



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA DE MINAS

“EVALUACIÓN DE COSTOS DE CARGUÍO Y DE EMISIÓN DE DIOXIDO DE CARBONO (CO₂), AL REDUCIR EL TIEMPO DE LIMPIEZA DE PISO DE PALA GIGANTE EN MINERA YANACOCHA, 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de minas

Autor:

Bach. Rodriguez Mercado, Manuel Elisar

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro, Alva Huamán

CIP N° 128052

Cajamarca – Perú

2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

| | |
|---|-----------|
| APROBACIÓN DE LA TESIS..... | 2 |
| DEDICATORIA..... | 3 |
| AGRADECIMIENTO | 4 |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 8 |
| INDICE DE GRAFICOS..... | 9 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 10 |
| RESUMEN..... | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 13 |
| 1.1. Realidad Problemática..... | 13 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 13 |
| 1.3. Justificación..... | 13 |
| 1.4. Limitaciones..... | 14 |
| 1.5. Objetivos..... | 14 |
| 1.5.1. Objetivos General..... | 14 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos..... | 14 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO..... | 15 |
| 2.1. Antecedentes..... | 15 |
| 2.2. Bases Teóricas..... | 16 |
| 2.2.1. Costo de Operación Minera..... | 16 |
| 2.2.2. Producción, Tasa de Producción, Productividad, Eficiencia..... | 17 |
| 2.2.3. Disponibilidad, Utilización, Capacidad..... | 17 |
| 2.2.4. Capacidad de Diseño (Rated Capacity), Factor de llenado de Pala..... | 18 |
| 2.2.5. Operación de Carguío y sus Funciones..... | 18 |
| 2.2.6. Operación de la Mina..... | 18 |
| 2.2.7. Procedimientos Operacionales..... | 19 |
| 2.2.8. Procedimientos de carguío en minería a rajo abierto..... | 20 |
| 2.2.9. Índices asociados a la optimización del carguío y transporte..... | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.10. Rendimientos exigidos y alcanzados, las características de la explotación, los equipos, la operación y el mercado..... | 22 |
| 2.2.11. Aplicación de las Técnicas de Investigación de Operaciones..... | 24 |
| 2.2.12. Descripción de equipos de carguío sin acarreo..... | 26 |
| 2.2.13. ¿Qué se hace en la operación de carguío? | 30 |
| 2.2.14. Cálculos de producción de carguío y transporte..... | 31 |
| 2.2.15. El procedimiento Tradicional de la Limpieza con tractor del MYSRL..... | 32 |
| 2.2.16. Tractores de Rueda Elevan la Eficiencia de la Flota de Producción en Mina..... | 33 |
| 2.2.17. Tractor de Ruedas..... | 34 |
| 2.2.18. Influencia de la limpieza de piso de pala con tractor en el ciclo de carguío y acarreo...35 | |
| 2.2.19. Términos relacionados a la utilización de equipos..... | 37 |
| 2.3. Densidad de la Roca..... | 40 |
| 2.4. Tipos de Gases en la Producción y sus consecuencias..... | 43 |
| 2.4.1. Gases contaminantes emitidos por el tractor de ruedas..... | 43 |
| 2.4.2. Dióxido de Carbono..... | 45 |
| 2.5. Hipótesis..... | 47 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA..... | 48 |
| 3.1. Operacionalización de Variables..... | 48 |
| 3.2. Diseño de Investigación..... | 48 |
| 3.3. Población..... | 48 |
| 3.4. Muestra (muestreo o selección)..... | 48 |
| 3.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos..... | 49 |
| 3.6. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos..... | 49 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS..... | 50 |
| 4.1. Costo en dólares, en el área de carguío, utilizando el procedimiento tradicional de limpieza de piso de pala con tractor de ruedas año 2013..... | 50 |
| 4.2. Costo en dólares, en el área de carguío, utilizando el procedimiento tradicional de limpieza de piso de pala con tractor de ruedas año 2014..... | 51 |
| 4.3. Costo en dólares, en el área de carguío, utilizando el procedimiento tradicional de limpieza de piso de pala con tractor de ruedas año 2015..... | 52 |
| 4.4. Influencia de la reducción de tiempo de limpieza de pala con tractor, en los costos de carguío de pala año 2016..... | 53 |
| 4.5. Influencia de la reducción de limpieza de pala con tractor, en los costos de carguío de pala año 2017..... | 54 |
| 4.6. Influencia de la reducción de limpieza de pala con tractor en los costos de carguío de pala año 2016 - 2017..... | 55 |
| 4.7. Reducción de Costos de carguío mensual en dólares aplicando el procedimiento alternativo (B) de limpieza del área de carguío | 55 |
| 4.8. Influencia de la reducción de limpieza de pala con tractor, en los costos de carguío de pala en minera Yanacocha SRL..... | 56 |
| 4.9. Emisión del Gas Dióxido de Carbono del tractor de ruedas utilizando el procedimiento tradicional de limpieza de piso de pala Gigante..... | 56 |
| 4.10. EMISIÓN DEL GAS DIÓXIDO DE CARBONO del tractor de ruedas utilizando el procedimiento optimizado de limpieza de piso de pala Gigante..... | 57 |
| CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN..... | 59 |
| CONCLUSIONES..... | 60 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| RECOMENDACIONES | 61 |
| REFERENCIAS | 62 |
| ANEXOS | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1. Factores de carga según el tipo de material..... | 28 |
| Tabla 2: Principales equipos de carguío y su clasificación..... | 32 |
| Tabla 4.1. El costo de carguío del año 2013 es de \$ 9388408.723 Dólares americanos..... | 50 |
| Tabla 4.2. El costo de carguío del año 2014 es de \$ 9383881.104 Dólares americanos..... | 51 |
| Tabla 4.3. El costo de carguío del año 2015 es de \$ 9386535.226 Dólares americanos..... | 52 |
| Tabla 4.4. El costo total del año 2016 se redujo en promedio de \$ 9400000 a \$ 8300000 Dólares Americanos, aplicando a partir del mes de junio el procedimiento alternativo de limpieza con tractor..... | 53 |
| Tabla 4.5. El costo de carguío para el año 2017 es de \$ 1892621.164 Dólares Americanos..... | 54 |

ÍNDICE DE GRAFICOS

| | |
|---|-----------|
| Grafico 4.1. Costos operativos de carguío en el año 2013..... | 50 |
| Grafico 4.2. Costos operativos de carguío el año 2014..... | 51 |
| Grafico 4.3. Costos operativos de carguío en el año 2015..... | 52 |
| Grafico 4.4. En el año 2016, la reducción de costo mensual es de casi \$ 180000 Dólares..... | 53 |
| Grafico 4.5. En el año 2017, la reducción de costo mensual sigue siendo en promedio de \$ 180000 Dólares..... | 54 |
| Gráfico 4.6. Comparación entre el procedimiento tradicional A y el alternativo B de limpieza de piso de pala donde el ahorro mensual es de aproximadamente \$ 180000 dólares..... | 55 |
| Grafico 4.7. La reducción de costos en carguío es de \$ 179311 dólares mensuales..... | 55 |
| Gráfico 4.8. Aplicando el procedimiento alternativo B, de limpieza de piso de pala con tractor de ruedas se obtendrá una reducción de costos aproximadamente 2'160,000 dólares al año..... | 56 |
| Grafico 4.9. La reducción de emisiones utilizando el procedimiento B es de 5.481 Kg de CO₂ en una hora de trabajo..... | 57 |
| Grafico 4.10. La reducción de emisiones utilizando el procedimiento B es de 3946.32 Kg de CO₂ en un mes..... | 58 |
| Grafico 4.11. La reducción de emisiones utilizando el procedimiento B es de 47355.84 Kg de CO₂ en un año..... | 58 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1: Distribución Porcentual del costo en mineras chilenas de Cu a cielo abierto..... | 21 |
| Figura 2: Modelos y capacidades de palas eléctricas. Se incluye, además, el número de pases necesarios para cargar ciertos modelos de camiones..... | 27 |
| Figura 3: Extracción y Transporte del material con pala gigante (Fuente: MYSRL 2016)..... | 31 |
| Figura 4: Zona de carguío y áreas de limpieza de piso de pala..... | 33 |
| Figura 5: FERREYROS - CAT, Tractor de ruedas modelo 844-H, 2009..... | 35 |
| Figura 6: Figura 9: Secuencia de tiempo carguío de material y la espera de camiones..... | 36 |
| Figura 7: Figura 10: Composición de los gases de escape..... | 45 |

RESUMEN

Evaluación de Costos de Carguío y de Emisión de Dióxido de Carbono (CO₂), al reducir el tiempo de limpieza de pala Gigante en Minera Yanacocha, 2017. Tesis de Ingeniero de Minas. Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte. 95 páginas. Debido a que en la actualidad en el sector minero se busca optimizar el rendimiento, reducir tiempos, dar mayor precisión, optimizar costos de producción y minimizar los aspectos e impactos ambientales, el objetivo de la presente investigación fue reducir los costos operativos y la emisión de gases en el área de carguío en una mina a tajo abierto al reducir el tiempo de limpieza de piso de pala. El estudio se desarrolló en dos fases: campo y gabinete. En la fase de campo se trabajó en el área de carguío de pala gigante y en sala de DISPATCH donde se determinaron los tiempos, y cantidad de gases contaminantes que emite el tractor de ruedas encargado de la limpieza de piso de pala.

El tiempo, fue analizado con base de datos de MYSRL, llevando un control desde el año 2013 hasta el año 2017, en el cual el procedimiento alternativo de limpieza de piso de pala fue aplicado desde junio del año 2016.

Luego de aplicar el procedimiento alternativo de limpieza de piso de pala, se redujo el tiempo para esta operación de 500 segundos a 400 segundos por hora, por ende, los costos de operación se redujeron en aproximadamente \$.180000 dólares mensuales y un aproximado de \$. 2'160 000 dólares anuales.

PALABRAS CLAVES: Costos de operación, carguío, limpieza de piso de pala, gases contaminantes.

ABSTRACT

Carbon Dioxide (CO₂) Load and Emission Cost Evaluation, by reducing the time of cleaning of Giant blade in Minera Yanacocha, 2017. Thesis of Mining Engineer. Faculty of Engineering, Universidad Privada del Norte. 95 pages. Due to the fact that currently the mining sector seeks to optimize performance, reduce times, give greater precision, optimize production costs and minimize environmental aspects and impacts, the objective of the present investigation was to reduce operating costs and the emission of gases in the cargo area in an open-pit mine by reducing the blade floor cleaning time. The study was developed in two phases: field and cabinet. In the field phase we worked on the giant shovel loading area and in DISPATCH room where the times were determined, and the amount of pollutant gases emitted by the wheel tractor responsible for the floor cleaning.

The time was analyzed with MYSRL database, taking control from 2013 to 2017, in which the alternative procedure of floor cleaning was applied since June 2016.

After applying the alternative blade floor cleaning procedure, the time for this operation was reduced from 500 seconds to 400 seconds per hour, hence, operating costs were reduced by approximately \$.180000 per month and an approximate. \$ 2,160,000 per year.

KEY WORDS: Operating costs, load, blade floor cleaning, contaminating gases.

REFERENCIAS:

1. Ayay, Reyner (2016). *Optimización del tiempo de limpieza de material con tractor de ruedas 844h en el Área del Carguío de la Pala en Mina tajo abierto, Cajamarca. Perú.*
2. Czaplicki J. M. (1987). *Statistics for Mining Engineering. Mining Mechanization.*
3. EXPOTECNOMIN (2016). *Primer Congreso Internacional de Tecnología Aplicada a la Minería. Perú.*
4. FERREYROS – CAT (2009). *Tractor de ruedas modelo.*
5. FERREYROS – CAT (2009) *Tractor de ruedas modelo 844-H.*
6. Fonseca, Jaime (1976). *La descripción teórica – práctico de las maquinarias. Perú.*
7. Hartman, L, Ramani, Mutmansky, J.M, Wang, Y.J. 1997. *Mine ventilation and air conditioning*, 3rd edition. John Wiley and Sons: USA.
8. Hidalgo, Rodríguez (1975). *Los factores que influyen en el funcionamiento del sistema de carguío y transporte. Perú.*
9. Howart L. Hartman 1992. *SME Mining Engineering Handbook*, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
10. Huaypar, Díaz (2010). *Costos de Operaciones Mineras. Perú.*
11. Joseph, Alberto (2012). *Diseño y Operaciones de Minas a Cielo Abierto. Perú.*
12. Minera Yanacocha SRL (2012). *Manual de Maquinaria Pesada. Newmont Company.*
13. Minera Yanacocha SRL (2008). *Manual de operaciones. Newmont Company.*
14. Reyes Jara Manuel (2014). *“Camiones mineros: Gigantes en tamaño y relevancia”* Editorial Editec. *Revista Minería Chilena.*
15. Tinoco, Sergio (2006). *Mejoramiento de la performance y gestión del Dispatch en Cerro Verde. Perú.*
16. Kennedy, B.A., 1992. *Surface mining*, 2nd edition, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.

17. Schunnesson, H, Nordlung (Eds). Proceedings of MassMin 2008, Lulea University of Technology, Sweden. Sections: Transition of mining method; Mining equipment and automation

PAGINAS WEB CONSULTADAS

Mamani, O (2012). *Operaciones Unitarias*. [En línea] Recuperado el 28 de junio del 2012, de <http://ingenieroenminas.com/operaciones-unitarias-carguio-y-transporte/>

Mamani, O (2012). *Operaciones Unitarias*. [En línea] Recuperado el 28 de junio del 2012, de <http://ingenieroenminas.com/operaciones-unitarias-carguio-y-transporte/>

Codelco, Educa (2013). *Sistemas de Carguío y transporte*. [En línea] Recuperado el 10 de enero del 2013, de https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_extraccion_carguioyt.asp

Codelco, Educa (2013). *Sistemas de Carguío y transporte*. [En línea] Recuperado el 10 de enero del 2013, de https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_extraccion_carguioytprocedimiento.asp

FCFM, *Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile*. [En línea] Recuperado 20 de Julio del 2014, de https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiC3I36I-TUAhXOZpoKHbCkD0YQFggvMAI&url=https%3A%2F%2Fwww.u-cursos.cl%2Fingenieria%2F2007%2F2%2FM157G%2F1%2Fmaterial_docente%2Fbajar%3Fid_material%3D145245&usq=AFQjCNGwFok8mkBF4Wsedf7DQTo0IVuB_Q

Codelco, Educa (2013). *Sistemas de Carguío y transporte*. [En línea] Recuperado el 10 de enero del 2013, de https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_extraccion_carguioytevaluacion.asp

Codelco, Educa (2013). *Sistemas de Carguío y transporte*. [En línea] Recuperado el 10 de enero del 2013, de <http://www.codelcoeduca.cl>

EcuRed (2017) *Conocimiento con todo y para todos*. [En línea] Recuperado el 04 de Octubre 2017, de https://www.ecured.cu/Di%C3%B3xido_de_carbono