



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE EQUIPOS DE CARGUÍO Y ACARREO EN LA PARTIDA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL TAREO EN EL CAMBIO DE GUARDIA DE OPERADORES EN UNA MINA MODELO, TACNA- 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Wilmer Solano Romani

Asesor:

Ing. Mg. Aldo Juan Poma Zumarán

Lima - Perú

2020

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.....	33
1.3. Objetivos.....	34
1.4. Hipótesis .....	35
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>36</b>
2.1. Tipo de investigación .....	36
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	37
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	38
2.4. Procedimiento.....	40
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....	<b>58</b>
3.1. Resultados – Hipótesis General .....	58
3.2. Resultados – Hipótesis Específica 1.....	59
3.3. Resultados – Hipótesis Específica 2.....	64
3.4. Resultados – Hipótesis Específica 3.....	69
3.5. Resultados – Hipótesis Específica 4.....	70
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>72</b>
5.1. Discusión .....	72
5.2. Conclusiones .....	74
5.3. Recomendaciones .....	76
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>82</b>

*“Mejora de la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en la mina modelo, Tacna 2020”*

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Resumen de impacto en producción promedio en toneladas durante la primera hora de cada turno .59	
<b>Tabla 2</b> Hora de Inicio promedio durante el inicio de cada turno por mes antes y después de la implementación del proyecto de automatización..... 60	60
<b>Tabla 3</b> Datos Estadísticos Muestra 1 – Minutos transcurridos después de las 7 antes de la implementación61	
<b>Tabla 4</b> Datos Estadísticos Muestra 1 – Minutos transcurridos después de las 7 antes de la implementación61	
<b>Tabla 5</b> Producción promedio en toneladas durante la primera hora de cada turno por mes antes y después de la implementación del proyecto de automatización ..... 65	65
<b>Tabla 6</b> Datos Estadísticos Muestra 1 – Movimiento de tierras antes de la implementación..... 66	66
<b>Tabla 7</b> Datos Estadísticos Muestra 1 – Movimiento de tierras después de la implementación..... 66	66
<b>Tabla 8</b> Utilización antes de la implementación del proyecto de automatización ..... 69	69
<b>Tabla 9</b> Utilización después de la implementación del proyecto de automatización..... 69	69
<b>Tabla 10</b> Sumarizado de movimiento de tierras..... 70	70
<b>Tabla 11</b> Cálculo Económico de impacto en movimiento de tierras ..... 71	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Perforación en minería a cielo abierto.....	21
<b>Figura 2</b> Carguío de Pala Eléctrica a camión minero en frente de carguío.....	22
<b>Figura 3</b> Movimiento de tierras por equipos de acarreo.....	24
<b>Figura 4</b> Arquitectura del Sistema de Despacho.....	26
<b>Figura 5</b> Clasificación de tiempos según ASARCO .....	29
<b>Figura 6</b> Base de datos del sistema de despacho antes de la automatización del tareo.....	41
<b>Figura 7</b> Formato de Tareo de Equipos de Mina Modelo.....	41
<b>Figura 8</b> Diagrama de Tareo Manual en Mina Modelo.....	42
<b>Figura 9</b> Distribución de Furgonetas en Oficinas de Tareo de Operadores.....	43
<b>Figura 10</b> Mapa de Mina del Sistema de Despacho con Rutas y Equipos .....	44
<b>Figura 11</b> Nodos de rutas de acarreo de mina modelo.....	45
<b>Figura 12</b> Base de Datos de Sistema de Despacho para la Automatización.....	46
<b>Figura 13</b> Diagrama de Automatización de Tareo en Mina Modelo.....	48
<b>Figura 14</b> Arquitectura de Sistema de Tareo en el cambio de guardia de operadores.....	49
<b>Figura 15</b> Distribución interior de pantallas.....	50
<b>Figura 16.</b> Vista 1 - 3D interior de distribución de pantallas en cambio de guardia automatizado .....	50
<b>Figura 17</b> Vista 2 - 3D interior de distribución de pantallas en cambio de guardia automatizado .....	51
<b>Figura 18</b> <i>Distribución exterior de pantallas</i> .....	51
<b>Figura 19</b> Tareo digital de operadores en cambio de guardia.....	52
<b>Figura 20</b> Tareo digital de asignación de operadores en la automatización.....	52
<b>Figura 21</b> Nueva distribución física de furgonetas de transporte.....	53
<b>Figura 22</b> Time line de tareo en cambio de guardia con la automatización.....	53
<b>Figura 23</b> Módulo de asignación de furgonetas de transporte .....	54
<b>Figura 24</b> Módulo de operadores.....	55
<b>Figura 25</b> Módulo de tareo.....	56

*“Mejora de la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en la mina modelo, Tacna 2020”*

<b>Figura 26</b> Módulo de validación de tareo .....	57
<b>Figura 27</b> Reportes del sistema de despacho.....	58
<b>Figura 28</b> Curva de 1 cola para regla de decisión de media de minutos .....	63
<b>Figura 29</b> Reporte de descarga por hora .....	64
<b>Figura 30</b> Curva de 1 cola para regla de decisión de media de producción.....	68
<b>Figura 31</b> Matriz de consistencia.....	83
<b>Figura 32</b> Matriz de operacionalización.....	84
<b>Figura 33</b> Formato de Tareo de Operadores.....	85
<b>Figura 34</b> Formato de tareo de operadores.....	86
<b>Figura 35</b> Furgoneta de transporte parqueadas para cambio de guardia .....	87
<b>Figura 36</b> Panel fotográfico para implementación.....	88

*“Mejora de la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en la mina modelo, Tacna 2020”*

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se describe el procedimiento detallado de la aplicación de la tecnología en el desarrollo de un proyecto de ingeniería y automatización aplicado a una actividad dentro del rubro de la Ingeniería Civil, que es el movimiento de tierras. El objetivo principal del estudio fue determinar el impacto de dicho proyecto en la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en una mina modelo.

Además, la presente investigación desarrollada es de tipo descriptiva, aplicada y de diseño no experimental; siendo así que se consideró como objetivo de estudio un proyecto de automatización denominado: “Automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en una mina modelo”.

Los resultados obtenidos dan muestra de que es posible emplear la tecnología para automatizar la actividad del tareo o asignación de personal a sus equipos de carguío y acarreo, así como equipos auxiliares y perforadoras, lo que permitirá impactar positivamente en la partida de movimiento de tierras.

Podemos concluir que a través del uso de la tecnología para la automatización de la asignación de operadores hacia sus equipos dentro de una mina modelo se aumenta la productividad y por tanto constituye una oportunidad de mejora para cualquier mina que se venía realizando esta actividad de manera manual, transformando ese tiempo muerto en tiempo productivo, permitiendo cargar y acarrear mayor tonelaje de material.

Es por ello que en el presente trabajo se describe un proyecto que permite ahorrar de 8 minutos promedio en toda esta asignación y permite transformar ese tiempo de muerto

*“Mejora de la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en la mina modelo, Tacna 2020”*

a productivo, optimizando dicha actividad y teniendo un impacto directo en el incremento de la producción de la mina modelo. Esta transferencia electrónica de datos donde interactúan los Sistemas de Control de Accesos, Sistema de Control de Volquetes, de manera que, en base a las habilidades de los operadores, prioridad de equipos asignar, estado de los equipos, ausentismo, ubicación de los equipos y rutas de las unidades de transporte (furgonetas) se ubiquen a los operadores en sus respectivos equipos.

Actualmente el impacto en el incremento de producción en la primera hora por guardia ha sido de un aumento promedio de 4,824 Ton durante el turno día, incrementando en un 40% la producción (de 12,205 Ton a 17,029 Ton) y 3,990 Ton durante el turno noche, incrementando en un 30% (de 13,180 Ton a 17,170 Ton), que al finalizar el día son de aproximadamente de 8,814 Ton, contribuyendo así a superar las metas de producción diaria y mensual planificadas. Se ha permitido tener un mayor orden al momento de distribuir nuestro personal a sus equipos, optimizando el tiempo de transporte, así como también descongestionar el uso de la radio al inicio del turno.

**Palabras clave:** Automatización, movimiento de tierras, productividad, tareo, cambio de guardia, minería, furgoneta, tiempos.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

“Mejora de la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en la mina modelo, Tacna 2020”

## REFERENCIAS

- Bonzi Ríos, J. I. (2016). *Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile].  
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139829>
- Camps Paré, R. (2005). Bases de Datos. *Universitat Oberta de Catalunya*.  
<http://www.uoc.edu>
- Cañon Ordoñez, H. F. (2015). La figura del operador minero: actividades y beneficios que aporta a un proyecto minero. *Interempresas*.  
<https://www.interempresas.net/Mineria/Articulos/>
- Chuctaya Laucata, D. J., Larota Chara M. E. (2020). *Optimización de Carguío y Transporte en tiempo real mediante el Software Jmineops en Minería Superficial – Caso de Estudio*. [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/2816>
- 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*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3396>
- Córdova Alfaro, G. A. (2017). *Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción Gerencia Mina, División Ministro Hales Codelco Chile* [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile].  
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/145967>

“Mejora de la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en la mina modelo, Tacna 2020”

Cornejo Ordoñez, E. F. (2013). Sistema de optimización de Transporte para la Mediana

Minería. *Sonami*. <https://www.sonami.cl/>

Durant Broden, J. (2005). *Manual de acarreo y transporte*. Universidad Nacional del Altiplano.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Interamericana México D.F.

Meza Castro, J. E. (2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/941>

Morillo León, C. A. (2018). *Aplicación del mantenimiento autónomo para incrementar la productividad en el área de mantenimiento de máquinas herramienta de la empresa AIRTEC S.A. Callao 2018* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo].

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43703>

Lozada Gamero, J. E. (2014). Investigación aplicada: Definición, Propiedad intelectual e industria. *Revista CienciAmérica*, (30).

<http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/30>

Llontop Ramos, R. (2018). *Gestión de mantenimiento y disponibilidad mecánica para el equipo LH307-Cargador frontal de bajo perfil, aplicado en minería subterránea* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callao].

<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2767>

Quispe Mamani, W. (2017). *Optimización de costos de acarreo con equipo mecanizado en la unidad minera Tambomayo Cia. de Minas Buenaventura Arequipa* [Tesis de

“Mejora de la productividad de equipos de carguío y acarreo en la partida de movimiento de tierras a través de la automatización del tareo en el cambio de guardia de operadores en la mina modelo, Tacna 2020”

Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4070>

Reymer Mullizaca, D. L. (2013). *Gestión del Sistema de despacho para la optimización del ciclo de acarreo en la Unidad Minera Lagunas Norte CIA. Minera Barrick*

*Misquichilca*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146295>

Urrutia Goldsack, D. I. (2017). *Optimización en la asignación de estacionamientos de los camiones de extracción para el cambio de turno mediante la utilización de redes neuronales y árboles de decisión*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile].

<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146295>

Vara Horna, A. A. (2015). *7 pasos para elaborar una Tesis*. Lima: Editora Macro EIRL, 2015. ISBN 978-612-304-311-7.

Vargas Cordero, Z. R. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia. San Pedro, Universidad de Costa. *Revista Educación*. <https://www.redalyc.org/>

Velásquez Aravena, R. (2015). Mejorando la Eficiencia del Cambio de Turno en la Mina. *Quality. Artículos*. <https://www.quality.cl/mejorando-la-eficiencia-del-cambio-de-turno-en-la-mina/>

Vergara Arenas, D. A. (2016). *Rediseño de los procedimientos de relevo mina en la operación Los Bronces de Anglo American*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140387>