

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



**ANALISIS DE OPTIMIZACION Y COSTOS DE TRANSPORTE CONVENCIONAL Y  
MECANIZADO EN MINERIA SUBTERRÁNEA**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. FREDY MIRANDA COLCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO, PERÚ**

**2019**

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



ANALISIS DE OPTIMIZACION Y COSTOS DE TRANSPORTE CONVENCIONAL Y  
MECANIZADO EN MINERIA SUBTERRÁNEA

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:**

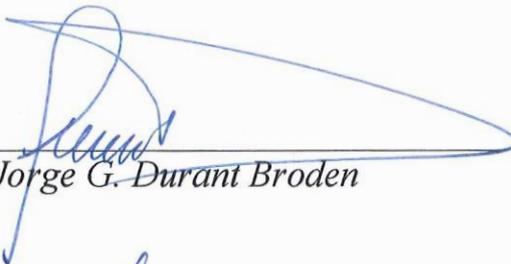
**Bach. FREDY MIRANDA COLCA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE MINAS**

*APROBADO POR:*

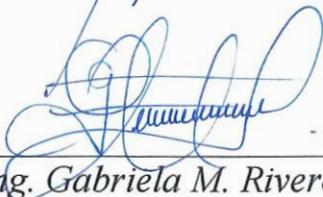
*PRESIDENTE*

:   
*Dr. Jorge G. Durant Broden*

*PRIMER MIEMBRO*

:   
*M. Sc. Americo Arizaca Avalos*

*SEGUNDO MIEMBRO*

:   
*Ing. Gabriela M. Riveros Mendoza*

**TEMA:** Análisis de costos mineros y comercialización de minerales.

**AREA:** Ingeniería de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 29 de octubre del 2019

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo de suficiencia profesional primeramente a Dios. A mis queridos padres Gregorio Miranda Cabana y Guillermina Colca Huaranca quienes me dieron la vida, educación e hicieron lo posible de Alguna u otra manera apoyándome incondicionalmente en todo momento, y a mis hermanos Jose, Juan, Lisbeth, Delia fuente de ternura e inspiración, a mi novia Luz M. Coapaza Coapaza quien me apoyo y aconsejo incondicionalmente. Este trabajo fue realizado con mucho cariño, esfuerzo y dedicación.*

***Miranda Colca Fredy***

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios por acompañarme, guiarme y dame fuerzas en todo momento para no ceder ante las dificultades presentadas en el trayecto de mi formación profesional.

A mis queridos padres y hermanos, por brindarme su apoyo incondicional, quienes desde mi hogar me motivan para poder superarme constantemente en mi formación profesional.

Mi reconocimiento y agradecimiento a la Universidad Nacional Del Altiplano de Puno, a la carrera Profesional de Ingeniería De Minas, a los profesores que hicieron posible impartir sus conocimientos durante los años de estudios en dicha casa superior y a todas aquellas personas y amigos que de una u otra manera han contribuido con mi persona para lograr mis sueños anhelados.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICES DE ACRÓNIMOS

1. RESUMEN .....	9
2. INTRODUCCIÓN .....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	12
5. CONCLUSIONES .....	17
6. LITERATURA CITADA.....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del sistema principal .....	13
Figura 2. Componentes del sistema secundario .....	13

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad de arrastre .....	13
Tabla 2. Tramo recorrido con locomotora .....	13
Tabla 3. Rendimiento locomotora a trolley.....	13
Tabla 4. Costo unitario de transporte con locomotora .....	14
Tabla 5. Tramo de recorrido con volquete .....	14
Tabla 6. Estándar de velocidad de volquete Km/h.....	15
Tabla 7. Resumen tiempo acarreo volquetes.....	15

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

TM	Toneladas métricas
UTM	Sistema de coordenadas universal
CX	Crucero
TMD	Toneladas métricas diarias
M.S.N.M	Metros sobre el nivel del mar
G-140	Carro minero tipo gamby
GD	Guardia
MIN	Minutos
GLNS	Galones
HR	Hora
TC	Toneladas cortas
M	Metro

# **Analisis de optimizacion y costos de transporte convencional y mecanizado en mineria subterranea**

## **Analysis of optimization and costs of conventional and mechanized transport in underground mining**

Facultad de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional del Altiplano, (051) 599430 Av. Floral  
N° 1153 Puno, Perú.

Fredy Miranda Colca

<https://orcid.org/0000-0002-1718-7014>

fredcolca@gmail.com, (051)957134434.

### **1. RESUMEN**

En este artículo de investigación se presenta el análisis de optimización y costos de transporte convencional y mecanizado en minería subterránea empleando previos cálculos con el fin de tomar decisiones correctas. El lugar de donde se investigó fue en el departamento de Ancash, provincia de Huari, distrito San Marcos es donde se encuentra la mina Contonga que se hace la explotación en subterránea, que realizo dicha investigación en el mes de Octubre del 2018. El objetivo es reducción de costos mediante el cambio de sistema según los cálculos que se obtenga.

El problema es que los costos se están elevando a medida que la distancia sea más. En materiales y métodos se tomó los datos de tiempo de movimientos a partir de un modelo económico, en metodología propuesta de acuerdo a los propósitos del artículo de investigación y teniendo en cuenta la aplicación de los conocimientos para la solución del planteado, se adoptará la “Investigación Aplicada” nivel descriptivo ya que en este método se aplicara cálculos como costos de adquisición, de propiedad y operación para nuestro transporte con volquete y para la locomotora también se harán los previos cálculos. En los resultados obtenidos se analizó y previamente se comparó los resultados de ambos sistemas de transporte según los cálculos que se dio. En conclusión para la optimización de costos de transporte se dio por elegir el sistema mecanizado con volquetes de 25 TM ya que fue el más eficiente.

#### **PALABRAS CLAVES:**

Optimización, costos, transporte convencional, transporte mecanizado, minería subterránea.

#### **ABSTRACT**

This research paper presents the optimization and cost analysis of conventional and mechanized transport in underground mining using previous calculations in order to make correct decisions. The place where it was investigated was in the department of Ancash, province of Huari, San Marcos district is where the Contonga mine is located, which is done underground operation, which conducted such research on the date of October 2018. The objective is improve transport in the Contonga Mine based on the analysis of transport systems with locomotives and dump trucks and thus optimizing the costs, given this choice of transport systems that currently exist and factors that positively or negatively affect the transport operation . In materials and methods, the movement time data was taken from an economic model, in methodology according to the purposes of the research article and taking into account the application of knowledge for the solution of the proposed one, the “Research Applied”descriptive level. In the results obtained, the results of both transport systems were previously analyzed and compared according to the

calculations given. In conclusion for the optimization of transport costs, the mechanized system with dump trucks of 25 MT was chosen because it was the most efficient.

**KEYWORDS:**

Optimization, costs, conventional transport, mechanized transport, underground mining.

---

## 2. INTRODUCCIÓN

El presente artículo de investigación se realizó con la finalidad de mejorar el transporte en base al análisis de los sistemas que se tiene en el ámbito de la minería subterránea, que actualmente existen y cómo podemos apreciar que hay factores que afectan positivamente y negativamente en la operación de transporte, dado esto en este artículo optimizaremos los costos de transporte como lo que es en la minería mecanizada y convencional y así llegar a un acuerdo de teoría de costos en transporte y como la mayoría de los casos se analizará y evaluara seguidamente, el costo unitario de transporte con volquetes y el costo unitario de transporte con locomotoras en la mina Contonga del departamento de Ancash, provincia de Huari, distrito San Marcos (Sauñe-Carhuas, 2018).

Mendoza-Rocca, (2018) indica que *“las empresas especializadas en transporte de mineral buscan saber con exactitud los parámetros operacionales correctos para no comprometer su economía, en estos parámetros se debe considerar las demoras por tráfico, por cola, y otros. Y con estos establecer precios unitarios acordes a la actividad realizada teniendo en cuenta la distancia del punto de carguío y el punto de descarga”*

En base a esta investigación en la mina NYRSTAR-Contonga, actualmente el transporte subterráneo se encuentra en declive por la profundización de las labores y la extracción es cada vez de mayor distancia y de bajo rendimiento y de alto costo el tiempo de recorrido entre el nivel -310, Nivel 0 y Nivel 240 hasta la planta concentradora que se encuentra en nivel 0 en la superficie, es la que afecta negativamente es por ello que se analizará los métodos menos costosos para nuestro caso y se notara cual es lo conveniente en minería convencional y mecanizada (Sauñe-Carhuas, 2018).

Alvarez-Huanca, (2014) menciona que la problemática de la investigación es *“La extracción de la materia prima que será utilizada para beneficio económico de la empresa. Es en ese sentido que todos los procesos del ciclo del minado, se interrelacionan de manera conjunta para lograr tal fin en común. Una de las etapas de mayor importancia del proceso del minado, involucra el transporte o acarreo de material roto, producto de la perforación y voladura, ya que de ello depende la producción y avance de cualquier empresa minera. Es por ello que esta debe de ejecutarse de la manera más eficiente y eficaz posible para poder cumplir con los programas de producción establecidos por la organización.”*

El Transporte de mineral o como también del desmonte tiene un sentido de relación con longitud o distancias de recorrido en interior mina como también en lo superficial que se lleva a los botaderos de dicha mina ya mencionada por lo tanto en efecto se comprende por transporte el recorrido que hacen todos los equipos ya sea en una minería convencional o mecanizada llevando en su cuchara y/o tolva el mineral disparado desde el frente de los tajeos a lugares donde convergen la producción. Esto considera dos tipos de distancias: distancias cortas y distancias largas. Se entiende por distancias cortas aquellas en que la longitud del recorrido está en el intervalo de 200 metros, y distancias largas son las que están más allá de este intervalo (Condori-Cupi, 1991)

Echeverria-Lucano, (2019) nos indica que *“la industria minera la planificación sustenta la renta posible de capturar a través de la explotación de un recurso natural, según los lineamientos de cada empresa. Las directrices de una operación de extracción deben ser eficaces y eficientes en la utilización de los recursos con los que se cuenta, de modo de cumplir con los requerimientos de producción y así capturar la renta objetivo. El análisis diagnóstica las deficiencias en la utilización de los sistemas de despacho”*.

Sauñe-Carhuas, (2018) Señala que el antecedente sería *“el transporte es otra operación complementaria del minado subterráneo para lo cual se conoce varios sistemas como el transporte con locomotoras y*

*carros mineros, volquetes o camiones y fajas transportadoras cada cual tiene sus características y rendimientos propias. En la mina Contonga se viene aplicando el método de transporte tanto con locomotoras y volquetes cuyo rendimiento es bajo y el costo alto debido a la distancia de recorrido”*

De acuerdo al tema que estamos investigando, conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos para el transporte que se va dar en dicha mina entonces a un mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad de tiempo, así como en Compañía Minera Condestable, este método puede ser aplicado en otras empresas mineras con similares problemas. Carguío y acarreo constituyen los componentes más gravitantes en el costo de minado de una operación minera (Quispe-Mamani, 2017).

La hipótesis de este artículo científico es el análisis de optimización de costos de transporte convencional (locomotoras) y transporte mecanizado (volquetes) que a todo esto influye en la producción y costos de producción del mineral extraído de dicha unidad minera. Por lo cual haciendo este análisis se podrá escoger el sistema de transporte subterráneo más conveniente para la empresa (Sauñe-Carhuas, 2018)

El objetivo principal sería reducción de costos mediante el sistema de transporte de locomotoras o volquetes cual mejor será el resultado para escoger dicho sistema de transporte y también determinar la mejora en

el sistema de transporte utilizando volquetes por locomotoras (Sauñe-Carhuas, 2018).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### ➤ El lugar donde se realiza la investigación y la georreferencia:

Tenemos las instalaciones industriales de la Mina Contonga, como son los campamentos, planta concentradora, depósito de relaves y depósito de desmonte se ubican en el departamento de Ancash, provincia de Huari, distrito San Marcos, paraje de la Quebrada Tucush, Pajoscocha y Contonga. La Mina Contonga está enmarcado dentro de las coordenadas geográficas: 9°29'26" Latitud Sur, 77°04'03" Longitud Oeste y altitudes entre 4,000 a 4,600 m.s.n.m. Las coordenadas UTM aproximadas son: 8'950,200 N y 273,000 E. (Sauñe-Carhuas, 2018).

El desarrollo de la presente investigación teórica se basa en el conocimiento de:

- Datos de tiempos movimiento y rendimiento de equipos de transporte, disponibilidad.
- Producción de ambos sistemas de transporte convencional y mecanizado.
- Las variables tomadas en cuenta para el cálculo.

El principio básico de la investigación es que la optimización de costos de transporte es posible realizarla a partir de una modelación económica que considere sus parámetros.

Dado esto podremos llegar a los resultados que se quiere en optimización de costos.

La metodología de acuerdo a los propósitos del artículo de investigación y teniendo en

cuenta la aplicación de los conocimientos para la solución del planteado, se adoptará la "Investigación Aplicada" nivel descriptivo mediante las siguientes tareas:

1. Sistema convencional de transporte con locomotoras y carros mineros

- Esquema del sistema actual de transporte con locomotoras.

- Componentes del sistema

- Rendimiento del sistema

- Costo unitario de transporte con locomotoras

2. Sistema mecanizado de transporte mediante volquetes

- Esquema del sistema actual de transporte con volquetes

- Rendimiento del sistema

- Costo unitario de transporte con volquetes

Baldeon-Quispe, (2011) se dirige hacia *"la productividad es la capacidad de producir más con menos recursos. Esto redundará en un costo bajo mediante la cantidad adecuada de equipos ya sea de carguío como de transporte que permita presupuestos menores"*

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Sistema de transporte con locomotoras y carros mineros.

En la actualidad se viene realizando el transporte subterráneo de mineral por el crucero CX-2006 que tiene una longitud de 1,685 m., sección de 2.50 x 2.50 m. y gradiente de 5/1000 Las variables tomadas en cuenta para el análisis según el objetivo que se

tiene que es la reducción de costos se darán con los cálculos que fueron los siguientes:

Producción diaria de mineral a cargar en el nivel 0 = 1,200 TMD

Producción por guardia: 600 TM

Tipo de carro: G-140

Capacidad carro: 3 m<sup>3</sup>

Nº de carros: 8

7 horas/ guardia de operación efectiva.

Un rendimiento promedio de 48 TM/H.

Capacidad de locomotora: 6 TC

Distancia: 1, 685 m.

Tabla 1. Capacidad de arrastre

Locomotora	Horizontal capacidad arrastre	1%Gradiente capacidad de arrastre
4	70	29
5	84	39
6	100	48
7	117	58
8	133	67
10	167	77
13	216	96
15	250	126

Fuente: Google, Wikipedia.

#### 4.1.1 Esquema del sistema actual de transporte con locomotoras.

Tabla 2. Tramo recorrido con locomotora

Nivel	Tramo de recorrido	Distancia metros
0	Galeria 590 W	400
0	Crucero XC-2006	1225
0	Boca mina-cancha superficie	60
Total =		1685

Fuente: Sauñe-Carhuas, (2018)

#### 4.1.2 Componentes del sistema

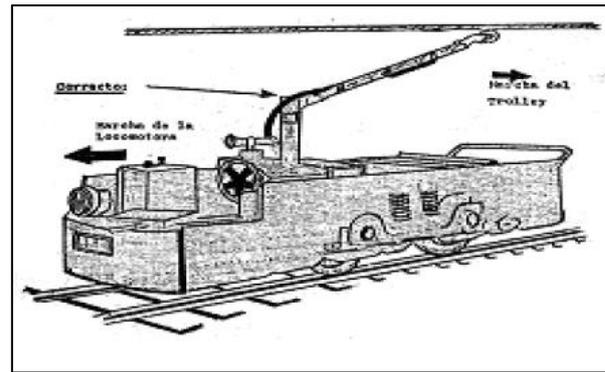


Figura 1. Componentes del sistema principal

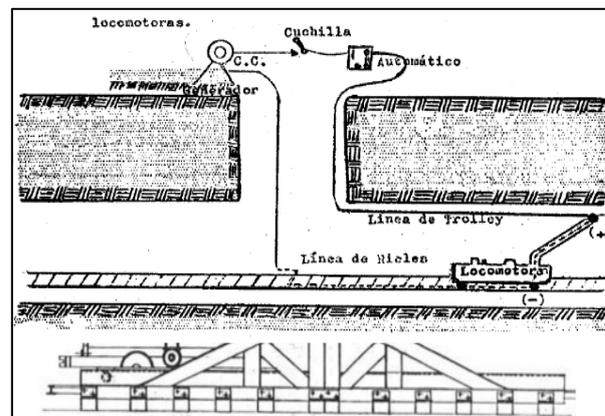


Figura 2. Componentes del sistema secundario

#### 4.1.3 Rendimiento del sistema

Tabla 3. Rendimiento locomotora a trolley

Descripción	Nivel 0
Producción TM/gd.	300
Peso específico (gr/cm <sup>2</sup> )	2.20
G-140 (peso mineral) TM	6.60
G-140 (peso carro) TM	3.80
Peso total, TM	10.4
Horas de operación	6.00
Ciclo (horas)	1.00
Distancia (m)	1,685
Velocidad ( Km/h)	8.00
Nº de viajes	7.00
Ton. Por viaje	52.80
Nº de carros G-140	8.00
Peso de arrastre por viaje, TM	83.20
Capacidad locomotora, TM	6.00

Fuente: Sauñe-Carhuas, (2018)

#### 4.1.4 Costo unitario de transporte con locomotoras

Costo unitario de transporte con locomotora trolley de 6 t.

Rendimiento: 1 viaje /hora

Tabla 4. Costo unitario de transporte con locomotora

Descripción del insumo	Cantidad	Precio S/.	Costo P. S/.	Costo Tot.
<b>Mano de obra:</b>				
Operador	1.00	5.20	5.20	
Ayudante operador	1.00	4.70	4.70	
Capataz	0.50	8.00	4.00	
Bodeguero	0.50	4.70	2.35	
Leyes sociales (60%)			16.25	32.50
<b>Energía:</b>				
Energía eléctrica	17.00	0.92	15.64	15.64
<b>Implementos</b>				
Herramientas				
Implementos de seguridad	0.08	6.09	2.60	
Herramientas manuales	0.05	6.09	1.63	4.23
<b>Equipos:</b>				
Locomotora de 6 ton.	1.00	25.00	25.00	
Carros mineros de 3m3	8.00	7.00	56.00	81.00
<b>Subtotal:</b>				133.37
Gastos generales 30%				40.01
Utilidad 10 %				13.34
Costo total US \$				186.71
Rendimiento TM/viaje				52.80
Costo \$/TM				3.54
Distancia de transporte km				1.68
Costo \$/km				111.14

Fuente: (Sauñe-Carhuas, 2018)

#### 4.2 Sistema de transporte mediante volquetes.

##### 4.2.1 Esquema del sistema actual de transporte con volquetes.

El transporte con volquetes se realiza desde el nivel -300 a través de la rampa helicoidal de 4.00 m x 4.00 m. de sección y 12% de gradiente en promedio, subiendo hasta el nivel +240, siguiendo por la galería hasta superficie. De aquí continúa el volquete por superficie, pasando por la cancha de relaves y campamentos hasta llegar a la cancha planta donde finalmente descarga el mineral transportado, demorando 01 hora.

Tabla 5. Tramo de recorrido con volquete

Nivel	Tramo de recorrido	Distancia metros
-300 a 0	Rampa 4x4 de 12%	2,500
0 a 240	Rampa 4x4 de 12%	2,000
240 a superficie	Galería 590E, 4x4 m.	400
Bocamina a P. Conc.	Superficie	2,600
	total	7,500

Fuente: Sauñe-Carhuas, (2018)

##### 4.2.2 Rendimiento del sistema.

En todo podemos decir que la producción teórica; está definida como el volumen o peso producido por la unidad de operación:  
Producción teórica (TM/hr) = Q/ciclo x Ciclo/hr.

Q: Capacidad nominal equipo (TM)

Ciclo: tiempo de ciclo de acarreo (min).

Ciclo de transporte = Tiempos variables + tiempos Fijos x % Eficiencia.

Tv = acarreo con carga, tiempo de retorno: varía de acuerdo con la distancia y condiciones de vía

Tf = Tiempo de giro, posicionamiento de carga y descarga + otros tiempos de demora (pesada balanza con carga y sin carga).

Tabla 6. Estándar de velocidad de volquete Km/h.

Ruta de recorrido	Cargado	Vacío
Interior mina (G=12%)	10	15
Superficie (G=0%)	15	25

Fuente: Sauñe-Carhuas, (2018)

Tiempos de demora (Tb):

Pesado de balanza (min.) = 2.00

Destare balanza (min.) = 1.50 Total (min.) = 3.50

Tabla 7. Resumen tiempo acarreo volquetes

Tiempos	Minutos
Tiempo de acarreo (Ta)	30
Tiempo de retorno (Tr)	18
Tiempo de giro (Tg)	1
Tiempo de descarga (Td)	1
Tiempo de carga (Tc)	2.5
Tiempo de demoras (Td)	3.5
Total	56

Fuente: Sauñe-Carhuas, (2018)

Tiempos variables (Tv) = Ta +Tr = 30 + 18 = 48 minutos

Tiempos fijos = Tg + Tc + Td + Tb

Tf = 1 + 2.5 + 1 + 3.5 = 8 minutos Producción

### Producción teórica de volquete:

Capacidad nominal volquete = 25 TM Ciclo total = 60 minutos.

Nº de ciclos/hr = 60/Tiempo ciclo total = 60/56 = 1.07 ciclo/hr

Prod. Máx.acarreo, TM/hr =  $60x \frac{(e \times Q)}{TK}$

Dónde:

e = eficiencia de trabajo (retazos variables en %) = 85 %

Q = capacidad nominal volquete (Q) = 25 TM

TK = tiempo total ciclo, minutos = 56 min.

Prod. Máxima acarreo TM/hr =

$$60x \frac{(0.85 \times 25)}{56} = 22.76$$

### Nº de volquetes:

Producción diaria mineral zona baja = 300 TM/gd.

Producción diaria máxima volquetes = 22.76

TM x 8 horas = 182.08 TM

$$N^\circ \text{ de volquetes} = \frac{(300 \text{ TM})}{182 \text{ TM}} = 1.64 = 2$$

volquetes

### 4.2.3 Costo unitario de transporte con volquetes

Cálculo del Costo horario de propiedad y operación del volquete:

#### a.- Costo de adquisición:

Precio de compra CIF = \$ 180,000

Flete, almacenaje y otros (3% del P.comp.) = \$ 5,400

Precio puesto en mina = \$ 185,400

Menos precio de llantas = \$ 2,400

Valor neto a depreciación: = \$ 18,540

#### **b.- Costo de propiedad:**

Número de horas trabajadas por el volquete/año: = 4,320

#### **Años de depreciación:**

Vida útil del volquete = 12,000 horas  
=  $12,000/4,320 = 2.77 \Rightarrow 3$  años

#### **Costo de depreciación horaria:**

= \$ 185,400 = 15.45 \$/hr.

#### **Costo de inversión horaria:**

Interés = Precio volquete x interés x fact.

Inversión/Horas de operación/año

Interés = 12%  $\Rightarrow 0.12$

Factor de inversión =  $n + 1/2n \Rightarrow n = 3$  años

Factor de inversión =  $3 + 1/2 \times 3 = 0.67$

Interés:  $185,400 \times 0.12 \times 0.67/4,320 = 3.45$  \$/hr

**Costo total de propiedad:** /hr = \$ 15.45 + \$ 3.45 = 18.90

#### **c.- Costo de operación:**

Costo de combustible: 6 glns/hr x 4.4 \$/galón = 26.40 \$/hr. Mantenimiento preventivo: incluye costo de Aceites, lubricantes, filtros (25% costo comb.) = 6.60 \$/hr.

Costo de reparación: basado en un porcentaje del precio

$$= \frac{\$ 183,000 \times 100\% \text{ factor}}{12,000 \text{ horas}} = 15.25 \text{ $/hr}$$

Costo de llantas:

$$= \frac{\$ 2,400 + (\$ 1,440 \times 3)}{1,000 \text{ hr} + (1,000 \text{ hr} \times 3)} = 1.68 \text{ $/hr.}$$

Costo de mano de obra (del operador):

Jornal + beneficios sociales: 25 \$/día + 60%

Leyes sociales = \$ 40/ 8 horas = 5.0 \$/hr

Total, costo de operación / hora = 54.93 \$/hr

Total, costo propiedad + c. operación = 73.83 \$/hr.

El ciclo de transporte del volquete dura 56 minutos que es 0.93 horas y por lo tanto el costo de transporte es:  $0.93 \text{ hr} \times 73.83 \text{ $/hr} = 68.66 \text{ $}$ . (68.66\$/km. este precio es por 1 Km recorrido) (Sauñe-Carhuas, 2018).

#### **4.3 Discusiones:**

Quispe-Mamani, (2017) menciona que *“Con el fin de mejorar los accesos de vía para el tránsito de los equipos, y no perjudicar la productividad de los equipos. Se implementa un equipo adicional para el mantenimiento de la vía. Este equipo es encargado de hacer la limpieza de la vía, tapar los huecos de la vía y hacer el mantenimiento respectivo”*.

Sauñe-Carhuas, (2018) al analizar los resultados se tiene que *“la elección de los sistemas de transporte depende de varios factores como el volumen de producción y la distancia económica que a su vez está relacionado al costo de transporte. Para nuestro caso el transporte con locomotoras a pesar de ser la más económica no es factible su uso debido a que recorre solo un pequeño tramo horizontal del total de recorrido de transporte, en cambio los volquetes abarcan otras zonas profundas donde ingresan mediante rampas y a su vez recorren mayor distancia en superficie en mayor tiempo”*.

Es muy importante la utilización efectiva de los equipos está directamente ligado a las horas efectivas de trabajo (horas ciclo). La utilización efectiva esta medida en porcentajes al igual que la disponibilidad mecánica de

equipos, este porcentaje representa a las horas efectivas cicladas versus las horas máquina recorrida, en un día por cada volquete (Condori-Condori, 2017). En esta investigación nos indica que una máquina que se detiene, interrumpe la producción. La maquinaria que funciona mal hace necesaria una mala producción, un trabajo en proceso, y esfuerzos adicionales de reparación que más adelante nos afecta en los costos de transporte. Por consiguiente, la calidad también sufre. Todos estos factores incrementan el costo de las operaciones

Tales problemas son similares en el sector servicios. El tiempo ocioso de operación en el sistema computacional o de comunicación genera una demora indebida, incrementando en gran parte el costo de operaciones de la maquinaria. Por lo tanto hay que tomar precauciones en los trabajos de transporte para así optimizar los costos que es lo que se quiere (Romero-Carlos, 2018).

Pauca-Mantilla, (2019) puesto que en la mejora del rendimiento del volquete no menciona en caso que *“se puede observar que el rendimiento de la flota de transporte de mineral y desmonte (volquetes Volvo FMX 6x4R) en el año 2017 era de 20 TM/h, la cual mejoró en el año 2018 a 25 TM/h, incrementándose de esta manera en un 25% con respecto al año 2017, lo cual se deberá principalmente al aumento del rendimiento de los volquetes Volvo FMX 8x4.”*

La elección de los sistemas de transporte depende de varios factores como el volumen

de producción y la distancia económica que a su vez está relacionado al costo de transporte. Para nuestro caso el transporte con locomotoras a pesar de ser la más económica no es factible su uso debido a que recorre solo un pequeño tramo horizontal del total de recorrido de transporte, en cambio los volquetes abarcan otras zonas profundas donde ingresan mediante rampas y a su vez recorren mayor distancia en superficie en mayor tiempo; esto significa que con la ampliación del crucero CX-2006 se va eliminar el transporte con locomotoras y carros mineros. (Sauñe-Carhuas, 2018).

## 5. CONCLUSIONES

En acuerdo con la investigación podemos definir con qué tipo de sistema de transporte se puede dar a ejecutar y así analizando y optimizando los costos de transporte convencional que es con locomotora a trolley y carros mineros G-140, que por otra parte tenemos al transporte mecanizado que se realiza con volquetes de 25 TM. Dependiendo también de la distancia de recorrido que se encuentra en dicha mina Contonga.

El recorrido de la locomotora es de 1,685 m. por lo tanto esta misma distancia nuestro volquete deberá recorrer para así optimizar el costo de transporte

Con la ampliación del crucero CX-2006 se acortará la distancia de transporte de los volquetes, pues a través de este crucero saldrán directamente de interior mina a la cancha de la planta concentradora.

El transporte por locomotoras y carros mineros se eliminará, quedando solamente el transporte por volquetes de 25 TM.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alvarez-Huanca, V. O. (2014). *Calculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte – Unidad Minera de Arcata* Universidad Nacional de San Agustín. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4033>
- Baldeon-Quispe, Z. L. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en CIA. Minera Condestable S.A.* Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12404/897>
- Condori-Condori, R. B. (2017). *Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3396>
- Condori-Cupi, C. (1991). *Estudio de carguío y transporte de mineral en zona 1, unidad de producción Cobriza Centromin Perú S.A.* Universidad Nacional de Ingeniería. Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12945>
- Echeverría-Lucano, H. D. (2019). Propuesta de mejora para el acoplamiento óptimo de equipos de carguío y acarreo en mina La Arena S.A, Huamachuco, 2019. *Universidad Privada Del Norte, 40* Abril, 1–31. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11537/21895>
- Mendoza-Rocca, F. E. (2018). *Productividad y evaluación de costos en el transporte de mineral con volquete para el año 2018 Unidad Operativa Inmaculada* Universidad Nacional de San Agustín. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6705>
- Pauca-Mantilla, M. D. (2019). *Selección y reemplazo de equipo de acarreo para optimizar tiempos y reducir costos operativos - Mina Parcoy Consorcio Minero Horizonte - JJD Contratistas S.A.C* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8672>
- Quispe-Mamani, W. (2017). *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo CIA. de Minas Buenaventura Arequipa* Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4070>
- Romero-Carlos, D. F. (2018). *Estación de carguío, para reducir costos en el carguío y transporte, en la faena San Luis y Preferida, de minera Cruz LTDA. Chile, Año 2014* Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Retrieved from <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3314>
- Sauñe-Carhuas, O. (2018). *Mejoramiento del sistema de transporte mediante el cambio de locomotoras por volquetes y ampliación del Crucero XC- 2006 en la Mina Contonga* Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; Vol. 40. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11537/21895>