

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Propuesta de mejora del lastrado de rampas para  
incrementar la productividad (KPIs) y reducir las  
demoras operativas en equipos de acarreo en  
temporada de lluvias en una mina a tajo abierto**

Juan Carlos Gutiérrez Chura

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Arequipa, 2023

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Dr. Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Yamil Zevallos Luque  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 1 de Octubre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "PROPUESTA DE MEJORA DEL LASTRADO DE RAMPAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD (KPIs) Y REDUCIR LAS DEMORAS OPERATIVAS EN EQUIPOS DE ACARREO EN TEMPORADA DE LLUVIAS EN UNA MINA A TAJO ABIERTO", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Juan Carlos Gutierrez Chura, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20 ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Juan Carlos Gutierrez Chura, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 40140324, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PROPUESTA DE MEJORA DEL LASTRADO DE RAMPAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD (KPIs) Y REDUCIR LAS DEMORAS OPERATIVAS EN EQUIPOS DE ACARREO EN TEMPORADA DE LLUVIAS EN UNA MINA A TAJO ABIERTO", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

14 de Julio de 2023.



---

Juan Carlos Gutierrez Chura

DNI. No. 40140324

# Juan Carlos

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>pdfcoffee.com</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>mineravia.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>doku.pub</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

10	archive.org Fuente de Internet	1 %
11	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
12	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
18	tesisenxarxa.net Fuente de Internet	<1 %
19	www.freewebs.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

22	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
24	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
25	vbook.pub Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad del Istmo de Panamá Trabajo del estudiante	<1 %
27	es.wikihow.com Fuente de Internet	<1 %
28	camimex.org.mx Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
32	geotecnia-sor.blogspot.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.utelesup.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

<1%

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.1.2 Formulación del Problema .....	4
1.1.2.1 Problema General.....	4
1.1.2.2 Problemas Específicos.....	4
1.1.3 Objetivos .....	4
1.1.3.1 Objetivo General .....	4
1.1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	4
1.2.1 Justificación.....	4
1.2.1.1 Justificación Técnica .....	4
1.2.1.2 Justificación Operativa.....	5
1.2.2 Importancia.....	5
1.3 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	5
1.3.1 Hipótesis .....	5
1.3.2 Variables .....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	6
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	6
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	6
2.2 BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1 Productividad.....	10
2.2.1.1 Key Performance Indicators / Indicadores clave de rendimiento (KPIs) .....	11
2.2.2 Planeamiento Mina a Tajo Abierto.....	13
2.2.3 Diseño de Mina a Tajo Abierto.....	14



2.2.4	Equipo de Carguío en Minería.....	16
2.2.4.1	Palas Eléctricas de Cable.....	16
2.2.5	Pistas y Rampas.....	16
2.2.5.1	Incorporación de las Pistas al Diseño de un Tajo.....	17
2.2.6	Principio Básico para la Selección de Equipos de Acarreo en Minería a Cielo	
	Abierto.....	17
2.2.6.1	Camiones De Acarreo .....	18
2.2.7	Caminos o rampas de Acarreo.....	19
2.2.7.1	Diseño y Construcción de rampas de Acarreo .....	21
2.2.8	Llantas en los Camiones .....	23
2.2.9	Ciclo de Trabajo de los Camiones.....	24
2.2.10	Producción de Camiones .....	25
2.2.11	Equipo Auxiliar.....	27
2.2.12	Tractor de Oruga .....	27
2.2.13	Dispatch .....	29
2.2.14	Mecánica de Suelos .....	30
2.2.15	Composición Mineral del Suelo.....	30
2.2.16	Granulometría en los Suelos.....	31
2.2.17	Capacidad en Particularidades de Suelo.....	32
2.2.18	Clasificación de los Suelos.....	33
2.2.19	Fases del Suelo.....	34
2.2.19.1	Relaciones Volumétricas y Gravimétricas del Suelo .....	35
2.2.20	Límites de Atterberg (ASTM D4318).....	38
2.2.21	Compactación de Suelos.....	39
2.2.21.1	Medida de la Compacidad del Suelo.....	40
2.2.21.2	Método Proctor.....	40
2.2.22	Diseño Recomendado para las Rampas del Tajo .....	41
2.2.22.1	Subsuelo .....	42
2.2.22.2	Sub-base .....	42
2.2.22.3	Capa de Base .....	42
2.2.22.4	Capa de Superficie o Rodadura.....	42
2.2.23	Diseño Estructural de rampa de Acarreo .....	43
2.2.24	Método de Diseño California Bearing Ratio (CBR).....	44
2.2.25	Distribución del Peso del Camión en las rampas .....	46
2.2.26	Mantenimiento de rampas (vías).....	47

2.2.27	Lastrado de Rampas a Tajo Abierto .....	48
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	49
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....		52
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
3.1.1	Método de investigación.....	52
3.1.2	Alcance de la investigación.....	52
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	52
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	52
3.3.1	Población.....	52
3.3.2	Muestra .....	53
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	53
3.5	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	53
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>54</b>
4.1	PREÁMBULO .....	54
4.2	DIAGNÓSTICO.....	56
4.2.1	Productividad.....	56
4.2.2	Velocidad de Camiones CAT 793C en Rampa .....	57
4.2.3	Demoras Operativas en tiempos de ciclo en camiones CAT 793C de Acarreo .....	58
4.2.4	Consumo de Combustible en mina a Tajo Abierto .....	59
4.2.5	Producción en Toneladas de Material minado en mina a tajo abierto .....	59
4.2.6	Costo de acarreo (\$/Tonelada Movida) .....	60
4.2.7	Equipos de Mantenimiento de vías.....	60
4.2.8	Rutas de transporte .....	61
4.2.9	Evaluación de la capa de rodadura actual .....	62
4.2.10	Factores Críticos.....	67
4.3	PROPUESTA DE MEJORA.....	67
4.3.1	Recopilación de Datos de Muestra de Material Lastre .....	68
4.3.1.1	Ensayos y Análisis de Muestra de Lastre en Mina a Tajo Abierto.....	68
4.3.2	Propuesta de la mejora de la calidad de Lastrado .....	74
4.3.2.1	Incremento de la Productividad.....	75
4.3.2.2	Incremento de Velocidad de Camiones CAT 793C en Rampa .....	76
4.3.2.3	Disminución en demoras operativas en tiempos de ciclo en camiones CAT 793C de Acarreo .....	78
4.3.2.4	Disminución del Consumo de Combustible en Mina a Tajo Abierto.....	79

4.3.2.5	Situación de la Producción de Mina a Tajo Abierto.....	81
4.3.2.6	Disminución de los Costos de Mina.....	82
4.3.3	Estandarización de Material de Lastre .....	82
4.3.3.1	Mecanismos y Herramientas para Utilizar .....	82
4.3.4	Ejecución de la Campaña de Almacenamiento de Lastre.....	83
4.3.5	Acumulación de Material no Generador (Stock Pile).....	83
4.3.6	Preparación de Lastre .....	83
4.3.7	Mecanismo de Lastrado.....	83
4.3.8	Disposición de Material Estéril.....	83
4.3.8.1	Especificaciones .....	84
4.3.8.2	Requisitos .....	84
4.3.9	Estandarización de Material de Lastre .....	86
4.3.9.1	Proceso de Carguío y Acarreo de Lastre .....	86
4.3.10	Mantenimiento y Conformación de rampas y/o Plataformas con Material Lastre .....	87
4.3.10.1	Planificación de la Tarea .....	87
4.3.10.2	Preparación de Lastre en Stock Pile .....	88
4.3.10.3	Corte de rampa para reemplazar por Lastre .....	89
4.3.10.4	Planificación de la Actividad .....	90
4.3.10.5	Desplazamiento Hacia el Frente de Trabajo.....	90
4.3.10.6	Ingreso y Posicionamiento al Área de Carguío .....	91
4.3.10.7	Operación de Carguío de Material Lastre .....	91
4.3.10.8	Operación de Acarreo de Material Lastre a Rampa en Mantenimiento .....	92
4.3.10.9	Operación de Descarga de Material Lastre en Rampa de Mantenimiento .....	93
4.3.10.10	Conformado de la Rampa con Motoniveladora.....	94
4.3.10.11	Regadío de rampa Lastrada .....	95
4.3.10.12	Relleno con Material Lastre a Rampa .....	96
4.3.10.13	Fin del Mantenimiento .....	97
4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	98
	CONCLUSIONES .....	99
	RECOMENDACIONES .....	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101
	ANEXOS.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	El Sistema Económico agrega valor al transformar Entradas en Salidas.....	11
Figura 2.	Proceso de Minado en Mina Tajo Abierto. ....	14
Figura 3.	Parámetros geométricos que configuran al diseño de una explotación a cielo abierto .....	14
Figura 4.	Pala de potencia o eléctrica hidráulica P&H modelo 2100 B. ....	16
Figura 5.	Camión fuera de carretera con descarga trasera.....	19
Figura 6.	Pendiente de un camino o rampa. ....	20
Figura 7.	Rampa con doble sentido. ....	21
Figura 8.	Representación esquemática de las geometrías de la carretera .....	21
Figura 9.	La figura de una sección longitudinal a través de la vía construido.....	22
Figura 10.	Ruedas neumáticas tipo E para camiones (fuera de carretera).....	24
Figura 11.	Flota de camiones de acarreo .....	25
Figura 12.	Operación del tractor de oruga con escarificador (ripper). ....	27
Figura 13.	Operación de regadío de camión cisterna (“pipa”) Mina “La Herradura”. ....	28
Figura 14.	Motoconformadora Caterpillar modelo 24H (Caterpillar, Inc).....	28
Figura 15.	Sistema modular mining systems (Dispatch).....	29
Figura 16.	Curva granulométrica de un suelo.....	32
Figura 17.	Composición granulométrica del suelo.....	34
Figura 18.	Esquema de una muestra de suelo para indicación de los símbolos usados.....	35
Figura 19.	Componentes de suelo en su estado natural y las tres fases elementos de suelo.....	36
Figura 20.	Límites de Atterberg e Índices con ellos asociados. ....	39
Figura 21.	Sección Transversal de rampa recorrido típico de mina tajo abierto, por Área de planeamiento mina. ....	42
Figura 22.	CBR: California Bearing Ratio-diseño geométrico con las capas adecuadas para la rampa, por Área de planeamiento mina. ....	43
Figura 23.	Sección de un diseño estructural de una rampa.....	44
Figura 24.	Espesores de sub base vs California Bearing Ratio (CBR).....	46
Figura 25.	Sección transversal de lastrado en rampa.....	49
Figura 26.	Organigrama.....	55
Figura 27.	Muestra inicial de rampa Santa Rosa .....	62
Figura 28.	Rampa deteriorada por acumulación de agua .....	63
Figura 29.	Rampas con presencia de barro.....	63
Figura 30.	Formación de lodos en rampa .....	64

Figura 31.	Demoras operativas (Colas) y baja productividad de equipos de acarreo.....	64
Figura 32.	Parada de equipos de acarreo por rampa deteriorada .....	65
Figura 33.	Accidente Ambiental (Rotura de pernos de tapa de suspensión de equipo acarreo).	65
Figura 34.	Accidente de equipos / Camión acarreo volca .....	66
Figura 35.	Desgaste Prematuro de banda rodamiento del neumático.....	66
Figura 36.	Corte de flancos en neumáticos.....	67
Figura 37.	Ensayo granulométrico por tamizado de muestra de lastre (MC E-204 - ASTM D-422) .....	68
Figura 38.	Curva granulométrica de muestra de lastre .....	69
Figura 39.	Límite Líquido / Plástico (MC E-110 - ASTM 4318).....	69
Figura 40.	Límite Líquido / Plástico (MC E-110 - ASTM 4318).....	70
Figura 41.	Prueba de proctor modificado / MC E-115 - ASTM D-1557 / MC E116-2000 .....	70
Figura 42.	Ensayo del proctor modificado .....	71
Figura 43.	Gráfico de penetración de CBR / (Norma MC E-132, ASTM D-1883, AASHTO T- 193). .....	71
Figura 44.	Ensayo CBR.....	72
Figura 45.	Comparación de productividad de flota de acarreo real vs proyectado .....	75
Figura 46.	Comparación de velocidades de flota de acarreo .....	76
Figura 47.	Comparación de velocidades de flota de acarreo .....	77
Figura 48.	Comparación de tiempos de ciclos en flota de acarreo .....	78
Figura 49.	Comparación de consumo de combustible en flota de acarreo real vs proyectado...	79
Figura 50.	Comparación de consumo de combustible en galones de flota de acarreo real vs proyectado.....	80
Figura 51.	Consumo de combustible en mina a tajo abierto.....	81
Figura 52.	Volumen de un prisma rectangular .....	85
Figura 53.	Volumen de un Semi Prisma Rectangular.....	86
Figura 54.	Ciclo de carguío y transporte (acarreo) de material estéril o mineral .....	87
Figura 55.	Acumulación de stock pile de lastre.....	88
Figura 56.	Corte de rampa para reemplazo de lastre .....	89
Figura 57.	Camiones CAT 793C esperando en parqueo para envió a cargar lastre .....	90
Figura 58.	Carguío de lastre para rampa en mantenimiento .....	92
Figura 59.	Acarreo de Material lastre a rampa en mantenimiento .....	93
Figura 60.	Descarga de Material Lastre para Mantenimiento de rampa.....	94
Figura 61.	Mantenimiento de rampa con Motoniveladora .....	95
Figura 62.	Regadío de cisterna de agua CAT 777 F en rampa de mantenimiento. ....	96

Figura 63.	Relleno con material lastre en rampa / Rampa.....	97
Figura 64.	Muestra de Rampa Santa Rosa lastrada y terminada (transitando camiones CAT 793C).....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de las Variables.....	5
Tabla 2.	Características de los KPIs .....	12
Tabla 3.	Principales Indicadores en operaciones mina .....	12
Tabla 4.	Factores de Disponibilidad en Equipos Mina .....	26
Tabla 5.	Límites de Tamaño de Suelos Separados .....	33
Tabla 6.	Productividad mensual 2022.....	56
Tabla 7.	Velocidad de Camión con Carga (lleno) en Km/H en Mina a Tajo Abierto .....	57
Tabla 8.	Velocidad de Camión sin Carga (vacío) en Km/H en Mina a Tajo Abierto .....	57
Tabla 9.	Tiempos de Ciclo Promedio (min) de Camiones CAT 793C en Mina a Tajo Abierto .....	58
Tabla 10.	Consumo de combustible.....	59
Tabla 11.	Producción en toneladas de material minado .....	59
Tabla 12.	Costo de acarreo .....	60
Tabla 13.	Rutas de transporte .....	61
Tabla 14.	Caracterización de Calidad de Lastrado Actual.....	62
Tabla 15.	Límites Líquidos y Plásticos de la Muestra .....	70
Tabla 16.	Resultados de Ensayos y Análisis de Muestra de Lastre Propuesto .....	73
Tabla 17.	Cuadro comparativo de ensayos y análisis de muestra de lastre actual (antiguo) vs propuesto .....	74
Tabla 18.	Productividad para los Camiones CAT 793C en Mina a Tajo Abierto millones Toneladas/mes .....	75
Tabla 19.	Velocidad de Camión con Carga (lleno) en Km/H en Mina a Tajo Abierto .....	76
Tabla 20.	Velocidad de Camión sin Carga (vacío) en Km/H en Mina a Tajo Abierto .....	77
Tabla 21.	Tiempos de Ciclo (min) de Camiones CAT 793C en Mina a Tajo Abierto .....	78
Tabla 22.	Consumo de Combustible (galones) en Mina a Tajo Abierto.....	79
Tabla 23.	Consumo de Combustible (galones) en Mina a Tajo Abierto.....	80
Tabla 24.	Consumo de Diésel en rampa Sin Lastrar y Lastrada de Mina a Tajo Abierto.....	81
Tabla 25.	Cantidad de material minado programado vs ejecutado .....	81
Tabla 26.	Toneladas de material sin minar .....	82
Tabla 27.	Costo de Mina en (\$/Tonelada Movida) de Mina a Tajo Abierto.....	82

## RESUMEN

En el Perú existen diversas variedades climáticas, como las lluvias por temporadas, que hacen que en distintas zonas donde se encuentren las explotaciones mineras a tajo abierto, se produzca un daño prematuro en las estructuras de rampas por donde transita la flota de acarreo de gran tonelaje, generando así un impacto negativo en los indicadores de gestión; así mismo, se produce una reducción notable de los niveles de producción en la época de lluvia.

Se utilizó el Método Estadístico - Descriptivo, puesto que se recopiló, organizó, procesó, analizó e interpretó, los datos de la productividad (KPIs) y demoras operativas en equipos de acarreo en temporada de lluvias. Se recogieron muestras de las rampas por donde circulan los equipos de acarreo para mejorar el material del lastrado utilizado; de esta manera, el presente estudio tuvo como objetivo, presentar una mejora en el lastrado de las rampas para incrementar la productividad (KPIs) y reducir las demoras operativas en equipos de acarreo en temporada de lluvias en una mina a tajo abierto.

La presente tesis, fue el impulso para una propuesta que permitirá al momento de ser aplicada, el incremento de la productividad y la producción de los camiones en temporada de lluvias, las velocidades con camión cargado aumentaron en 38 % y velocidades de camión vacío en 29 % respectivamente. Una disminución de los tiempos de ciclos en camiones en un 79 %, el consumo de diésel en un 17 %, y los costos en mina en un 59 % con respecto a los periodos de lluvia en la rampa de muestra. Se concluyó que, al realizar una mejora en el lastrado de rampas, los indicadores de gestión tienen un impacto positivo dentro de la planificación en los periodos de lluvia.

**Palabras clave:** Lastrado, rampas, indicadores, tajo abierto, minería, acarreo, productividad.



## ABSTRACT

In Peru there is a diverse variety of climates, such as the seasonal rains, which causes premature damage to the ramp structures through which the large-tonnage haulage fleet transits in different areas where open-pit mining operations are located. , thus generating a negative impact on management indicators and likewise generates a notable decrease in productivity in the rainy season.

The Statistical - Descriptive Method was used, since the productivity data (KPIs) and operational delays in haulage equipment in the rainy season were collected, organized, processed, analyzed and interpreted. Samples were collected from the ramps where the hauling equipment circulates to improve the ballast material used, in this way the present study had the objective of presenting an improvement in the ballasting of the ramps to increase productivity (KPIs) and reduce delays. operations in haulage equipment in the rainy season in an open pit mine.

This thesis was the impetus for a proposal that will allow, at the moment to be applied, the increase in productivity and production of trucks in the rainy season, the speeds with a loaded truck increased by 38 % and empty truck speeds by 29% respectively. Reduction of cycle times in trucks by 79 %, diesel consumption by 17 %, and mine costs by 59% with respect to the rainy periods in the sample ramp. It was concluded that, by making an improvement in ramp ballasting, the management indicators have a positive impact within the planning in the rainy seasons.

**Keywords:** Ballasting, ramps, indicators, open pit, mining, haulage, producti