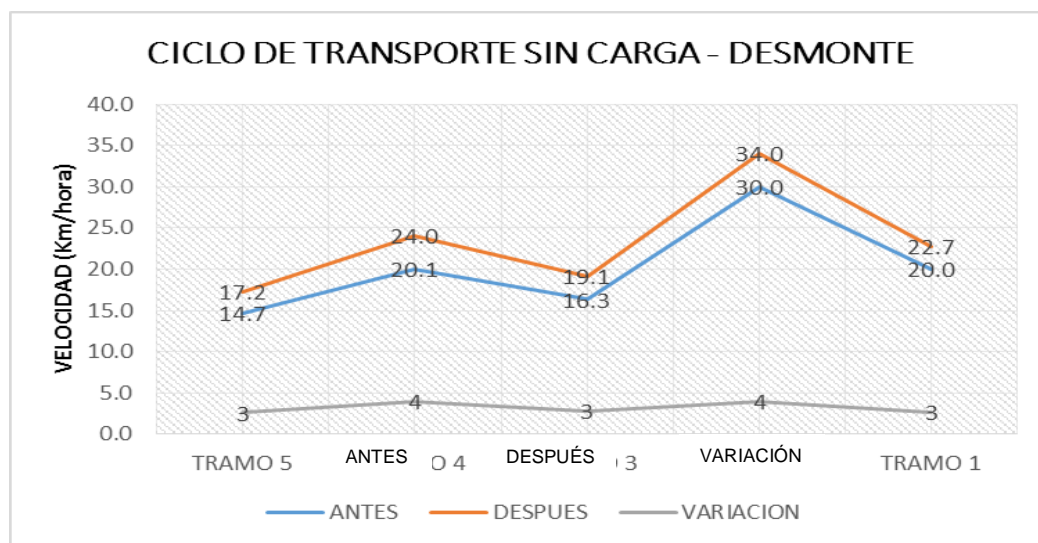


Figura 29: Velocidades para transporte sin carga de desmonte  
Fuente: Elaboración propia

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 (Ver Figura 29).

- Análisis comparativo

Con dichos cálculos se tomó registro de los recorridos con carga y sin carga por cada mes.

4.3.3 Evaluación de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías

Una vez determinado el comportamiento de la operación de transporte en la posprueba, se diseñó fichas de cotejo para determinar en qué medida se optimiza el transporte de mineral y de desmonte después del nuevo diseño de vías. (Ver Tablas 16 - 21).

Mineral

Tabla 16: Resumen general de transporte de mineral con carga

RESUMEN GENERAL DE TRANSPORTE DE MINERAL CON CARGA							
TRAMO	Distancia (km)	PENDIENTE IDA (%)			VELOCIDAD IDA (km/h)		
		ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN
TRAMO 1	0.531	10	9	1	17.9	20.0	2
TRAMO 2	0.706	-2	-2	0	38.0	40.1	2
TRAMO 3	0.91	-5	-5	0	33.2	35.0	2
TRAMO 4	0.686	-11	-10	1	16.1	19.3	3
TRAMO 5	0.539	-6	-6	0	24.0	26.7	3
PAD	0.312	-7	-7	0	19.0	20.9	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Resumen general de transporte de mineral sin carga

RESUMEN GENERAL DE TRANSPORTE DE MINERAL SIN CARGA							
TRAMO	Distancia (km)	PENDIENTE VUELTA (%)			VELOCIDAD VUELTA (Km/h)		
		ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN
PAD	0.312	7	7	0	21.2	25.0	4
TRAMO 5	0.539	6	6	0	26.0	29.5	3
TRAMO 4	0.686	11	10	1	20.1	23.0	3
TRAMO 3	0.91	5	5	0	30.0	34.9	5
TRAMO 2	0.706	2	2	0	35.3	37.9	3
TRAMO 1	0.531	-10	-9	1	19.8	23.0	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Cuadro comparativo para mineral

CUADRO COMPARATIVO PARA MINERAL									
CICLO DE TRANSPORTE					EQUIPOS DE TRANSPORTE				
ANTES		DESPUÉS		VARIACION	ANTES		DESPUÉS		VARIACION
MESES	Ciclo (Min)	MESES	Ciclo (Min)		MESES	Volq (uni)	MESES	Volq (uni)	
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: Elaboración propia

Desmante

Tabla 19: Resumen general de transporte de desmante con carga

RESUMEN GENERAL DE TRANSPORTE DE DESMANTE CON CARGA							
TRAMO	Distancia (km)	PENDIENTE IDA (%)			VELOCIDAD IDA (km/h)		
		ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN
TRAMO 1	0.531	10	10	0	17.7	20.3	3
TRAMO 2	0.21	-2	-2	0	25.0	29.0	4
TRAMO 3	0.295	-12.5	-12	0.5	13.5	17.0	4
TRAMO 4	0.174	-3	-3	0	16.6	19.0	2
TRAMO 5	0.231	-13	-12	1	10.0	12.5	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Resumen general de transporte de desmante sin carga

RESUMEN GENERAL DE TRANSPORTE DE DESMANTE SIN CARGA							
TRAMO	Distancia (km)	PENDIENTE VUELTA (%)			VELOCIDAD VUELTA (km/h)		
		ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN
TRAMO 5	0.231	13	12	1	14.7	17.2	3
TRAMO 4	0.174	3	3	0	20.1	24.0	4
TRAMO 3	0.295	12.5	12	0.5	16.3	19.1	3
TRAMO 2	0.21	2	2	0	30.0	35.3	5
TRAMO 1	0.531	-10	-10	0	20.0	22.7	3

Fuente: Elaboración propia

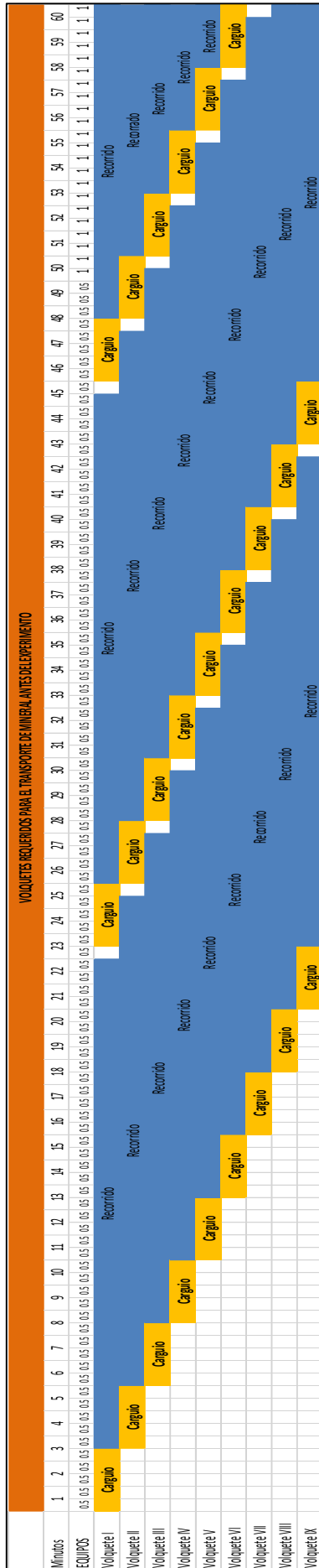
Tabla 21: Cuadro comparativo para desmante

CUADRO COMPARATIVO PARA DESMANTE									
CICLO DE TRANSPORTE					EQUIPOS DE TRANSPORTE				
ANTES		DESPUÉS		VARIACIÓN	ANTES		DESPUÉS		VARIACIÓN
MESES	Ciclo (Min)	MESES	Ciclo (Min)		MESES	Volq (uni)	MESES	Volq (uni)	
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: Elaboración propia

#### 4.4 Análisis del dimensionamiento de volquetes para transporte de mineral:

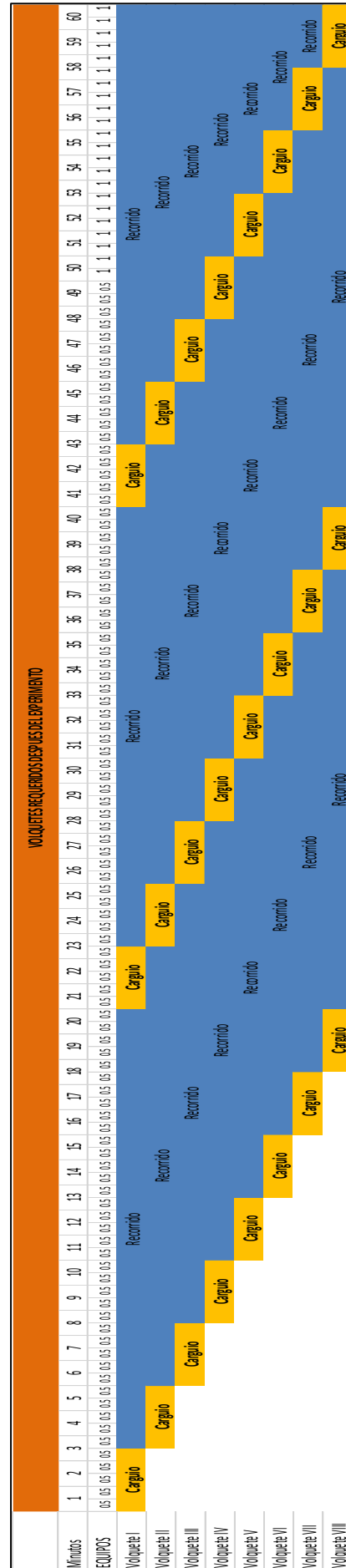
Tabla 22: Transporte de Mineral: Dimensionamiento de volquetes antes de la aplicación de estándares de diseño de vías



Fuente: Elaboración propia

➔ Antes del proceso se requerían 9 volquetes para cubrir el match Pala – Camión, con un promedio 24 viajes por hora.

Tabla 23: Transporte de Mineral: Dimensionamiento de volquetes después de la aplicación de estándares de diseño de vías



Fuente: Elaboración propia

➔ Después de la aplicación del diseño de vías solo se requieren 8 volquetes para cubrir el match Pala – Camión, con un promedio de 24 viajes por hora.



**4.6 Análisis económico antes y después de la aplicación:**

Tabla 26: Análisis económico del transporte de mineral antes de la aplicación de estándares

ANÁLISIS ECONOMICO DEL TRANSPORTE DE MINERAL																		
ANTES DEL EXPERIMENTO											RESULTADOS DEL EXPERIMENTO							
ETAPAS DEL EXPERIMENTO	MESES	Min	OZ	Ley	Desm	Ratio	N° de viajes	N° de horas	N° de Volquetes	Costo Volquete / hora (\$)	\$	Costo Unitario	N° de horas	N° de Volquetes	Costo Volquete / hora (\$)	\$	Costo Unitario	
Antes	ENERO	76,756.70	745.80	0.30	28320.5	0.37	2,811.60	118.8837519	9	40	42,798.15	0.558						
	FEBRERO	72,767.30	718.42	0.31	32484.3	0.45	2,665.47	109.9162418	9	40	39,569.85	0.544						
	MARZO	71,585.00	664.44	0.29	25525.6	0.36	2,622.16	107.4656218	9	40	38,687.62	0.540						
	ABRIL	69,265.60	727.32	0.33	31725.9	0.46	2,537.20	108.7993767	9	40	39,167.78	0.565						
Desarrollo	MAYO																	
Después	JUNIO	73,540.80	614.28	0.26	30911.8	0.42	2,693.80	109.1049898	9	40	39,277.80	0.534	109.1049898	8	40.00	34,913.60		0.475
	JULIO	75,288.50	776.07	0.32	28560.6	0.38	2,757.82	116.1187584	9	40	41,802.75	0.555	116.1187584	8	40.00	37,158.00		0.494
	AGOSTO	72,241.80	680.80	0.29	33562.6	0.46	2,646.22	108.6743236	9	40	39,122.76	0.542	108.6743236	8	40.00	34,775.78		0.481
	SEPTIEMBRE	74,636.60	796.89	0.33	27861.3	0.37	2,733.94	114.0092324	9	40	41,043.32	0.550	114.0092324	8	40.00	36,482.95		0.489

Fuente: Elaboración propia

Con la reducción de un volquete a la flota de minera durante los siguientes 4 meses después de la aplicación del diseño de estándar de vías se tiene un ahorro económico de **17,916.29** Dólares.

Tabla 27: Análisis económico del transporte de desmonte antes de la aplicación de estándares

ANÁLISIS ECONOMICO DEL TRANSPORTE DE DESMONTES																		
ANTES DEL EXPERIMENTO											RESULTADOS DEL EXPERIMENTO							
ETAPAS DEL EXPERIMENTO	MESES	Min	OZ	Ley	Desm	Ratio	N° de viajes	N° de horas	N° de Volquetes	Costo Volquete / hora (\$)	\$	Costo Unitario	N° de horas	N° de Volquetes	Costo Volquete / hora (\$)	\$	Costo Unitario	
Antes	ENERO	76,756.70	745.80	0.30	28320.5	0.37	1,037.38	43.86388805	6	40	10,527.33	0.137						
	FEBRERO	72,767.30	718.42	0.31	32484.3	0.45	1,189.90	49.06808655	6	40	11,776.34	0.162						
	MARZO	71,585.00	664.44	0.29	25525.6	0.36	935.00	38.31982225	6	40	9,196.76	0.128						
	ABRIL	69,265.60	727.32	0.33	31725.9	0.46	1,162.12	49.83365691	6	40	11,960.08	0.173						
Desarrollo	MAYO																	
Después	JUNIO	73,540.80	614.28	0.26	30911.8	0.42	1,132.30	45.86068717	6	40	11,006.56	0.150	45.86068717	5	40.00	9,172.14		0.125
	JULIO	75,288.50	776.07	0.32	28560.6	0.38	1,046.17	44.04945286	6	40	10,571.87	0.140	44.04945286	5	40.00	8,809.89		0.117
	AGOSTO	72,241.80	680.80	0.29	33562.6	0.46	1,229.40	50.48862212	6	40	12,117.27	0.168	50.48862212	5	40.00	10,097.72		0.140
	SEPTIEMBRE	74,636.60	796.89	0.33	27861.3	0.37	1,020.56	42.55881733	6	40	10,214.12	0.137	42.55881733	5	40.00	8,511.76		0.114

Fuente: Elaboración propia

➔ Con la reducción de un volquete a la flota de desmonte durante los siguientes 4 meses después de la aplicación del diseño de estándar de vías se tiene un ahorro económico de **7,318.30** Dólares.

### 4.7 Costo de ejecución aplicativo al estándar del diseño de vías

Tabla 29: Análisis económico del transporte de mineral después de la aplicación de estándares

COSTO DE EJECUCION APPLICATIVO AL ESTANDAR DE DISEÑO DE VIAS - MINERAL																								
TRAMOS	Distancia m	Perforación			Voladura			Corte			Carguio			Transporte			Empuje			Servicios Auxiliares			CC	
		N° de Tal	Mts Perf.	Costo unitario	Costo total	Volumen	Costo unitario	Costo Total	Metros	Costo unitario	Costo Total	material	Costo unitario	Costo total	material	Costo unitario	Costo total	material	Costo unitario	Costo total	material	Costo unitario		Costo total
		N°	Mts	\$/metro	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	
Tramo I	531	35	105	10	1050	3150	0.08	252.0	3520	0.12	422.4	2800	0.16	448	2800	0.56	1568	2800	0.08	224	2800	0.08	224	41
Tramo II	706	65	195	10	1950	5850	0.09	526.5	4260	0.12	511.2	1590	0.16	254.4	1590	0.43	683.7	1590	0.08	127.2	1590	0.08	127.2	41
Tramo III	910	72	216	10	2160	6480	0.10	648.0	4890	0.12	586.8	1590	0.16	254.4	1590	0.43	683.7	1590	0.08	127.2	1590	0.08	127.2	45
Tramo IV	686	63	189	10	1890	5670	0.14	793.8	4310	0.12	517.2	1360	0.16	217.6	1360	0.43	584.8	1360	0.08	108.8	1360	0.08	108.8	42
Tramo V	539	55	165	10	1650	4950	0.18	891.0	3260	0.12	391.2	1690	0.16	270.4	1690	0.43	726.7	1690	0.08	135.2	1690	0.08	135.2	41
Pad	312	0	0	0	0	0	0	0	2560	0.12	307.2	0	0	0	0	0.43	0	0	0	0	2560	0.08	204.8	5
																				<b>21.</b>				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Análisis económico del transporte de desmonte después de la aplicación de estándares

COSTO DE EJECUCION APPLICATIVO AL ESTANDAR DE DISEÑO DE VIAS - DESMONTES																								
TRAMOS	Distancia m	Perforación			Voladura			Corte			Carguio			Transporte			Empuje			Servicios Auxiliares			CC	
		N° de Tal	Mts Perf.	Costo unitario	Costo total	Volumen	Costo unitario	Costo Total	Volumen	Costo unitario	Costo Total	material	Costo unitario	Costo total	material	Costo unitario	Costo total	material	Costo unitario	Costo total	material	Costo unitario		Costo total
		N°	Mts	\$/metro	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	TM	\$/TM	\$	
Tramo I	531	0	0	10	0	0	0.08	0.0	1680	0.12	201.6	1680	0.16	268.8	1680	0.56	940.8	1680	0.08	134.4	1680	0.08	134.4	16
Tramo II	210	15	45	10	450	1350	0.09	121.5	1250	0.12	150	1250	0.16	200	1250	0.43	537.5	1250	0.08	100	250	0.08	20	15
Tramo III	295	35	105	10	1050	3150	0.10	315.0	1750	0.12	210	1750	0.16	280	1750	0.43	752.5	1750	0.08	140	1750	0.08	140	28
Tramo IV	174	0	0	10	0	0	0.14	0.0	1530	0.12	183.6	1530	0.16	244.8	1530	0.43	657.9	1530	0.08	122.4	560	0.08	44.8	12
Tramo V	231	0	0	10	0	0	0.18	0.0	1950	0.12	234	1950	0.16	312	1950	0.43	838.5	1950	0.08	156	230	0.08	18.4	15
																				<b>8.</b>				

Fuente: Elaboración propia



## DISCUSIONES

En la presente investigación acorde con los resultados obtenidos, se logró alcanzar el 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.

## CONCLUSIONES

La aplicación de estándares de diseño de vías influyó positivamente en la optimización de la operación unitaria de transporte de la Unidad Minera Corihuarmi, ya que se logró reducir el ciclo de transporte de mineral en un tiempo de 2.58 minutos y el ciclo de transporte de desmote 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 de recorrido tanto para el mineral como para el desmote, para el caso del recorrido de mineral con carga e logro incrementar en 3 km/h y de retorno vacío en 4 km/h; y para el caso del desmote recorrido con carga se logró aumentar en 3 km/h, para el retorno vacío se incrementó en 3.18 km/h.

El diseño geométrico (peralte, bombeo, gradiente, etc.) y las condiciones de seguridad (anchos de muros, anchos y alturas de berma) son elementos fundamentales en el diseño de vías.

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.

## RECOMENDACIONES

Es necesario, evaluar y analizar el diseño de vías en una unidad minera, de modo que se puedan encontrar falencias e identificar estándares que logren el desarrollo de un proceso de transporte de material óptimo.

Si se quiere lograr un óptimo diseño de vías, es recomendable analizar el diseño geométrico (peralte, bombeo, gradiente, etc.) y las condiciones de seguridad (anchos de muros, anchos y alturas de berma).

Dos de los factores con mayor incidencia en la optimización de la operación unitaria de transporte son los ciclos de tránsito y el dimensionamiento de volquetes, por lo que se recomienda enfocarse en optimizar primero dichos factores.

Específicamente para la Unidad Minera Corihuarmi, se recomienda no hacer el cambio de equipos de transporte, ya que este estándar presentado se determinó en función a las características de los volquetes que actualmente se tiene en la unidad minera, ante un cambio debería realizarse un nuevo estudio para determinar los nuevos parámetros operativos necesarios para el proceso de transporte. Asimismo, se debe realizar el mantenimiento permanente de vías de transporte, limpieza de cunetas, mantenimiento de muros de seguridad, verificación constante de estado de las vías y el ancho mínimo de vías para el transporte de material.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abella, B. (2003). *Mantenimiento Industrial*.
- Alejandro Vásquez, B. G.-F. (1996). *Apunte del curso de mi-58a. diseño de minas a cielo abierto*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Cámara Minera del Perú. (13 de mayo de 2016). *Cámara Minera Del Perú*. Obtenido de Cámara Minera del Perú:  
<http://www.camiper.com/camiper2016/noticias.php?notice=61>
- Cornejo, N. (2010). *Diseño y construcción de caminos, rampas en minería superficial*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio de Abad.
- Educarchile. (2012). *Educarchile.Cl*. Obtenido de Educarchile.Cl:  
[http://ww2.educarchile.cl/userfiles/p0001/image/portal/odas\\_tp/materiales\\_para\\_odas\\_2012/5%20minería/oda%2027\\_descarga%20de%20material/productividad%20transporte.pdf](http://ww2.educarchile.cl/userfiles/p0001/image/portal/odas_tp/materiales_para_odas_2012/5%20minería/oda%2027_descarga%20de%20material/productividad%20transporte.pdf)
- Estudios Mineros del Perú Sac. (2012). *Manual de Minería*. Lima.
- Ferreyros Cat. (S.F.). *Instrucción y capacitación técnica en camiones mineros 793b Caterpillar: Operación de Sistemas, pruebas y ajustes*. Ferreyros Cat.
- Chircca G. (2010). *Control de las actividades de carguío y acarreo en minería superficial, Caso Minera Yanacocha SRL*. Lima: Universidad Nacional de Ingenierías.
- Gonzales, J. . (2006). *Ciclo de minado en minería superficial*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Granda, J. (2007). *Dinámica de tesis. Elaboración y ejecución de proyectos*. Ancash: Uladech-Perú.

- Herberth, J., & Urbina, F. (2008). *Seguridad, salud y prevención de riesgos en minería*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.
- Jilapa, H. (2014). *Optimización del sistema de carguío y transporte en la unidad minera Tacasa-Ciemsá*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Linarez, D. (Junio de 2015). *Servicios auxiliares mineros*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/68716241/acarreoytransporte>
- Lopez, C. (1985). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. 1ra Edición*. Madrid: Editorial Madrid.(2015). *Manual de Carreteras-Vol 3*.
- Maxera, C. (2005). *Aplicación de la simulación para el acarreo del mineral*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mesa, J. (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*. Lima: Universidad Nacional de Ingenierías .
- Ministerio de Energía y Minas. (2010). *Reglamento de Seguridad en minería*. Lima: Diario: El Peruano.
- Ministerio de Minas y Energía. (2003). *Glosario técnico minero*. Bogotá D.C.: Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras-diseño geométrico*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Oswaldo Ortiz, G. C. (2007). Simulación Determinística y estocástica para dimensionar y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado en la explotación minera superficial. *Revista del Instituto de Investigación Figmmg*, 13.

- Pizarro, G. A. (12 de Septiembre de 2012). *Repositorio Académico de la Universidad de Chile*. Obtenido de Repositorio Académico de la Universidad de Chile:  
<http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/103948>
- Revolledo, Ó. (29 de Mayo de 2016). Programa de capacitación en minería superficial.  
(C. M. Perú, Entrevistador)
- Sampieri, R., Fernández C. & Baptista P, (2010). *Metodología de la Investigación*.  
Mexico Df: Mcgraw-Hill Editores.
- Serpa, L., & Colmenares J. (2004). *Optimización de la unidad de carga*.
- Thompson, R., & Visser, A. (2000). The Functional Design of Surface Mine Haul  
Roads. *Journal-South African Institute Og Minig and Metallurgy*.
- Unam. (S.F.). *Estandares*. Facultad de Ingeniería Biométrica Informática.
- Universidad Nacional de San Juan. (14 de Octubre De 2010). *Minería y Sociedad*.  
Obtenido de Minería y Sociedad:  
[http://www.mineriaysociedad.unsj.edu.ar/mineria\\_cielo\\_abierto.php](http://www.mineriaysociedad.unsj.edu.ar/mineria_cielo_abierto.php)
- Vidal, M. (2011). *Estudio del C{Alculo de flota de camiones para una operación  
minera a cielo abierto*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Villegas, J. (01 de Diciembre de 2005). *Es.Scribd*. Obtenido de Es.Scribd:  
<https://es.scribd.com/doc/36329802/carguio-y-transporte>
- William, M. (2009). *Mejoramiento y acarreo mediante dispatch en Cerro Verde*. Lima:  
Universidad Nacional de Ingenierías.

## ANEXOS

**Anexo A: Muestreo probabilístico estratificado**

El muestreo probabilístico estratificado se halló con base en el método MÁS (Muestreo aleatoria simple). Calculado de una población de 21468 datos correspondientes a los ciclos de transporte de material y la velocidad aplicada, de las fases de preprueba y posprueba:

	Meses	Ciclos de transporte				Total datos
		Traslado de mineral		Traslado de desmonte		
		Recorrido con carga	Recorrido vacío	Recorrido con carga	Recorrido vacío	
<b>Preprueba</b>	Enero	702.9	702.9	702.9	702.9	2811.6
	Febrero	666.367	666.367	666.367	666.367	2665.5
	Marzo	655.54	655.54	655.54	655.54	2622.2
	Abril	634.3	634.3	634.3	634.3	2537.2
<b>SUB TOTAL PREPRUEBA</b>						<b>10636</b>
<b>Posprueba</b>	Junio	673.451	673.451	673.451	673.451	2693.8
	Julio	689.455	689.455	689.455	689.455	2757.8
	Agosto	661.555	661.555	661.555	661.555	2646.2
	Septiembre	683.485	683.485	683.485	683.485	2733.9
<b>SUB TOTAL POSPRUEBA</b>						<b>10832</b>
<b>TOTAL DATOS POBLACIÓN</b>						<b>21468</b>

Fuente: Elaboración propia

Con base en esta población se determinó una muestra de:

DONDE:

$$n = \frac{Z^2(p * q)N}{E^2(N - 1) + Z^2(p * q)}$$

n: Tamaño de la muestra

N: población total = 21468

Z: nivel de confianza de 95% = 1.96

p: probabilidad de acierto = 0.5

q: probabilidad de error = 0.5

E: error permisible = 5%

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(21468)}{(0.05)^2(21468- 1) (1.96)^2 (0.5)(0.5)}$$

<b>n=400.0186</b>
-------------------



**Anexo B: Determinación de medidas de tendencia en ciclos de transporte de mineral**

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 1	SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 1	MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 2	SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 2	MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 3
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		1,95	30,00	1,90	26,80	2,00
Mediana		2,00	30,00	2,00	27,00	2,00
Moda		2	30	2	27	2

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 3	MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 4	SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 4	MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 5	SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 5
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		27,80	2,00	30,80	2,00	19,75
Mediana		28,00	2,00	31,00	2,00	20,00
Moda		28	2	31	2	20

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 6	SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 6	MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 7	SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 7	MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 8
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		2,00	32,85	2,00	30,05	2,00
Mediana		2,00	33,00	2,00	30,00	2,00
Moda		2	33	2	30	2

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 8	MINUTOS CARGUÍO VOLQUETE 9	SEGUNDOS CARGUÍO VOLQUETE 9	MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 1	SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 1
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		29,20	2,00	27,60	1,00	45,90
Mediana		29,00	2,00	28,00	1,00	46,00
Moda		29	2	28	1	46

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 2	SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 2	MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 3	SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 3	MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 4
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		1,00	44,00	1,00	44,95	1,00
Mediana		1,00	44,00	1,00	45,00	1,00
Moda		1	44	1	45	1

		SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 4	MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 5	SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 5	MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 6	SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 6
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	44,95	1,00	44,90	1,00	48,70
	Mediana	45,00	1,00	45,00	1,00	49,00
	Moda	45	1	45	1	49

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 7	SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 7	MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 8	SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 8	MINUTOS TRAMO 1 VOLQUETE 9
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	1,00	46,85	1,00	46,80	1,00
	Mediana	1,00	47,00	1,00	47,00	1,00
	Moda	1	47	1	47	1

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 1 VOLQUETE 9	MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 1	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 1	MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 2	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 2
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	44,90	1,00	6,80	1,00	7,80
	Mediana	45,00	1,00	7,00	1,00	8,00
	Moda	45	1	7	1	8

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 3	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 3	MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 4	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 4	MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 5
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	1,00	5,90	1,00	6,80	1,00
	Mediana	1,00	6,00	1,00	7,00	1,00
	Moda	1	6	1	7	1

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 5	MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 6	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 6	MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 7	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 7
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	4,95	1,00	7,80	1,00	8,80
	Mediana	5,00	1,00	8,00	1,00	9,00
	Moda	5	1	8	1	9

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 8	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 8	MINUTOS TRAMO 2 VOLQUETE 9	SEGUNDOS TRAMO 2 VOLQUETE 9	MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 1
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	1,00	5,90	1,00	6,85	1,00
	Mediana	1,00	6,00	1,00	7,00	1,00
	Moda	1	6	1	7	1

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 1	MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 2	SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 2	MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 3	SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 3
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	39,90	1,00	38,95	1,00	40,05
	Mediana	40,00	1,00	39,00	1,00	40,00
	Moda	40	1	39	1	40

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 4	SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 4	MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 5	SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 5	MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 6
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	1,00	37,95	1,00	39,90	1,00
	Mediana	1,00	38,00	1,00	40,00	1,00
	Moda	1	38	1	40	1

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 6	MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 7	SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 7	MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 8	SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 8
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	36,95	1,00	39,00	1,00	41,95
	Mediana	37,00	1,00	39,00	1,00	42,00
	Moda	37	1	39	1	42

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS TRAMO 3 VOLQUETE 9	SEGUNDOS TRAMO 3 VOLQUETE 9	MINUTOS TRAMO 4 VOLQUETE 1	SEGUNDOS TRAMO 4 VOLQUETE 1	MINUTOS TRAMO 4 VOLQUETE 2
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	1,00	38,95	1,95	35,00	2,00
	Mediana	1,00	39,00	2,00	35,00	2,00
	Moda	1	39	2	35	2

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 4 VOLQUETE 2	MINUTOS TRAMO 4 VOLQUETE 3	SEGUNDOS TRAMO 4 VOLQUETE 3	MINUTOS TRAMO 4 VOLQUETE 4	SEGUNDOS TRAMO 4 VOLQUETE 4
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	35,95	2,00	34,00	2,00	33,00
	Mediana	36,00	2,00	34,00	2,00	33,00
	Moda	36	2	34	2	33

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 4 VOLQUETE 7	MINUTOS TRAMO 4 VOLQUETE 8	SEGUNDOS TRAMO 4 VOLQUETE 8	MINUTOS TRAMO 4 VOLQUETE 9	SEGUNDOS TRAMO 4 VOLQUETE 9
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	34,00	2,00	33,00	2,00	31,95
	Mediana	34,00	2,00	33,00	2,00	32,00
	Moda	34	2	33	2	32

		SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 4	MINUTOS EN PAD VOLQUETE 5	SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 5	MINUTOS EN PAD VOLQUETE 6	SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 6
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	59,85	,00	59,00	1,00	1,00
	Mediana	60,00	,00	59,00	1,00	1,00
	Moda	60	0	59	1	1

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 5 VOLQUETE 3	MINUTOS TRAMO 5 VOLQUETE 4	SEGUNDOS TRAMO 5 VOLQUETE 4	MINUTOS TRAMO 5 VOLQUETE 5	SEGUNDOS TRAMO 5 VOLQUETE 5
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	22,95	1,00	19,85	1,00	22,00
	Mediana	23,00	1,00	20,00	1,00	22,00
	Moda	23	1	20	1	22

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS TRAMO 5 VOLQUETE 6	SEGUNDOS TRAMO 5 VOLQUETE 6	MINUTOS TRAMO 5 VOLQUETE 7	SEGUNDOS TRAMO 5 VOLQUETE 7	MINUTOS TRAMO 5 VOLQUETE 8
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	1,00	19,85	1,00	19,85	1,00
	Mediana	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00
	Moda	1	20	1	20	1

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS TRAMO 5 VOLQUETE 8	MINUTOS TRAMO 5 VOLQUETE 9	SEGUNDOS TRAMO 5 VOLQUETE 9	MINUTOS EN PAD VOLQUETE 1	SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 1
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	21,00	1,00	19,85	,00	58,95
	Mediana	21,00	1,00	20,00	,00	59,00
	Moda	21	1	20	0	59

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS EN PAD VOLQUETE 2	SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 2	MINUTOS EN PAD VOLQUETE 3	SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 3	MINUTOS EN PAD VOLQUETE 4
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	1,00	,10	,00	57,95	,00
	Mediana	1,00	,00	,00	58,00	,00
	Moda	1	0	0	58	0

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS EN PAD VOLQUETE 7	SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 7	MINUTOS EN PAD VOLQUETE 8	SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 8	MINUTOS EN PAD VOLQUETE 9
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	,00	57,90	1,00	1,90	,00
	Mediana	,00	58,00	1,00	2,00	,00
	Moda	0	58	1	2	0

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS EN PAD VOLQUETE 9	MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 1	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 1	MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 2	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 2
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	58,90	,00	35,95	,00	34,90
	Mediana	59,00	,00	36,00	,00	35,00
	Moda	59	0	36	0	35

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 3	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 3	MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 4	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 4	MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 5
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	,00	35,95	,00	33,95	,00
	Mediana	,00	36,00	,00	34,00	,00
	Moda	0	36	0	34	0

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 5	MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 6	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 6	MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 7	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 7
N	Válidos	658	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	35,95	,00	34,90	,00	37,00
	Mediana	36,00	,00	35,00	,00	37,00
	Moda	36	0	35	0	37

**Estadísticos: Medidas de Tendencia Central**

		MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 8	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 8	MINUTOS DESCARGUE VOLQUETE 9	SEGUNDOS DESCARGUE VOLQUETE 9
N	Válidos	658	658	658	658
	Perdidos	0	0	0	0
	Media	,00	39,00	,00	34,90
	Mediana	,00	39,00	,00	35,00
	Moda	0	39	0	35

Anexo C: Ficha de Observación: Transporte de mineral con carga y sin carga por tramos, meses enero – abril 2016

TRANSPORTE DE MINERAL: CICLO DE TRANSPORTE CON CARGA POR TRAMOS - MES DE ENERO 2016																				
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	CARGUÍO	RECORRIDO										DESCARGA		TIEMPO TOTAL					
			TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD		Prom. Mes	Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg					
			Distancia : 0.531 Km Pendiente (10%)	Distancia : 0.706 Km Pendiente (-2%)	Distancia : 0.910 Km Pendiente (-5%)	Distancia : 0.686 Km Pendiente 1.1%	Distancia : 0.539 Km Pendiente (-6%)	Distancia : 0.301 Km Pendiente (-7%)												
EXCAVADORA	Volquete 01	Min. 2 Seg 30	Min. 1 Seg 46	Min. 1 Seg 7	Min. 1 Seg 40	Min. 2 Seg 35	Min. 1 Seg 21	Min. 0 Seg 59	Min. 0 Seg 36	Min. 8 Seg 274	Min. 12.567									
	Volquete 02	Min. 2 Seg 27	Min. 1 Seg 44	Min. 1 Seg 8	Min. 1 Seg 39	Min. 2 Seg 36	Min. 1 Seg 20	Min. 1 Seg 0	Min. 0 Seg 35	Min. 9 Seg 209	Min. 12.483									
	Volquete 03	Min. 2 Seg 28	Min. 1 Seg 45	Min. 1 Seg 6	Min. 1 Seg 41	Min. 2 Seg 34	Min. 1 Seg 23	Min. 0 Seg 58	Min. 0 Seg 36	Min. 8 Seg 271	Min. 12.517									
	Volquete 04	Min. 2 Seg 31	Min. 1 Seg 45	Min. 1 Seg 7	Min. 1 Seg 38	Min. 2 Seg 33	Min. 1 Seg 20	Min. 0 Seg 60	Min. 0 Seg 34	Min. 8 Seg 268	Min. 12.467									
	Volquete 05	Min. 2 Seg 20	Min. 1 Seg 45	Min. 1 Seg 5	Min. 1 Seg 40	Min. 2 Seg 37	Min. 1 Seg 22	Min. 0 Seg 59	Min. 0 Seg 36	Min. 8 Seg 264	Min. 12.400									
	Volquete 06	Min. 2 Seg 33	Min. 1 Seg 49	Min. 1 Seg 8	Min. 1 Seg 37	Min. 2 Seg 35	Min. 1 Seg 20	Min. 1 Seg 1	Min. 0 Seg 35	Min. 9 Seg 218	Min. 12.633									
	Volquete 07	Min. 2 Seg 30	Min. 1 Seg 47	Min. 1 Seg 9	Min. 1 Seg 39	Min. 2 Seg 34	Min. 1 Seg 20	Min. 0 Seg 58	Min. 0 Seg 37	Min. 8 Seg 274	Min. 12.567									
	Volquete 08	Min. 2 Seg 29	Min. 1 Seg 47	Min. 1 Seg 6	Min. 1 Seg 42	Min. 2 Seg 33	Min. 1 Seg 21	Min. 1 Seg 2	Min. 0 Seg 39	Min. 9 Seg 219	Min. 12.650									
	Volquete 09	Min. 2 Seg 28	Min. 1 Seg 45	Min. 1 Seg 7	Min. 1 Seg 39	Min. 2 Seg 32	Min. 1 Seg 20	Min. 0 Seg 59	Min. 0 Seg 35	Min. 8 Seg 265	Min. 12.417									
<b>Promedios finales</b>		<b>2</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>8.33</b>	<b>251</b>	<b>12.522</b>

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Observación: Transporte de Mineral - Ciclo de transporte sin carga, por tramos mes de enero 2016

TRANSPORTE DE MINERAL: CICLO DE TRANSPORTE SIN CARGA (RETORNO) POR TRAMOS - MES DE ENERO 2016																			
EQUIPO DE CARGUJO	EQUIPO de Transporte	RECORRIDO												DESCARGA			TIEMPO TOTAL		TOTAL
		PAD	TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	
			Distancia : 0.539 Km	Pendiente: 6%	Distancia : 0.686 Km	Pendiente: 11%	Distancia : 0.910 Km	Pendiente: 5%	Distancia : 0.706 Km	Pendiente: 2%	Distancia : 0.531 Km	Pendiente: - 10%							
EXCAVADORA	Volquete 01	0	52	1	12	2	3	1	49	1	12	1	35	0	0	6	163	8.7167	
	Volquete 02	0	50	1	13	2	4	1	51	1	13	1	36	0	0	6	167	8.7833	
	Volquete 03	0	52	1	10	2	4	1	49	1	11	1	34	0	0	6	160	8.6667	
	Volquete 04	0	53	1	11	2	3	1	47	1	14	1	37	0	0	6	165	8.7500	
	Volquete 05	0	51	1	11	2	4	1	48	1	13	1	37	0	0	6	164	8.7333	
	Volquete 06	0	50	1	12	2	3	1	51	1	12	1	35	0	0	6	163	8.7167	
	Volquete 07	0	49	1	10	2	4	1	52	1	12	1	35	0	0	6	162	8.7000	
	Volquete 08	0	52	1	9	2	4	1	49	1	14	1	38	0	0	6	166	8.7667	
	Volquete 09	0	52	1	11	2	4	1	50	1	13	1	36	0	0	6	166	8.7667	
<b>PROMEDIOS FINALES</b>		<b>0</b>	<b>51</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>164</b>	<b>8.7333</b>	

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Observación: Transporte de Mineral - Ciclo de transporte con carga, por tramos - mes de febrero 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE MINERAL CON CARGA POR TRAMOS - MES DE FEBRERO 2016																				
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	RECORRIDO												DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL		
		CARGUÍO		TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD		Prom. Mes		Prom. Mes		Min.	Seg				
		Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg			
EXCAVADORA	Volquete 01	2	29	1	45	1	7	1	40	2	33	1	19	0	60	0	38	8	271	12.517
	Volquete 02	2	32	1	44	1	8	1	39	2	36	1	20	1	0	0	35	9	214	12.567
	Volquete 03	2	27	1	43	1	6	1	41	2	34	1	23	0	58	0	36	8	268	12.467
	Volquete 04	2	31	1	45	1	7	1	38	2	35	1	20	0	58	0	34	8	268	12.467
	Volquete 05	2	20	1	40	1	5	1	40	2	37	1	19	0	59	0	36	8	256	12.267
	Volquete 06	2	34	1	53	1	9	1	37	2	35	1	20	1	1	0	35	9	224	12.733
	Volquete 07	2	30	1	47	1	9	1	39	2	34	1	20	0	60	0	37	8	276	12.600
	Volquete 08	2	29	1	47	1	6	1	42	2	33	1	21	1	2	0	39	9	219	12.650
	Volquete 09	2	28	1	46	1	6	1	39	2	34	1	20	0	60	0	35	8	268	12.467
<b>Promedios finales</b>		<b>2</b>	<b>29</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	<b>252</b>	<b>12.53</b>

Fuente: Elaboración propia



Ficha de Observación: Transporte de Mineral - Ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de febrero 2016

EQUIPO DE CARGO		Equipo de Transporte		CARGO		CICLO DE TRANSPORTE DE MINERAL SIN CARGA, POR TRAMOS - MES DE FEBRERO 2016												TIEMPO TOTAL		DESCARGA		TOTAL	
						RECORRIDO																	
						PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01							
EXCAVADORA	Volquete 01	Distancia : 0.312 Km	Pendiente: 7%	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg		
	Volquete 02	Distancia : 0.539 Km	Pendiente: 6%	1	10	2	4	1	50	1	12	1	34	0	0	6	161	0	0	6	161	8.6833	
	Volquete 03	Distancia : 0.686 Km	Pendiente: 11%	0	50	2	4	1	48	1	15	1	36	0	0	6	166	0	0	6	166	8.7667	
	Volquete 04	Distancia : 0.910 Km	Pendiente: 5%	0	52	2	4	1	49	1	11	1	34	0	0	6	160	0	0	6	160	8.6667	
	Volquete 05	Distancia : 0.531 Km	Pendiente: -10%	0	53	2	3	1	47	1	14	1	37	0	0	6	165	0	0	6	165	8.7500	
	Volquete 06	Distancia : 0.706 Km	Pendiente: 2%	0	51	2	4	1	49	1	13	1	37	0	0	6	165	0	0	6	165	8.7500	
	Volquete 07	Distancia : 0.539 Km	Pendiente: 6%	0	50	2	3	1	51	1	12	1	36	0	0	6	163	0	0	6	163	8.7167	
	Volquete 08	Distancia : 0.686 Km	Pendiente: 11%	0	50	2	5	1	53	1	12	1	35	0	0	6	165	0	0	6	165	8.7500	
	Volquete 09	Distancia : 0.910 Km	Pendiente: 5%	0	52	2	3	1	49	1	14	1	39	0	0	6	166	0	0	6	166	8.7667	
<b>PROMEDIOS FINALES</b>				<b>0</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>164</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>164</b>	<b>8.7352</b>	

Fuente: Elaboración propia



Ficha de Observación: Transporte de Mineral - Ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de marzo 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE MINERAL SIN CARGA, POR TRAMOS - MES DE MARZO 2016																				
EQUIPO DE CARGUO	Equipo de Transporte	CARGUO	RECORRIDO												DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL	
			PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Prom. Mes	Seg	Min.	Seg		Min.
			Distancia : 0.312 Km	Pendiente: 7%	Distancia : 0.539 Km	Pendiente: 6%	Distancia : 0.686 Km	Pendiente: 11%	Distancia : 0.910 Km	Pendiente: 5%	Distancia : 0.706 Km	Pendiente: 2%	Distancia : 0.531 Km	Pendiente: -10%						
EXCAVADORA	Volquete 01	0	0	0	51	1	10	2	4	1	50	1	12	1	34	0	0	6	161	8.6833
	Volquete 02	0	0	0	50	1	13	2	4	1	48	1	15	1	36	0	0	6	166	8.7667
	Volquete 03	0	0	0	52	1	10	2	4	1	49	1	11	1	34	0	0	6	160	8.6667
	Volquete 04	0	0	0	53	1	11	2	3	1	47	1	14	1	37	0	0	6	165	8.7500
	Volquete 05	0	0	0	51	1	11	2	3	1	49	1	13	1	37	0	0	6	164	8.7333
	Volquete 06	0	0	0	52	1	11	2	3	1	49	1	11	1	36	0	0	6	162	8.7000
	Volquete 07	0	0	0	51	1	9	2	5	1	53	1	11	1	34	0	0	6	163	8.7167
	Volquete 08	0	0	0	52	1	9	2	3	1	49	1	14	1	39	0	0	6	166	8.7667
	Volquete 09	0	0	0	52	1	11	2	4	1	50	1	13	1	36	0	0	6	166	8.7667
<b>PROMEDIOS FINALES</b>			<b>0</b>	<b>52</b>	<b>1</b>	<b>10.6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>164</b>	<b>8.7278</b>

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Observación: Transporte de Mineral - Ciclo de transporte con carga, por tramos - mes de abril 2016

EQUIPO DE CARGUO		Equipo de Transporte		CARGUO		RECORRIDO												DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL
						TRAMO 01		TRAMO 02		TRAMO 03		TRAMO 04		TRAMO 05		PAD						
						Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg					
EXCAVADORA	Volquete 01	2	29	1	45	1	7	1	40	2	33	1	19	0	60	0	38	8	271	12.517		
	Volquete 02	2	32	1	44	1	8	1	39	2	36	1	20	1	0	0	35	9	214	12.567		
	Volquete 03	2	30	1	43	1	6	1	41	2	34	1	23	0	58	0	36	8	271	12.517		
	Volquete 04	2	31	1	45	1	7	1	38	2	35	1	20	0	58	0	34	8	268	12.467		
	Volquete 05	2	20	1	40	1	5	1	40	2	37	1	20	0	59	0	36	8	257	12.283		
	Volquete 06	2	32	1	43	1	9	1	35	2	35	1	20	1	1	0	35	9	210	12.500		
	Volquete 07	2	30	1	47	1	9	1	39	2	34	1	20	0	60	0	37	8	276	12.600		
	Volquete 08	2	29	1	47	1	6	1	42	2	33	1	21	1	2	0	39	9	219	12.650		
	Volquete 09	2	28	1	46	1	6	1	39	2	34	1	20	0	60	0	35	8	268	12.467		
<b>Promedios finales</b>		<b>2</b>	<b>29</b>	<b>1</b>	<b>44</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	<b>250</b>	<b>12.507</b>		

Fuente: Elaboración propia

Ficha de Observación: Transporte de Mineral - Ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de abril 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE MINERAL SIN CARGA, POR TRAMOS - MES DE ABRIL 2016																				
EQUIPO DE CARGUO	Equipo de Transporte	RECORRIDO														DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL
		CARGUO	PAD	TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Prom. Mes	Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg	
				Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg							
EXCAVADORA	Volquete 01	0	0	0	51	1	10	2	4	1	50	1	12	1	34	0	0	6	161	8.6833
	Volquete 02	0	0	0	53	1	13	2	4	1	49	1	14	1	36	0	0	6	169	8.8167
	Volquete 03	0	0	0	52	1	10	2	4	1	49	1	13	1	34	0	0	6	162	8.7000
	Volquete 04	0	0	0	53	1	11	2	3	1	47	1	14	1	37	0	0	6	165	8.7500
	Volquete 05	0	0	0	51	1	11	2	3	1	49	1	13	1	37	0	0	6	164	8.7333
	Volquete 06	0	0	0	52	1	11	2	3	1	49	1	13	1	36	0	0	6	164	8.7333
	Volquete 07	0	0	0	51	1	9	2	5	1	53	1	11	1	34	0	0	6	163	8.7167
	Volquete 08	0	0	0	52	1	9	2	3	1	49	1	14	1	39	0	0	6	166	8.7667
	Volquete 09	0	0	0	52	1	11	2	4	1	50	1	13	1	36	0	0	6	166	8.7667
<b>PROMEDIOS FINALES</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>1</b>	<b>10.6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>164</b>	<b>8.7407</b>

Fuente: Elaboración propia

Anexo D: Matriz de consistencia

1. PROBLEMA		2. OBJETIVOS		3. HIPÓTESIS		4. VARIABLES		5. METODOLOGÍA	
Problema General		Objetivo General		Hipótesis General		Variable Independiente		Diseño de Investigación	
¿Cómo influye la aplicación de estándares de diseño de vías en la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi-2016?		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, 2016.		La aplicación de estándares de diseño de vías influye positivamente en la optimización de la operación unitaria de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi, 2016.		Optimización de la operación unitaria de transporte		Experimental puro (preprueba y posprueba)	
<b>Problema Específico 1</b>		<b>Objetivo Específico 1</b>		<b>Hipótesis Específica 1</b>		<b>Variable Dependiente</b>		<b>Tipo de Investigación</b>	
¿Cuáles son los parámetros óptimos para el diseño de vías de transporte en la unidad Minera Corihuarmi, 2016?		Determinar cuáles son los parámetros óptimos en el diseño de vías de transporte en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.		Los parámetros óptimos en el diseño de vías están relacionados al diseño geométrico y a las condiciones de seguridad.		Aplicación de estándares de diseño de vías		Descriptivo - analítico	
<b>Problema Específico 2</b>		<b>Objetivo Específico 2</b>		<b>Hipótesis Específica 2</b>				<b>Población y muestra</b>	
¿Cómo se desarrolla la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi, 2016?		Evaluar la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares óptimos en el diseño de vías en la Unidad Minera Corihuarmi – 2016.		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 y el dimensionamiento adecuado de volquetes.				Población: Operación unitaria de transporte. Muestreo probabilístico estratificado, con datos de ciclos de transporte y velocidades aplicadas por meses y guardias.	
								<b>Técnicas</b>	
								Observación sistemática	
								Técnica de emparejamiento	

Fuente: Elaboración propia

**Anexo E: Ciclo de transporte de mineral antes del experimento con carga y sin carga meses enero – abril 2016**

Ciclo de transporte de mineral antes del experimento (recorrido con carga)-mes de enero 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - ENERO 2016																					
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO CON CARGA														DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL	
		CARGUIO		TRAMO 01		TRAMO 02		TRAMO 03		TRAMO 04		TRAMO 05		PAD							
				Distancia : 0.531 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.301 Km							
				Penditene: 10%		Penditene: -2%		Penditene: -5%		Penditene: -11%		Penditene: -6%		Penditene: -7%							
	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.		
EXCAVADORA	Volquete 01	2	30	1	46	1	7	1	40	2	35	1	21	0	59	0	36	8	274	12.567	
	Volquete 02	2	27	1	44	1	8	1	39	2	36	1	20	1	0	0	35	9	209	12.483	
	Volquete 03	2	28	1	45	1	6	1	41	2	34	1	23	0	58	0	36	8	271	12.517	
	Volquete 04	2	31	1	45	1	7	1	38	2	33	1	20	0	60	0	34	8	268	12.467	
	Volquete 05	2	20	1	45	1	5	1	40	2	37	1	22	0	59	0	36	8	264	12.400	
	Volquete 06	2	33	1	49	1	8	1	37	2	35	1	20	1	1	0	35	9	218	12.633	
	Volquete 07	2	30	1	47	1	9	1	39	2	34	1	20	0	58	0	37	8	274	12.567	
	Volquete 08	2	29	1	47	1	6	1	42	2	33	1	21	1	2	0	39	9	219	12.650	
	Volquete 09	2	28	1	45	1	7	1	39	2	32	1	20	0	59	0	35	8	265	12.417	

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de transporte de mineral antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Enero 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - ENERO 2016																
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA												TIEMPO TOTAL		TOTAL
		PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01				
		Distancia : 0.312 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.531 Km				
		Penditene: 7%		Penditene: 6%		Penditene: 11%		Penditene: 5%		Penditene: 2%		Penditene: -10%				
	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	
EXCAVADORA	Volquete 01	0	52	1	12	2	3	1	49	1	12	1	35	6	163	8.7167
	Volquete 02	0	50	1	13	2	4	1	51	1	13	1	36	6	167	8.7833
	Volquete 03	0	52	1	10	2	4	1	49	1	11	1	34	6	160	8.6667
	Volquete 04	0	53	1	11	2	3	1	47	1	14	1	37	6	165	8.7500
	Volquete 05	0	51	1	11	2	4	1	48	1	13	1	37	6	164	8.7333
	Volquete 06	0	50	1	12	2	3	1	51	1	12	1	35	6	163	8.7167
	Volquete 07	0	49	1	10	2	4	1	52	1	12	1	35	6	162	8.7000
	Volquete 08	0	52	1	9	2	4	1	49	1	14	1	38	6	166	8.7667
	Volquete 09	0	52	1	11	2	4	1	50	1	13	1	36	6	166	8.7667

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de transporte de mineral antes del experimento mineral (recorrido con carga)-mes de Febrero 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - FEBRERO 2016																				
EQUIPO DE CARGUIJO	Equipo de Transporte	RECORRIDO CON CARGA														DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL
		CARGUIJO		TRAMO 01		TRAMO 02		TRAMO 03		TRAMO 04		TRAMO 05		PAD						
				Distancia : 0.531 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.301 Km						
				Pendiente: 10%		Pendiente: -2%		Pendiente: -5%		Pendiente: -11%		Pendiente: -6%		Pendiente: -7%						
Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.		
EXCAVADORA	Volquete 01	2	30	1	46	1	7	1	40	2	35	1	21	0	59	0	36	8	274	12.567
	Volquete 02	2	27	1	44	1	8	1	41	2	37	1	20	1	0	0	35	9	212	12.533
	Volquete 03	2	28	1	49	1	6	1	41	2	34	1	23	0	58	0	36	8	275	12.583
	Volquete 04	2	31	1	45	1	8	1	38	2	33	1	20	0	60	0	34	8	269	12.483
	Volquete 05	2	20	1	45	1	5	1	40	2	37	1	22	0	59	0	36	8	264	12.400
	Volquete 06	2	33	1	49	1	10	1	37	2	35	1	23	1	1	0	36	9	224	12.733
	Volquete 07	2	30	1	47	1	9	1	40	2	34	1	20	0	58	0	37	8	275	12.583
	Volquete 08	2	29	1	48	1	6	1	42	2	35	1	21	1	2	0	39	9	222	12.700
	Volquete 09	2	28	1	48	1	8	1	39	2	32	1	22	0	59	0	37	8	273	12.550

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de transporte de mineral antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Febrero 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - FEBRERO 2016																
EQUIPO DE CARGUIJO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA												TIEMPO TOTAL		TOTAL
		PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01				
		Distancia : 0.312 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.531 Km				
		Pendiente: 7%		Pendiente: 6%		Pendiente: 11%		Pendiente: 5%		Pendiente: 2%		Pendiente: -10%				
Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.		
EXCAVADORA	Volquete 01	0	52	1	10	2	3	1	49	1	12	1	35	6	161	8.6833
	Volquete 02	0	50	1	13	2	4	1	51	1	13	1	36	6	167	8.7833
	Volquete 03	0	52	1	10	2	4	1	49	1	13	1	34	6	162	8.7000
	Volquete 04	0	53	1	12	2	3	1	51	1	14	1	39	6	172	8.8667
	Volquete 05	0	52	1	11	2	4	1	48	1	13	1	37	6	165	8.7500
	Volquete 06	0	50	1	12	2	6	1	51	1	12	1	35	6	166	8.7667
	Volquete 07	0	49	1	10	2	4	1	55	1	12	1	33	6	163	8.7167
	Volquete 08	0	55	1	10	2	5	1	49	1	15	1	38	6	172	8.8667
	Volquete 09	0	53	1	11	2	4	1	50	1	13	1	36	6	167	8.7833

Fuente: Elaboración propia



Ciclo de transporte de mineral antes del experimento (recorrido con carga)-mes de Marzo 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - MARZO 2016																				
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	CARGUIO		RECORRIDO CON CARGA												DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL
				TRAMO 01		TRAMO 02		TRAMO 03		TRAMO 04		TRAMO 05		PAD						
				Distancia : 0.531 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.301 Km						
				Pendiente: 10%		Pendiente: -2%		Pendiente: -5%		Pendiente: -11%		Pendiente: -6%		Pendiente: -7%						
Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.		
EXCAVADORA	Volquete 01	2	33	1	46	1	9	1	40	2	35	1	21	0	59	0	36	8	279	12.650
	Volquete 02	2	30	1	45	1	8	1	39	2	36	1	20	1	0	0	37	9	215	12.583
	Volquete 03	2	28	1	45	1	6	1	41	2	34	1	23	0	58	0	36	8	271	12.517
	Volquete 04	2	31	1	46	1	7	1	38	2	33	1	20	0	60	0	34	8	269	12.483
	Volquete 05	2	22	1	45	1	5	1	40	2	37	1	22	0	57	0	36	8	264	12.400
	Volquete 06	2	33	1	49	1	8	1	37	2	36	1	22	1	1	0	38	9	224	12.733
	Volquete 07	2	30	1	47	1	9	1	42	2	34	1	20	0	58	0	37	8	277	12.617
	Volquete 08	2	30	1	48	1	6	1	42	2	35	1	21	1	2	0	39	9	223	12.717
	Volquete 09	2	28	1	45	1	8	1	40	2	32	1	20	0	59	0	35	8	267	12.450

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de transporte de mineral antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Marzo 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - MARZO 2016																	
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA												TIEMPO TOTAL		TOTAL	
		PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01					
		Distancia : 0.312 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.531 Km					
		Pendiente: 7%		Pendiente: 6%		Pendiente: 11%		Pendiente: 5%		Pendiente: 2%		Pendiente: -10%					
Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	
EXCAVADORA	Volquete 01	0	52	1	12	2	3	1	49	1	14	1	35	6	165	8.7500	
	Volquete 02	0	49	1	12	2	4	1	51	1	13	1	36	6	165	8.7500	
	Volquete 03	0	52	1	10	2	4	1	49	1	11	1	36	6	162	8.7000	
	Volquete 04	0	53	1	11	2	4	1	47	1	14	1	37	6	166	8.7667	
	Volquete 05	0	51	1	10	2	4	1	48	1	13	1	37	6	163	8.7167	
	Volquete 06	0	50	1	12	2	3	1	52	1	13	1	35	6	165	8.7500	
	Volquete 07	0	51	1	10	2	4	1	52	1	12	1	36	6	165	8.7500	
	Volquete 08	0	53	1	10	2	5	1	49	1	14	1	38	6	169	8.8167	
	Volquete 09	0	52	1	11	2	4	1	51	1	13	1	37	6	168	8.8000	

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de transporte de mineral antes del experimento (recorrido con carga)-mes de Abril 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - ABRIL 2016																				
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO CON CARGA														DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL
		CARGUIO		TRAMO 01		TRAMO 02		TRAMO 03		TRAMO 04		TRAMO 05		PAD						
				Distancia : 0.531 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.301 Km						
				Penditene: 10%		Penditene: -2%		Penditene: -5%		Penditene: -11%		Penditene: -6%		Penditene: -7%						
Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.		
EXCAVADORA	Volquete 01	2	30	1	46	1	7	1	40	2	35	1	21	0	59	0	36	8	274	12.567
	Volquete 02	2	27	1	44	1	8	1	39	2	36	1	20	1	0	0	37	9	211	12.517
	Volquete 03	2	28	1	45	1	6	1	41	2	34	1	23	0	58	0	39	8	274	12.567
	Volquete 04	2	31	1	44	1	7	1	38	2	33	1	20	0	60	0	34	8	267	12.450
	Volquete 05	2	20	1	45	1	5	1	40	2	37	1	22	0	59	0	36	8	264	12.400
	Volquete 06	2	33	1	49	1	9	1	37	2	38	1	20	1	1	0	35	9	222	12.700
	Volquete 07	2	30	1	48	1	9	1	39	2	34	1	22	0	57	0	38	8	277	12.617
	Volquete 08	2	29	1	47	1	6	1	42	2	33	1	21	1	2	0	39	9	219	12.650
	Volquete 09	2	28	1	45	1	7	1	39	2	32	1	20	0	59	0	35	8	265	12.417

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de transporte de mineral antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Abril 2016

RESUMEN DE CICOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - ABRIL 2016																	
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA												TIEMPO TOTAL		TOTAL	
		PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01					
		Distancia : 0.312 Km		Distancia : 0.539 Km		Distancia : 0.686 Km		Distancia : 0.910 Km		Distancia : 0.706 Km		Distancia : 0.531 Km					
		Penditene: 7%		Penditene: 6%		Penditene: 11%		Penditene: 5%		Penditene: 2%		Penditene: -10%					
Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	
EXCAVADORA	Volquete 01	0	51	1	12	2	5	1	49	1	13	1	36	6	166	8.7667	
	Volquete 02	0	50	1	13	2	4	1	50	1	13	1	36	6	166	8.7667	
	Volquete 03	0	52	1	11	2	4	1	49	1	10	1	35	6	161	8.6833	
	Volquete 04	0	53	1	11	2	3	1	47	1	14	1	37	6	165	8.7500	
	Volquete 05	0	51	1	11	2	4	1	46	1	13	1	36	6	161	8.6833	
	Volquete 06	0	51	1	12	2	2	1	51	1	12	1	36	6	164	8.7333	
	Volquete 07	0	50	1	11	2	4	1	52	1	13	1	35	6	165	8.7500	
	Volquete 08	0	52	1	10	2	3	1	49	1	14	1	38	6	166	8.7667	
	Volquete 09	0	52	1	11	2	4	1	49	1	13	1	36	6	165	8.7500	

Fuente: Elaboración propia

**Anexo F: Velocidades por tramos para transporte de mineral antes del experimento con carga y sin carga**

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido con carga)-mes de Enero 2016

RESUMEN DE TIEMPOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - ENERO 2016							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO CARGADO					
		TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	Pad
		Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.301 Km
		Penditene: 10%	Penditene: -2%	Penditene: -5%	Penditene: -11%	Penditene: -6%	Penditene: -7%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	20	38	32	15	24	19
	Volquete 02	18	36	33	16	23	18
	Volquete 03	16	39	33	16	25	19
	Volquete 04	18	37	34	17	24	19
	Volquete 05	17	39	34	15	24	19
	Volquete 06	17	36	32	17	25	20
	Volquete 07	18	39	33	16	24	19
	Volquete 08	19	40	33	16	23	19
	Volquete 09	19	38	33	16	24	19

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido con carga)-mes de Febrero 2016

VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO CARGADO					
		TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	Pad
		Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.301 Km
		Penditene: 10%	Penditene: -2%	Penditene: -5%	Penditene: -11%	Penditene: -6%	Penditene: -7%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	18	36	33	17	24	20
	Volquete 02	19	38	32	16	25	18
	Volquete 03	18	39	34	15	23	20
	Volquete 04	18	39	33	16	24	19
	Volquete 05	18	37	34	15	23	19
	Volquete 06	17	36	32	17	25	20
	Volquete 07	19	40	32	15	24	18
	Volquete 08	17	39	33	17	23	19
	Volquete 09	18	38	33	16	24	18

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido con carga)-mes de Marzo 2016

VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO CARGADO					
		TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	Pad
		Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.301 Km
		Penditene: 10%	Penditene: -2%	Penditene: -5%	Penditene: -11%	Penditene: -6%	Penditene: -7%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	20	39	34	16	25	20
	Volquete 02	20	36	33	16	24	18
	Volquete 03	17	39	33	17	25	19
	Volquete 04	18	38	34	17	24	20
	Volquete 05	18	39	34	15	24	19
	Volquete 06	17	36	33	17	26	20
	Volquete 07	19	39	34	17	24	19
	Volquete 08	18	40	33	16	23	20
	Volquete 09	18	38	33	16	24	19

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido con carga)-mes de Abril 2016

VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO CARGADO					
		TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	Pad
		Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.301 Km
		Penditene: 10%	Penditene: -2%	Penditene: -5%	Penditene: -11%	Penditene: -6%	Penditene: -7%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	20	39	33	16	25	20
	Volquete 02	19	36	33	17	23	18
	Volquete 03	18	40	33	16	24	18
	Volquete 04	18	37	35	17	24	19
	Volquete 05	18	39	33	16	24	20
	Volquete 06	17	36	32	17	25	19
	Volquete 07	19	39	33	17	23	19
	Volquete 08	18	38	32	16	25	18
	Volquete 09	18	40	33	16	23	19

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Enero 2016

VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL - ENERO 2016							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA					
		PAD	TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
		Distancia : 0.312 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.531 Km
		Penditene: 7%	Penditene: 6%	Penditene: 11%	Penditene: 5%	Penditene: 2%	Penditene: -10%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	22	26	20	30	35	20
	Volquete 02	21	25	21	29	36	20
	Volquete 03	22	27	21	30	36	19
	Volquete 04	23	26	20	31	34	20
	Volquete 05	22	27	19	30	35	19
	Volquete 06	22	25	19	30	35	20
	Volquete 07	23	27	21	29	34	20
	Volquete 08	21	26	19	31	35	21
	Volquete 09	22	25	20	30	35	21

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Febrero 2016

VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA					
		PAD	TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
		Distancia : 0.312 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.531 Km
		Penditene: 7%	Penditene: 6%	Penditene: 11%	Penditene: 5%	Penditene: 2%	Penditene: -10%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	23	26	21	29	36	22
	Volquete 02	20	25	20	29	36	19
	Volquete 03	22	27	21	31	34	19
	Volquete 04	22	26	20	31	34	20
	Volquete 05	23	27	20	30	35	19
	Volquete 06	22	25	19	30	36	20
	Volquete 07	21	27	21	30	34	20
	Volquete 08	23	26	19	31	35	20
	Volquete 09	22	25	19	29	35	21

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Marzo 2016

VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA					
		PAD	TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
		Distancia : 0.312 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.531 Km
		Penditene: 7%	Penditene: 6%	Penditene: 11%	Penditene: 5%	Penditene: 2%	Penditene: -10%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	23	25	20	29	35	19
	Volquete 02	21	25	20	28	35	20
	Volquete 03	22	27	21	30	36	19
	Volquete 04	23	26	20	31	34	20
	Volquete 05	22	26	19	29	35	19
	Volquete 06	23	25	19	30	36	19
	Volquete 07	23	26	20	30	34	20
	Volquete 08	21	26	19	31	33	21
	Volquete 09	22	25	20	30	35	21

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo antes del experimento (recorrido sin carga)-mes de Abril 2016

VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE MINERAL							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA					
		PAD	TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
		Distancia : 0.312 Km	Distancia : 0.539 Km	Distancia : 0.686 Km	Distancia : 0.910 Km	Distancia : 0.706 Km	Distancia : 0.531 Km
		Penditene: 7%	Penditene: 6%	Penditene: 11%	Penditene: 5%	Penditene: 2%	Penditene: -10%
		Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01	23	26	20	30	36	21
	Volquete 02	22	25	21	29	36	19
	Volquete 03	21	27	21	30	35	19
	Volquete 04	23	26	20	31	34	20
	Volquete 05	22	27	19	30	35	19
	Volquete 06	23	25	19	30	36	20
	Volquete 07	23	27	21	29	34	21
	Volquete 08	21	26	19	31	34	19
	Volquete 09	22	25	20	30	35	21

Fuente: Elaboración propia

**Anexo G: Ciclo de transporte de desmonte con carga y sin carga, por tramos enero – abril 2016**

Transporte de Desmonte- Ciclo de transporte con carga, por tramos - mes de enero 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE DESMONTE (RECORRIDO CON CARGA) MES DE ENERO 2016																					
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	Promedio de viajes realizados por volquetes	CARGUIO		RECORRIDO CON CARGA										DESCARGA		TIEMPO TOTAL				
			Prom. Mes	Seg	TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD		Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg				
										Min.	Distancia :							Min.	Distancia :	Min.	Seg
EXCAVADORA	Volquete 01		2	31	1	45	0	33	1	29	0	37	1	25	0	0	0	0	5	237	8.950
	Volquete 02		2	29	1	44	0	32	1	28	0	38	1	25	0	0	0	0	5	233	8.883
	Volquete 03		2	29	1	46	0	33	1	30	0	36	1	24	0	0	0	0	5	234	8.900
	Volquete 04		2	31	1	45	0	34	1	28	0	37	1	24	0	0	0	0	5	234	8.900
	Volquete 05		2	29	1	45	0	32	1	28	0	36	1	23	0	0	0	0	5	229	8.817
	Volquete 06		2	31	1	47	0	32	1	29	0	37	1	22	0	0	0	0	5	233	8.883
<b>Promedios ENERO</b>			<b>2</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>233</b>	<b>8.89</b>

Fuente: Elaboración propia

Transporte de Desmonte- Ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de enero 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE DESMONTE (RECORRIDO SIN CARGA) MES DE ENERO 2016																														
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	CARGUIO		RECORRIDO SIN CARGA																									
			Prom. Mes	Seg	PAD	TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01	DESCARGA		TIEMPO TOTAL																	
			Min.	Seg	Prom. Mes	Distancia : 0.231 Km	Pendiente: 13%	Prom. Mes	Min.	Seg	Distancia : 0.174 Km	Pendiente: 3%	Prom. Mes	Min.	Seg	Distancia : 0.295 Km	Pendiente: 12%	Prom. Mes	Min.	Seg	Distancia : 0.210 Km	Pendiente: 2%	Prom. Mes	Min.	Seg	Distancia : 0.531 Km	Pendiente: 10%	Prom. Mes	Min.	Seg
EXCAVADORA	Volquete 01		0	0	0	0	59	0	0	34	1	7	0	28	1	34	0	0	2	162	4.7000									
	Volquete 02		0	0	0	0	60	0	0	32	1	6	0	27	1	36	0	0	2	161	4.6833									
	Volquete 03		0	0	0	0	60	0	0	33	1	7	0	28	1	35	0	0	2	163	4.7167									
	Volquete 04		0	0	0	0	59	0	0	34	1	5	0	27	1	35	0	0	2	160	4.6667									
	Volquete 05		0	0	0	0	60	0	0	31	1	7	0	27	1	37	0	0	2	162	4.7000									
	Volquete 06		0	0	0	0	59	0	0	34	1	6	0	26	1	35	0	0	2	160	4.6667									
<b>Promedios ENERO</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>161</b>	<b>4.69</b>									

Fuente: Elaboración propia



Transporte de Desmonte- Ciclo de transporte con carga, por tramos - mes de febrero 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE DESMONTE (RECORRIDO CON CARGA) MES DE FEBRERO 2016																						
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	CARGUIO		RECORRIDO CON CARGA								DESCARGA		TIEMPO TOTAL							
			Prom. Mes	Seg	TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD	Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg	Prom. Mes	Seg						
																	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
EXCAVADORA	Volquete 01		2	30	1	45	0	33	1	30	0	37	1	25	0	0	0	0	37	5	237	8.950
	Volquete 02		2	29	1	44	0	32	1	28	0	36	1	23	0	0	0	0	35	5	227	8.783
	Volquete 03		2	29	1	46	0	33	1	30	0	36	1	24	0	0	0	0	36	5	234	8.900
	Volquete 04		2	31	1	44	0	35	1	28	0	37	1	24	0	0	0	0	35	5	234	8.900
	Volquete 05		2	31	1	45	0	32	1	28	0	36	1	23	0	0	0	0	36	5	231	8.850
	Volquete 06		2	31	1	47	0	32	1	29	0	37	1	22	0	0	0	0	35	5	233	8.883
<b>Promedios FEBRERO</b>			<b>2</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>5</b>	<b>233</b>	<b>8.88</b>	

Fuente: Elaboración propia

Transporte de Desmonte- Ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de febrero 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE DESMONTE (RECORRIDO SIN CARGA) MES DE FEBRERO 2016																				
EQUIPO DE CARGUO	EQUIPO de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO SIN CARGA						DESCARGA				TIEMPO TOTAL							
			CARGUO		PAD	TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01	Prom. Mes		Prom. Mes							
			Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg					
EXCAVADORA	Volquete 01		0	0	0	0	59	0	34	1	7	0	28	1	34	0	0	2	162	4.7000
	Volquete 02		0	0	0	0	59	0	31	1	5	0	26	1	36	0	0	2	157	4.6167
	Volquete 03		0	0	0	0	60	0	33	1	7	0	28	1	35	0	0	2	163	4.7167
	Volquete 04		0	0	0	0	59	0	34	1	5	0	26	1	34	0	0	2	158	4.6333
	Volquete 05		0	0	0	0	60	0	31	1	7	0	27	1	35	0	0	2	160	4.6667
	Volquete 06		0	0	0	0	59	0	34	1	6	0	25	1	35	0	0	2	159	4.6500
<b>Promedios FEBRERO</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>59</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>160</b>	<b>4.66</b>

Fuente: Elaboración propia

Transporte de Desmonte- Ciclo de transporte con carga, por tramos - mes de marzo 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE DESMONTE (RECORRIDO CON CARGA) MES DE MARZO 2016																							
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	CARGUIO		RECORRIDO CON CARGA								DESCARGA		TIEMPO TOTAL								
			Prom. Mes	Seg	TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD	Prom. Mes	Prom. Mes	Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg						
					Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Distancia : Pendiente: -	Prom. Mes	Prom. Mes	Prom. Mes	Prom. Mes						
EXCAVADORA	Volquete 01		2	31	0.531 Km 10%	0.210 Km 2%	0.295 Km 12%	0.174 Km 3%	0.231 Km 13%	0.301 Km 7%	1	45	1	29	1	37	1	25	0	0	5	237	8.950
	Volquete 02		2	31	0.531 Km 10%	0.210 Km 2%	0.295 Km 12%	0.174 Km 3%	0.231 Km 13%	0.301 Km 7%	1	44	1	28	1	38	1	24	0	0	5	234	8.900
	Volquete 03		2	29	0.531 Km 10%	0.210 Km 2%	0.295 Km 12%	0.174 Km 3%	0.231 Km 13%	0.301 Km 7%	1	46	1	30	1	36	1	24	0	0	5	234	8.900
	Volquete 04		2	31	0.531 Km 10%	0.210 Km 2%	0.295 Km 12%	0.174 Km 3%	0.231 Km 13%	0.301 Km 7%	1	45	1	29	1	36	1	24	0	0	5	235	8.917
	Volquete 05		2	30	0.531 Km 10%	0.210 Km 2%	0.295 Km 12%	0.174 Km 3%	0.231 Km 13%	0.301 Km 7%	1	46	1	30	1	36	1	23	0	0	5	233	8.883
	Volquete 06		2	31	0.531 Km 10%	0.210 Km 2%	0.295 Km 12%	0.174 Km 3%	0.231 Km 13%	0.301 Km 7%	1	47	1	29	1	37	1	22	0	0	5	233	8.883
<b>Promedios MARZO</b>			<b>2</b>	<b>31</b>							<b>1</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>234</b>	<b>8.91</b>

Fuente: Elaboración propia

Transporte de Desmonte- Ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de marzo 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE DESMONTE (RECORRIDO SIN CARGA) MES DE MARZO 2016																						
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	CARGUIO		RECORRIDO SIN CARGA										DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL			
			Prom. Mes	Seg	PAD	TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Prom. Mes	Min.	Seg		Prom. Mes	Min.	Seg
						Distancia : 0.231 Km	Pendiente: 13%	Distancia : 0.174 Km	Pendiente: 3%	Distancia : 0.295 Km	Pendiente: 12%	Distancia : 0.210 Km	Pendiente: 2%	Distancia : 0.531 Km	Pendiente: 10%							
EXCAVADORA	Volquete 01		0	0	0	0	0	30	0	34	1	7	0	28	1	34	0	0	2	133	4.2167	
	Volquete 02		0	0	0	0	60	0	32	1	6	0	27	1	36	0	0	2	161	4.6833		
	Volquete 03		0	0	0	0	60	0	33	1	7	0	28	1	35	0	0	2	163	4.7167		
	Volquete 04		0	0	0	0	59	0	34	1	6	0	28	1	35	0	0	2	162	4.7000		
	Volquete 05		0	0	0	0	60	0	32	1	7	0	27	1	37	0	0	2	163	4.7167		
	Volquete 06		0	0	0	0	59	0	34	1	6	0	26	1	36	0	0	2	161	4.6833		
<b>Promedios MARZO</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>55</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>157</b>	<b>4.62</b>		

Fuente: Elaboración propia

Ciclo de transporte de desmonte (recorrido con carga) -mes de abril 2016

EQUIPO DE CARGUIO		Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	CARGUIO		RECORRIDO CON CARGA												DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL		
				Prom. Mes	Seg	TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD	Prom. Mes	Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg				
						Distancia : 0.531 Km Pendiente: - 10%	Distancia : 0.210 Km Pendiente: - 2%	Distancia : 0.295 Km Pendiente: - 12%	Distancia : 0.174 Km Pendiente: - 3%	Distancia : 0.231 Km Pendiente: - 13%	Distancia : 0.301 Km Pendiente: - 7%	Prom. Mes	Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg	Prom. Mes	Min.	Seg				
EXCAVADORA		Volquete 01		2	31	1	45	0	33	1	29	0	37	1	25	0	0	0	0	0	0	5	237	8.950
		Volquete 02		2	29	1	45	0	32	1	28	0	38	1	25	0	0	0	0	0	0	5	234	8.900
		Volquete 03		2	29	1	46	0	33	1	30	0	36	1	24	0	0	0	0	0	0	5	234	8.900
		Volquete 04		2	31	1	45	0	33	1	30	0	38	1	24	0	0	0	0	0	0	5	238	8.967
		Volquete 05		2	29	1	46	0	32	1	28	0	36	1	23	0	0	0	0	0	0	5	230	8.833
		Volquete 06		2	31	1	47	0	32	1	29	0	37	1	22	0	0	0	0	0	0	5	233	8.883
<b>Promedios ABRIL</b>				<b>2</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>234</b>	<b>8.91</b>	

Fuente: Elaboración propia

Transporte de Desmonte- Ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de abril 2016

CICLO DE TRANSPORTE DE DESMONTE (RECORRIDO SIN CARGA) MES DE ABRIL 2016																					
EQUIPO DE CARGUO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	CARGUO	RECORRIDO SIN CARGA										DESCARGA		TIEMPO TOTAL		TOTAL			
				PAD	TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Prom. Mes		Prom. Mes				
					Prom. Mes	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg		Min.	Seg	
EXCAVADORA	Volquete 01		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	162	4.7000
	Volquete 02		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	161	4.6833
	Volquete 03		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	159	4.6500
	Volquete 04		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	161	4.6833
	Volquete 05		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	161	4.6833
	Volquete 06		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	158	4.6333
<b>Promedios ABRIL</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>160</b>	<b>4.67</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Anexo H: Resumen general de velocidades por tramos para transporte de desmonte con carga y sin carga**

Velocidades por tramo para transporte de desmonte (recorrido con carga)-mes de enero 2016

RESUMEN GENERAL DE VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMONTES - MES DE ENERO 2016							
EQUIPO DE CARGUJO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO CARGADO				
			TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05
			Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.231 Km
			Pendiente: 10%	Pendiente: -2%	Pendiente: -12%	Pendiente: -3%	Pendiente: -13%
			Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01		17	23	12	18	11
	Volquete 02		19	22	12	16	10
	Volquete 03		18	22	11	16	10
	Volquete 04		18	24	13	17	10
	Volquete 05		19	23	12	17	10
	Volquete 06		17	24	12	18	9
<b>PROMEDIO</b>			<b>18.00</b>	<b>23.00</b>	<b>12.00</b>	<b>17.00</b>	<b>10.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo para transporte de desmonte (recorrido con carga)-mes de febrero 2016

RESUMEN GENERAL DE VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMONTES - MES DE FEBRERO 2016							
EQUIPO DE CARGUJO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO CARGADO				
			TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05
			Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.231 Km
			Pendiente: 10%	Pendiente: -2%	Pendiente: -12%	Pendiente: -3%	Pendiente: -13%
			Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01		17	23	12	18	11
	Volquete 02		19	22	12	16	10
	Volquete 03		17	22	12	17	9
	Volquete 04		18	22	13	17	10
	Volquete 05		19	23	12	17	10
	Volquete 06		17	24	12	18	9
<b>PROMEDIO</b>			<b>17.83</b>	<b>22.67</b>	<b>12.17</b>	<b>17.17</b>	<b>9.83</b>

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo para transporte de desmonte (recorrido con carga) - mes de marzo 2016

RESUMEN GENERAL DE VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMONTE - MES DE MARZO 2016							
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO CARGADO				
			TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05
			Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.231 Km
			Pendiente: 10%	Pendiente: -2%	Pendiente: -12%	Pendiente: -3%	Pendiente: -13%
Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)			
EXCAVADORA	Volquete 01		18	23	12	18	11
	Volquete 02		19	22	12	16	10
	Volquete 03		18	23	12	18	11
	Volquete 04		18	24	13	17	10
	Volquete 05		19	23	12	17	10
	Volquete 06		17	24	12	18	9
<b>PROMEDIO</b>			<b>18.17</b>	<b>23.17</b>	<b>12.17</b>	<b>17.33</b>	<b>10.17</b>

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo para transporte de desmonte (recorrido con carga) - mes de abril 2016

RESUMEN GENERAL DE VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMONTE - MES DE ABRIL 2016							
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO CARGADO				
			TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05
			Distancia : 0.531 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.231 Km
			Pendiente: 10%	Pendiente: -2%	Pendiente: -12%	Pendiente: -3%	Pendiente: -13%
Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)			
EXCAVADORA	Volquete 01		17	23	12	18	11
	Volquete 02		19	22	11	15	10
	Volquete 03		18	22	11	16	9
	Volquete 04		17	23	13	17	10
	Volquete 05		19	23	12	17	10
	Volquete 06		17	24	12	18	9
<b>PROMEDIO</b>			<b>17.83</b>	<b>22.83</b>	<b>11.83</b>	<b>16.83</b>	<b>9.83</b>

Fuente: Elaboración propia



Resumen general de velocidades por tramos para transporte de desmote - recorrido vacío

Velocidades por tramo para transporte de desmote (recorrido sin carga) - mes de enero 2016

RESUMEN GENERAL DE VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMOTE - MES DE ENERO 2016							
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO VACÍO				
			TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
			Distancia : 0.231 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.531 Km
			Pendiente: 13%	Pendiente: 3%	Pendiente: 12%	Pendiente: 2%	Pendiente: -10%
			Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01		14	19	16	28	21
	Volquete 02		15	20	17	28	20
	Volquete 03		14	18	16	29	19
	Volquete 04		13	20	16	26	20
	Volquete 05		14	19	15	28	20
	Volquete 06		14	18	16	29	20
<b>PROMEDIO</b>			<b>14.00</b>	<b>19.00</b>	<b>16.00</b>	<b>28.00</b>	<b>20.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo para transporte de desmote (recorrido sin carga) - mes de febrero 2016

RESUMEN GENERAL DE TIEMPOS POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMOTE - MES DE FEBRERO 2016							
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO VACÍO				
			TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
			Distancia : 0.231 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.531 Km
			Pendiente: 13%	Pendiente: 3%	Pendiente: 12%	Pendiente: 2%	Pendiente: -10%
			Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01		14	19	16	28	21
	Volquete 02		15	20	17	28	19
	Volquete 03		14	18	16	29	19
	Volquete 04		13	20	16	26	20
	Volquete 05		13	18	16	26	20
	Volquete 06		14	18	16	29	20
<b>PROMEDIO</b>			<b>13.83</b>	<b>18.83</b>	<b>16.17</b>	<b>27.67</b>	<b>19.83</b>

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo para transporte de desmote (recorrido sin carga) - mes de marzo 2016

RESUMEN GENERAL DE VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMORTE - MES DE MARZO 2016							
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO VACÍO				
			TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
			Distancia : 0.231 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.531 Km
			Pendiente: 13%	Pendiente: 3%	Pendiente: 12%	Pendiente: 2%	Pendiente: -10%
			Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01		14	19	16	28	21
	Volquete 02		16	21	17	28	20
	Volquete 03		14	18	18	29	19
	Volquete 04		13	20	16	27	21
	Volquete 05		14	19	15	28	20
	Volquete 06		14	18	16	29	20
<b>PROMEDIO</b>			<b>14.17</b>	<b>19.17</b>	<b>16.33</b>	<b>28.17</b>	<b>20.17</b>

Fuente: Elaboración propia

Velocidades por tramo para transporte de desmote (recorrido sin carga) - mes de abril 2016

RESUMEN GENERAL DE VELOCIDADES POR TRAMOS PARA TRANSPORTE DE DESMORTE - MES DE ABRIL 2016							
EQUIPO DE CARGUÍO	Equipo de Transporte	Número de viajes realizados por volquetes	RECORRIDO VACÍO				
			TRAMO 05	TRAMO 04	TRAMO 03	TRAMO 02	TRAMO 01
			Distancia : 0.231 Km	Distancia : 0.174 Km	Distancia : 0.295 Km	Distancia : 0.210 Km	Distancia : 0.531 Km
			Pendiente: 13%	Pendiente: 3%	Pendiente: 12%	Pendiente: 2%	Pendiente: -10%
			Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)	Velocidad (km/hora)
EXCAVADORA	Volquete 01		14	19	16	28	21
	Volquete 02		15	20	16	27	19
	Volquete 03		13	17	16	29	19
	Volquete 04		13	20	16	26	20
	Volquete 05		14	19	15	28	20
	Volquete 06		14	18	16	29	20
<b>PROMEDIO</b>			<b>13.83</b>	<b>18.83</b>	<b>15.83</b>	<b>27.83</b>	<b>19.83</b>

Fuente: Elaboración propia

Anexo I: Resumen de ciclos de transporte de mineral junio-septiembre 2016

RESUMEN DE CICLOS DE TRANSPORTE DE MINERAL DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE ESTÁNDARES DE DISEÑO DE VÍAS									
TOTAL TIEMPO DE TRANSPORTE (min)									
EQUIPO DE CARGUÍO	EQUIPO DE TRANSPORTE	Jun-16	Jul-16	Ago-16	Sep-16	Variación Jun-Jul	Variación Jul-Ago.	Variación Ago-Sep	
EXCAVADORA	Volquete 01	19.95	19.95	20.03	19.98	0.00	-0.08	0.05	
	Volquete 02	19.98	19.93	19.93	19.92	0.05	0.00	0.02	
	Volquete 03	19.98	19.98	19.98	20.00	0.00	0.00	-0.02	
	Volquete 04	19.92	19.95	19.97	19.97	-0.03	-0.02	0.00	
	Volquete 05	19.95	19.93	19.92	19.98	0.02	0.02	-0.07	
	Volquete 06	19.98	19.95	19.97	19.98	0.03	-0.02	-0.02	
	Volquete 07	19.92	19.90	19.97	19.95	0.02	-0.07	0.02	
	Volquete 08	19.98	19.98	20.05	19.98	0.00	-0.07	0.07	
<b>PROMEDIO POR MES</b>		<b>19.96</b>	<b>19.95</b>	<b>19.98</b>	<b>19.97</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.01</b>	
<b>MEDIA FINAL DE CICLOS DE TRANSPORTE - FASE DE PREPRUEBA</b>									
<b>MEDIA FINAL DE VARIACIONES EN CICLOS DE TRANSPORTE - FASE DE PREPRUEBA</b>									
									<b>19.96</b>
									<b>0.00</b>

Fuente: Elaboración propia



Transporte de mineral-Resumen de ciclo de transporte sin carga, por tramos- mes de junio 2016

TRANSPORTE DE MINERAL: CICLO DE TRANSPORTE SIN CARGA (RETORNO) POR TRAMOS - MES DE JUNIO 2016																							
EQUIPO DE CARGUO	Equipo de Transporte	RECORRIDO SIN CARGA										Maniobra de Cuadrado		TIEMPO TOTAL		TOTAL							
		NÚMERO DE VALRES	PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Min.		Seg	Min.	Seg				
			Distancia : 0.312 Km	Pendiente: 7%	Min.	Seg	Distancia : 0.515 Km	Pendiente: 6%	Min.	Seg	Distancia : 0.686 Km	Pendiente: 11%	Min.	Seg						Distancia : 0.910 Km	Pendiente: 5%	Min.	Seg
EXCAVADORA	Volquete 01	169	0	47	1	5	1	1	47	1	33	1	1	6	1	27	0	39	5	204	8.4		
	Volquete 02	170	0	48	1	3	1	48	1	34	1	1	7	1	26	0	36	5	202	8.37			
	Volquete 03	171	0	47	1	5	1	47	1	35	1	1	7	1	26	0	37	5	204	8.4			
	Volquete 04	168	0	45	1	5	1	48	1	33	1	1	6	1	27	0	39	5	203	8.38			
	Volquete 05	174	0	49	1	4	1	47	1	34	1	1	6	1	28	0	39	5	207	8.45			
	Volquete 06	169	0	46	1	3	1	48	1	34	1	1	7	1	27	0	39	5	204	8.4			
	Volquete 07	172	0	47	1	4	1	46	1	33	1	1	6	1	26	0	39	5	201	8.35			
	Volquete 08	170	0	46	1	4	1	47	1	33	1	1	7	1	27	0	38	5	202	8.37			
<b>Promedios Junio</b>				<b>46.87</b>	<b>1</b>	<b>4.12</b>	<b>1</b>	<b>47.25</b>	<b>1</b>	<b>33.62</b>	<b>1</b>	<b>6.5</b>	<b>1</b>	<b>26.27</b>	<b>0</b>	<b>38.3</b>	<b>5</b>	<b>203.75</b>	<b>8.39</b>				

Fuente: Elaboración propia

Transporte de mineral-Resumen de ciclo de transporte con carga, por tramos - mes de julio 2016

TRANSPORTE DE MINERAL: CICLO DE TRANSPORTE CON CARGA POR TRAMOS - MES DE JULIO 2016																								
EQUIPO DE CARGUIO	Equipo de Transporte	N° DE VIAJES	CARGUIO		RECORRIDO CON CARGA								DESCARGA		OTRAS DEMORAS		TIEMPO TOTAL		TOTAL					
			Min.	Seg.	TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD	Min.	Seg.	Min.	Seg.	Min.	Seg.	Min.	Seg.						
EXCAVADORA	Volquete 01	174	2	29	Distancia : 0.531 Km Pendiente: 10%	Distancia : 0.706 Km Pendiente: -2%	Distancia : 0.910 Km Pendiente: -5%	Distancia : 0.686 Km Pendiente: -11%	Distancia : 0.539 Km Pendiente: -6%	Distancia : 0.301 Km Pendiente: 7%	1	1	1	2	1	1	0	36	0	0	8	218	11.633	
	Volquete 02	173	2	30	1	1	1	2	1	1	35	4	33	2	1	0	0	37	0	0	8	213	11.550	
	Volquete 03	171	2	31	1	1	1	2	1	1	36	3	35	2	1	0	0	36	0	0	8	219	11.650	
	Volquete 04	172	2	28	1	1	1	2	1	1	37	4	34	2	1	0	0	36	0	0	8	215	11.583	
	Volquete 05	171	2	30	1	1	1	2	1	1	35	4	34	2	1	0	0	35	0	0	8	212	11.533	
	Volquete 06	173	2	33	1	1	1	2	1	1	36	3	33	2	1	0	0	35	0	0	8	215	11.583	
	Volquete 07	172	2	29	1	1	1	2	1	1	36	3	35	2	1	0	0	37	0	0	8	215	11.583	
	Volquete 08	173	2	30	1	1	1	2	1	1	36	4	34	2	1	0	0	39	0	0	8	220	11.667	
<b>Promedios Julio</b>			2	28.75	1	1	1	2	1	1	36	3.75	34	2	10	1	12	0	36.37	0	0	8	214.61	11.600

Fuente: Elaboración propia

Transporte de mineral - Resumen de ciclo de transporte sin carga, por tramos - mes de julio 2016

TRANSPORTE DE MINERAL: CICLO DE TRANSPORTE SIN CARGA (RETORNO) POR TRAMOS - MES DE JULIO 2016																							
EQUIPO DE CARGUO	Equipo de Transporte	NÚMERO DE VAJES	RECORRIDO SIN CARGA										Maniobra de Cuadrado		TIEMPO TOTAL		TOTAL						
			PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Min.	Seg		Min.	Seg				
			Distancia : 0.312 Km	Pendiente: 7%	Distancia : 0.515 Km	Pendiente: 6%	Distancia : 0.686 Km	Pendiente: 11%	Distancia : 0.910 Km	Pendiente: 5%	Distancia : 0.706 Km	Pendiente: 2%	Distancia : 0.531 Km	Pendiente: -10%						Min.	Seg		
EXCAVADORA	Volquete 01	173	0	46	1	4	1	1	46	1	1	1	33	1	1	6	1	25	0	39	5	199	8.32
	Volquete 02	172	0	47		3	1	48	1	1	1	34	1	1	7	1	26	0	38	5	203	8.38	
	Volquete 03	173	0	47	1	5	1	46	1	1	1	34	1	1	6	1	25	0	37	5	200	8.33	
	Volquete 04	173	0	45	1	5	1	48	1	1	1	33	1	1	6	1	27	0	38	5	202	8.37	
	Volquete 05	172	0	48	1	4	1	47	1	1	1	34	1	1	6	1	26	0	39	5	204	8.40	
	Volquete 06	172	0	46	1	3	1	48	1	1	1	34	1	1	7	1	25	0	39	5	202	8.37	
	Volquete 07	172	0	47	1	4	1	46	1	1	1	33	1	1	5	1	25	0	39	5	199	8.32	
	Volquete 08	172	0	45	1	4	1	45	1	1	1	33	1	1	7	1	27	0	38	5	199	8.32	
<b>Promedios Julio</b>		<b>0</b>	<b>46.37</b>	<b>1</b>	<b>4.05</b>	<b>1</b>	<b>47.65</b>	<b>1</b>	<b>33.49</b>	<b>1</b>	<b>6.25</b>	<b>1</b>	<b>25.75</b>	<b>0</b>	<b>38.35</b>	<b>5</b>	<b>201.42</b>	<b>8.35</b>					

Fuente: Elaboración propia





Transporte de mineral-Resumen de ciclo de transporte sin carga, por tramos- mes de agosto 2016

TRANSPORTE DE MINERAL: CICLO DE TRANSPORTE SIN CARGA (RETORNO) POR TRAMOS - MES DE AGOSTO 2016																							
EQUIPO DE CARGUO	Equipo de Transporte	NÚMERO DE VIAJES	RECORRIDO SIN CARGA												Mantobra de Cuadrado		TIEMPO TOTAL		TOTAL				
			PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Min.	Seg	Min.	Seg					
		N°	Distancia : 0.312 Km Pendiente: 7%	Min.	Seg	Distancia : 0.515 Km Pendiente: 6%	Min.	Seg	Distancia : 0.686 Km Pendiente: 11%	Min.	Seg	Distancia : 0.910 Km Pendiente: 5%	Min.	Seg	Distancia : 0.706 Km Pendiente: 2%	Min.	Seg	Distancia : 0.531 Km Pendiente: -10%	Min.	Seg			
EXCAVADORA	Volquete 01	165	0	46	1	4	1	48	1	1	1	1	35	1	7	1	1	28	0	38	5	206	8.43
	Volquete 02	166	0	47	1	3	1	47	1	1	1	34	1	6	1	1	1	26	0	36	5	199	8.32
	Volquete 03	165	0	47	1	4	1	47	1	1	1	35	1	7	1	1	1	26	0	37	5	203	8.38
	Volquete 04	164	0	46	1	5	1	48	1	1	1	34	1	6	1	1	1	27	0	39	5	205	8.42
	Volquete 05	167	0	49	1	4	1	47	1	1	1	34	1	6	1	1	1	26	0	40	5	206	8.43
	Volquete 06	165	0	46	1	3	1	48	1	1	1	34	1	7	1	1	1	27	0	39	5	204	8.4
	Volquete 07	164	0	47	1	4	1	48	1	1	1	34	1	6	1	1	1	26	0	39	5	204	8.4
	Volquete 08	165	0	48	1	4	1	46	1	1	1	33	1	7	1	1	1	27	0	37	5	202	8.37
<b>Promedios Agosto</b>		<b>0</b>	<b>47.05</b>	<b>1</b>	<b>3.95</b>	<b>1</b>	<b>47.36</b>	<b>1</b>	<b>34.12</b>	<b>1</b>	<b>6.6</b>	<b>1</b>	<b>26.52</b>	<b>0</b>	<b>38.12</b>	<b>5</b>	<b>203.6</b>	<b>8.4</b>					

Fuente: Elaboración propia

Transporte de mineral - Resumen de ciclo de transporte con carga, por tramos- mes de septiembre 2016

EQUIPO DE CARGUJO		Equipo de Transporte	N° DE VIAJES	CARGUJO		RECORRIDO CARGADO												DESCARGA		OTRAS DEMORAS		TIEMPO TOTAL		TOTAL
				Min.	Seg.	TRAMO 01	TRAMO 02	TRAMO 03	TRAMO 04	TRAMO 05	PAD		Min.	Seg.	Min.	Seg.	Min.	Seg.	Min.	Seg.				
EXCAVADORA	Volquete 01	171	2	30	1	38	1	4	1	34	2	10	1	10	0	55	0	36	0	0	8	217	11.617	
	Volquete 02	172	2	29	1	36	1	3	1	34	2	11	1	12	0	54	0	35	0	0	8	214	11.567	
	Volquete 03	170	2	30	1	35	1	4	1	35	2	11	1	12	0	53	0	36	0	0	8	216	11.600	
	Volquete 04	173	2	28	1	36	1	3	1	34	2	12	1	12	0	54	0	36	0	0	8	215	11.583	
	Volquete 05	171	2	30	1	36	1	4	1	33	2	9	1	11	0	54	0	35	0	0	8	212	11.533	
	Volquete 06	171	2	33	1	35	1	3	1	33	2	10	1	12	0	53	0	35	0	0	8	214	11.567	
	Volquete 07	172	2	30	1	36	1	4	1	34	2	9	1	13	0	54	0	37	0	0	8	217	11.617	
	Volquete 08	171	2	30	1	36	1	3	1	34	2	10	1	12	0	54	0	38	0	0	8	217	11.617	
<b>Promedios Septiembre</b>			<b>2</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>35.89</b>	<b>1</b>	<b>3.5</b>	<b>1</b>	<b>33.87</b>	<b>2</b>	<b>10.25</b>	<b>1</b>	<b>11.75</b>	<b>0</b>	<b>53.87</b>	<b>0</b>	<b>36.12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>215.25</b>	<b>11.590</b>	

Fuente: Elaboración propia

Transporte de mineral-Resumen de ciclo de transporte sin carga, por tramos- mes de septiembre 2016

EQUIPO DE CARGUO		Equipo de Transporte		TRANSPORTE DE MINERAL: CICLO DE TRANSPORTE SIN CARGA (RETORNO) POR TRAMOS - MES DE SEPTIEMBRE 2016																	
				RECORRIDO																	
EQUIPO DE CARGUO	Equipo de Transporte	N°	PAD		TRAMO 05		TRAMO 04		TRAMO 03		TRAMO 02		TRAMO 01		Maniobra de Cuadrado		OTRAS DEMORAS		TIEMPO TOTAL		TOTAL
			Distancia : 0.312 Km	Pendiente: 7%	Distancia : 0.515 Km	Pendiente: 6%	Distancia : 0.686 Km	Pendiente: 11%	Distancia : 0.910 Km	Pendiente: 5%	Distancia : 0.706 Km	Pendiente: 2%	Distancia : 0.531 Km	Pendiente: -10%	Min.	Seg	Min.	Seg	Min.	Seg	
EXCAVADORA	Volquete 01	169	0	47	1	5	1	47	1	33	1	6	1	26	0	38	0	0	5	202	8.37
	Volquete 02	170	0	48	1	3	1	48	1	34	1	7	1	26	0	35	0	0	5	201	8.35
	Volquete 03	171	0	46	1	5	1	47	1	35	1	7	1	26	0	37	0	0	5	203	8.38
	Volquete 04	170	0	45	1	5	1	48	1	33	1	6	1	27	0	39	0	0	5	203	8.38
	Volquete 05	169	0	49	1	4	1	47	1	34	1	6	1	26	0	39	0	0	5	205	8.42
	Volquete 06	170	0	46	1	3	1	48	1	34	1	7	1	27	0	39	0	0	5	204	8.40
	Volquete 07	171	0	47	1	4	1	46	1	33	1	6	1	26	0	39	0	0	5	201	8.35
	Volquete 08	170	0	46	1	4	1	47	1	33	1	7	1	27	0	38	0	0	5	202	8.37
<b>Promedios Septiembre</b>		<b>0</b>	<b>46.75</b>	<b>1</b>	<b>4.13</b>	<b>1</b>	<b>47.21</b>	<b>1</b>	<b>33.64</b>	<b>1</b>	<b>6.6</b>	<b>1</b>	<b>26.37</b>	<b>0</b>	<b>38.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>203.62</b>	<b>8.38</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Anexo K: MIRL - DR - 01 - Plano de estándar de diseño de vías**