

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



Tesis

Optimización de la producción con la instalación de cola de pato en camiones Komatsu  
930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, 2023

Presentado por:

Luis Alberto Flores Garcia

Para optar el título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**Optimización de la producción con la instalación de cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, 2023**

Presentado por **Luis Alberto Flores Garcia**, para optar el Título de Ingeniero de Minas.

Sustentado y aprobado 19 de mayo de 2025 ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

*Dr. Nelson Palemon Meza Peña*

**Primer miembro:**

*Ing. Alex Fidel Becerra Camacho*

**Segundo miembro:**

*Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada*

**Asesor:**

*Dr. Leoncio Teófilo Carnero Carnero*





---

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 042-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: "**Optimización de la producción con la instalación de cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera las Bambas – Apurímac, 2023**", presentado por el Bach LUIS ALBERTO FLORES GARCIA, Para optar el Título de **Ingeniero de Minas**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(14%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 11 de febrero del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
  
Dra. Hesperaldo Rojas Enriquez  
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERIA

C. c.  
Archivo  
REG. N°160



## **Agradecimiento**

*Agradecer a Dios por hacer llegar a esta etapa de mi vida, quien me dio la coyuntura de poder desarrollar el presente trabajo.*

*Agradecer a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a plana docencia por haberme formado y brindado todos los conocimientos necesarios y así formarme profesionalmente.*

*Mi agradecimiento sincero y profundo a mis padres por su apoyo incondicionalmente y por ser parte de mi vida quienes me arrimaron en todo momento.*



## **Dedicatoria**

*A mi padre Manuel Jesús, a mi madre Benedicta y mis hermanas Soledad y Zenaida que son personas que me han ofrecido el amor y la calidez de la familia al cual amo por hacerme llegar a esta instancia de mis estudios, que ellos han estado para apoyarme y a las personas quienes desintegradamente me alientan en cada etapa de mi vida.*



Optimización de la producción con la instalación de cola de pato en camiones Komatsu  
930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, 2023

Linea de investigacion: Minería y procesamiento de minerales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>RESUMEN</b>	3
<b>ABSTRACT</b>	4
<b>CAPÍTULO I</b>	5
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del problema	6
1.2.1 Problema General	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.2.3 Justificación de la investigación	6
<b>CAPÍTULO II</b>	8
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.1.1 Objetivo general	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	8
2.2.1 Hipótesis general	8
2.2.2 Hipótesis específicas	9
2.3 Operacionalización de variables	9
<b>CAPÍTULO III</b>	10
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	10
3.1 Antecedentes	10
3.2 Marco teórico	15
3.2.1 Camión minero Komatsu 930 E-4SE	15
3.2.2 Componentes de la tolva del camión minero	18
3.2.3 Derrame de material en las vías de transporte	21
3.2.4 Reducción de tiempos improductivos en ciclos de acarreo	23
3.2.5 Mayor seguridad operativa durante el transporte de material	25
3.2.6 Optimización de la producción	26
3.2.7 Match Factor o Factor de Acoplamiento	34
3.2.8 Control de Avance	34
3.2.9 Optimización de procesos	34
3.2.10 Flota de equipos	34
3.2.11 Acceso al mineral	35
3.3 Marco conceptual	36
<b>CAPÍTULO IV</b>	39
<b>METODOLOGÍA</b>	39
4.1 Tipo y nivel de investigación	39
4.2 Diseño de investigación	39



4.3	Población y muestra	39
4.4	Procedimiento.	39
4.5	Técnicas e instrumentos	55
4.6	Análisis estadístico.	55
<b>CAPÍTULO V</b>		56
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		56
5.1	Análisis de resultados.	56
5.1.1	Determinación del efecto de la instalación de cola de pato.	56
5.1.2	Evaluación de la mejora de los tiempos de ciclo de acarreo	59
5.1.3	Análisis de efectos de instalación de cola de pato en mejora de seguridad	63
5.2	Contrastación de hipótesis	66
5.3	Discusión	74
<b>CAPÍTULO VI</b>		76
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		76
6.1	Conclusiones	76
6.2	Recomendaciones	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		78
<b>ANEXOS</b>		81



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> — Operacionalización de variables.	9
<b>Tabla 2</b> — Especificaciones del camión 930E-4SE Komatsu	17
<b>Tabla 3</b> — Valores referenciales de tiempos de giro, posicionamiento y descarga	32
<b>Tabla 4</b> — Distribución de las cargas según camiones de acarreo febrero 2023	41
<b>Tabla 5</b> — Distribución de las cargas según camiones de acarreo agosto 2023	43
<b>Tabla 6</b> — Producción diaria de mineral de los camiones Komatsu 930E-4SE HT028 y HT025	47
<b>Tabla 7</b> — Producción diaria de desmonte con camiones Komatsu 930E-4SE. HT034 y HT029	48
<b>Tabla 8</b> — Tiempo de carguío con la pala eléctrica P&H 4100XP al camión Komatsu 930E-4SE, en promedio	49
<b>Tabla 9</b> — Tiempos de espera y descarga (camión Komatsu-930E-4SE) en la chancadora primaria agosto 2023	50
<b>Tabla 10</b> — Tiempos de espera y descarga (camión komatsu-930E-4SE) en la chancadora primaria, agosto 2023	51
<b>Tabla 11</b> — Tiempos de ida y retorno del camión Komatsu-930E-4SE de tajo a la chancadora primaria con cola de pato, agosto 2023	52
<b>Tabla 12</b> — Tiempos de ida y retorno del camión komatsu-930E-4SE de tajo a la chancadora primaria sin cola de pato, agosto 2023	53
<b>Tabla 13</b> — Derrame de material acumulado por día en Tn del camión komatsu-930E-4SE, agosto 2023.	54
<b>Tabla 14</b> — Tiempos operativos en promedio por día en (min) de los camiones Komatsu 930E-4SE	55
<b>Tabla 15</b> — Tiempos promedio de ciclo en (min) de los camiones Komatsu 930E-4SE	55
<b>Tabla 16</b> — Total, de Eventos observados de derrames entre tolvas sin cola pato y tolvas con cola de pato de los camiones Komatsu 930E-4SE.	63
<b>Tabla 17</b> Indicadores de desempeño antes y después de la implementación de la cola de pato en las Tolva de los camiones Komatsu 930E-4SE.	64
<b>Tabla 18</b> — Datos para su análisis y tratamiento en el software Minitab	68
<b>Tabla 19</b> — Información del factor	69
<b>Tabla 20</b> — Análisis de Varianza	69
<b>Tabla 21</b> — Resumen del modelo	69
<b>Tabla 22</b> — Medias de los factores	69
<b>Tabla 23</b> — Comparaciones en parejas de Fisher, Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> — Dimensión del camión minero 930E-4SE Komatsu (Vista lateral)	15
<b>Figura 2</b> — Dimensiones camión 930E-4SE Komatsu (Vista frontal)	16
<b>Figura 3</b> — Dimensiones camión 930E-4SE Komatsu (posterior)	16
<b>Figura 4</b> — Tolva de camión minero Komatsu 930E-4SE sin cola de pato	18
<b>Figura 5</b> — Revestimiento de tolvas	19
<b>Figura 6</b> — Tolva de piso plano	20
<b>Figura 7</b> — Camión Komatsu 930E-4SE con tolva cola de pato	21
<b>Figura 8</b> — Derrame de material en flota de camiones Komatsu 930E-4SE	22
<b>Figura 9</b> — Informe técnico de neumáticos, unidad minera Las Bambas	23
<b>Figura 10</b> — Derrame de material producto de la unidad HT034, con fecha 30/08/2023	23
<b>Figura 11</b> — Determinación de la efectividad y eficiencia basada en la utilización de los recursos.	27
<b>Figura 12</b> — Trabajo en rampa de acceso. Nota: Tomado de Otazu (2019, p.48)	35
<b>Figura 13</b> — Trabajo en rampa de acceso con dos camiones.	36
<b>Figura 14</b> — Distribución real de cargas en % febrero de camiones de acarreo	42
<b>Figura 15</b> — Gráfico de la distribución de las cargas de la unidad minera Las Bambas para febrero de 2023	42
<b>Figura 16</b> — Gráfico de la distribución de las cargas de la unidad minera Las Bambas para agosto de 2023	44
<b>Figura 17</b> — Distribución real de cargas en % agosto de camiones de acarreo	44
<b>Figura 18</b> — Camión Komatsu 930E-4SE con cola tolva de cola de pato	45
<b>Figura 19</b> — Prototipo de cola de pato en tolva de camión Komatsu 930E-4SE	46
<b>Figura 20</b> — Vista inferior prototipo de cola de pato en tolva de camión Komatsu 930E-4SE	46
<b>Figura 21</b> — Variación de la producción en mineral de los camiones Komatsu 930E-4SE con cola de pato y sin cola de pato, agosto 2023.	56
<b>Figura 22</b> — Variación de la producción de desmonte de los camiones Komatsu 930E-4SE con cola de pato y sin cola de pato, agosto 2023.	57
<b>Figura 23</b> — Derrame de material acumulado por día en Tn de los camiones komatsu-930E-4SE, agosto 2023.	57
<b>Figura 24</b> — Determinación de la producción de los camiones Komatsu 930E-4SE con tolva de cola de pato y tolva estándar en diez viajes.	58
<b>Figura 25</b> Gráfico del top de demoras y Stand By en base U o A de la flota Komatsu 930E-4SE del año 2021 y 2023	58
<b>Figura 26</b> — Tiempo de carguío en promedio al camión HT025 con cola de pato	59
<b>Figura 27</b> — Tiempo de carguío en promedio al camión HT029 con cola de pato	59
<b>Figura 28</b> — Tiempo de carguío en promedio al camión HT028 sin cola de pato	60
<b>Figura 29</b> — Tiempo de carguío en promedio al camión HT034 sin cola de pato	60
<b>Figura 30</b> — Tiempo promedio de ciclo total de carguío en conjunto de los camiones Komatsu 930E-4SE	61



<b>Figura 31</b> — Tiempos de espera y descarga (camión Komatsu 930E-4SE) con cola de pato, agosto 2023	61
<b>Figura 32</b> — Tiempos de espera y descarga (camión komatsu-930E-4SE) con tolva estándar, agosto 2023	62
<b>Figura 33</b> — Tiempos de ida y retorno del camión komatsu-930E-4SE, con tolva cola de pato, agosto 2023	62
<b>Figura 34</b> — Tiempos de ida y retorno del camión komatsu-930E-4SE sin cola de pato, agosto 2023	63
<b>Figura 35</b> — Sí un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes	70
<b>Figura 36</b> — La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos	71
<b>Figura 37</b> — Valores individuales de diseño de la data	71
<b>Figura 38</b> — Diseño de cajas de bigotes	72
<b>Figura 39</b> — Diseño de probabilidad normal	72
<b>Figura 40</b> — Se interpreta donde el diseño propuesto tiene una aceptación	73
<b>Figura 41</b> — El histograma de la curva norma.	73
<b>Figura 42</b> — Accesos a tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas	110



## INTRODUCCIÓN

En la operación minera de Las Bambas, uno de los problemas recurrentes es la pérdida de material durante el transporte, lo que impacta negativamente en la productividad y eficiencia operativa. Esta pérdida no solo representa un desperdicio significativo, sino que también afecta los volúmenes trasladados, genera riesgos ambientales y reduce la eficiencia global de la operación. Además, los tiempos improductivos en los ciclos de acarreo, provocados por retrasos, maniobras innecesarias o condiciones adversas, incrementan los costos operativos y disminuyen la productividad general. Finalmente, la seguridad operativa es un factor crítico, ya que cualquier incidente durante el transporte puede ocasionar daños materiales, lesiones a los trabajadores e interrupciones en la operación, afectando la continuidad y sostenibilidad de las actividades mineras.

Para evaluar el impacto de la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, se empleará un enfoque cuantitativo basado en la recopilación y análisis de datos operativos. Dado que el estudio tiene un diseño cuasi-experimental, se analizarán indicadores clave de productividad comparando el rendimiento de los camiones con y sin la modificación. La investigación aplicará un muestreo intencional no probabilístico, seleccionando dos camiones sin cola de pato y dos camiones con la instalación de esta tecnología. Se medirán variables como las pérdidas de material durante el transporte, los tiempos de ciclo de acarreo y la seguridad operativa. Además, se realizará un análisis estadístico para evaluar la significancia de los cambios observados y determinar la correlación entre la instalación de la cola de pato y la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba.

El estudio se realizará en la unidad minera Las Bambas, ubicada en la región de Apurímac y reconocida como una de las principales productoras de cobre a nivel mundial. Como mina a cielo abierto, enfrenta constantes desafíos en la optimización del transporte de material. Se analizará el desempeño de los camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba con y sin la instalación de la cola de pato, evaluando indicadores clave como la reducción de pérdidas

de material, la disminución de tiempos improductivos y la mejora en la seguridad operativa. También se considerarán las condiciones del tajo Ferrobamba para entender mejor la aplicación de esta tecnología y su posible replicabilidad en otras operaciones mineras.

El objetivo central de esta investigación es evaluar el impacto de la instalación de la cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas durante el 2023. Se busca determinar si esta modificación contribuye a mejorar la eficiencia operativa, reducir pérdidas de material y aumentar la seguridad en el transporte minero.

El estudio de investigación se divide en seis capítulos, capítulo I, planteamiento del problema, aborda la necesidad de optimizar la producción en la unidad minera Las Bambas, capítulo II, objetivos e hipótesis, se redactan los objetivos de la investigación, hipótesis de la investigación y la operacionalización de variables, capítulo III, marco teórico referencial, se presentarán los antecedentes de la investigación, incluyendo estudios sobre la optimización de la producción minera, también se definirán términos clave como "cola de pato", capítulo IV metodología, se definirá el tipo, nivel y diseño de la investigación, se describirán las fuentes de recolección de datos así como las técnicas e instrumentos de investigación empleados, y el análisis de datos capítulo VI, conclusiones y recomendaciones, se redactarán las conclusiones de la investigación basadas en los resultados obtenidos, además, se propondrán recomendaciones para futuras implementaciones o mejoras tecnológicas, finalmente, se incluirán las referencias bibliográficas y la matriz de consistencia, como parte del respaldo de la investigación.

## RESUMEN

Este estudio, titulado "Optimización de la producción con la instalación de cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, 2023", analiza los desafíos en la optimización de la producción minera en Las Bambas, particularmente los derrames de material en terrenos irregulares, que generan pérdidas económicas y mayores costos de mantenimiento. Asimismo, los tiempos improductivos por congestión y falta de coordinación afectan la productividad, mientras que los riesgos operativos comprometen la seguridad. Para abordar estos problemas, se evaluó la instalación de una "cola de pato" en los camiones como posible solución para reducir pérdidas, mejorar la estabilidad y optimizar los ciclos de acarreo.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con diseño cuasi-experimental, comparando el desempeño de camiones con y sin la modificación. Los resultados demostraron mejoras sustanciales: los camiones con cola de pato registraron una producción promedio de 318,65 toneladas de mineral y 309 toneladas de desmonte, representando incrementos del 3 % y 2 % respectivamente. Asimismo, se evidenció un aumento promedio de 8 toneladas por viaje con esta modificación.

En términos de eficiencia operativa, los camiones modificados redujeron el tiempo promedio de ciclo de acarreo de 20,93 a 20,39 minutos, mejorando la eficiencia en un 2,63 %. Además, los derrames de material se redujeron del 49 % al 18 %, lo que representa una disminución del 63 % en pérdidas durante el transporte. Esta mejora no solo optimiza la productividad, sino que también reduce riesgos operativos y costos asociados.

Con base en estos hallazgos, se concluye que la implementación de la cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE contribuye significativamente a la optimización del acarreo. Se recomienda su aplicación generalizada junto con monitoreos periódicos y programas de capacitación para maximizar su impacto.

**Palabras clave:** *Optimización, producción, instalación de cola de pato.*



## ABSTRACT

This study, titled "Optimization of production with the installation of dovetail on Komatsu 930E-4SE trucks in the Ferrobamba pit, Las Bambas mining unit 2023", analyzes the challenges in optimizing mining production in Las Bambas, particularly material spills on irregular terrain, which generate economic losses and higher maintenance costs. Likewise, unproductive times due to congestion and lack of coordination affect productivity, while operational risks compromise safety. To address these issues, the installation of a "ducktail" on trucks was evaluated as a possible solution to reduce losses, improve stability and optimize hauling cycles.

The research adopted a quantitative approach with a quasi-experimental design, comparing the performance of trucks with and without the modification. The results demonstrated substantial improvements: the dovetail trucks recorded an average production of 318,65 tons of ore and 309 tons of waste, representing increases of 3% and 2% respectively. Additionally, an average increase of 8 tons per trip was evident with this modification.

In terms of operational efficiency, the modified trucks reduced the average haul cycle time from 20,93 to 20,39 minutes, improving efficiency by 2,63%. Additionally, material spills were reduced from 49% to 18%, representing a 63% decrease in transport losses. This improvement not only optimizes productivity but also reduces operational risks and associated costs.

Based on these findings, it is concluded that the implementation of the dovetail on Komatsu 930E-4SE trucks contributes significantly to haulage optimization. Its widespread application, along with periodic monitoring and training programs, is recommended to maximize its impact.

**Keywords:** *Production, optimization, dovetail installation.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La optimización de la producción en operaciones mineras es un desafío constante debido a la naturaleza compleja y dinámica de los procesos involucrados. En la unidad minera Las Bambas, el transporte de material representa uno de los procesos más críticos, ya que incide directamente en los costos operativos, los tiempos de producción y la seguridad de las operaciones. Sin embargo, esta actividad enfrenta diversos problemas que limitan su eficiencia:

- **Derrames de material durante el transporte.** Los camiones Komatsu 930E-4SE, a pesar de su gran capacidad y robustez, suelen experimentar pérdidas de material durante los traslados, especialmente en terrenos irregulares y pendientes pronunciadas. Estos derrames no solo generan pérdidas económicas por el material desaprovechado, sino también incrementan los costos de limpieza y mantenimiento de las vías.
- **Tiempos improductivos en los ciclos de acarreo.** Los ciclos de acarreo incluyen varias etapas, como la carga, el transporte, el vaciado y el retorno. Factores como la congestión en las rutas, las paradas no planificadas y las ineficiencias en la coordinación de las operaciones generan retrasos que afectan la productividad general. La falta de optimización en estos tiempos resulta en una menor cantidad de material transportado por unidad de tiempo.
- **Riesgos para la seguridad operativa.** El transporte de material en condiciones adversas presenta riesgos significativos para la seguridad de los operadores y el equipo. Los derrames de material pueden provocar deslizamientos en las vías, aumentar el desgaste de los neumáticos y generar condiciones peligrosas para los camiones y su entorno. Estos riesgos comprometen no solo la eficiencia de las operaciones, sino también el bienestar del personal y la sostenibilidad de la actividad minera.

Ante estas problemáticas, la instalación de la "cola de pato" en los camiones Komatsu 930E-4SE se presenta como una solución potencial para mitigar estos retos. Este dispositivo permite contener el material transportado, reduciendo los derrames y mejorando la distribución de la carga. Además, contribuye a una mayor estabilidad del camión durante el transporte, lo que puede traducirse en ciclos de acarreo más rápidos y seguros.

Sin embargo, es necesario evaluar de manera integral y cuantitativa los beneficios de esta implementación. Es fundamental determinar cómo la "cola de pato" impacta en las tres variables clave: la minimización de pérdidas de material, la reducción de tiempos improductivos y la mejora en la seguridad operativa. Esto permitirá validar su efectividad y generar estrategias que impulsen la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de eficiencia y sostenibilidad de la unidad minera Las Bambas.

## **1.2 Enunciado del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo influye la instalación de la cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿De qué manera la minimización de las pérdidas de material durante el transporte contribuye a la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023?
- ¿Cómo afecta la reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo a la eficiencia operativa en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023?
- ¿Qué impacto tiene la mayor seguridad operativa durante el transporte de material en el desempeño general de la producción en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023?

### **1.2.3 Justificación de la investigación**

La presente investigación busca optimizar la producción en la unidad minera Las Bambas mediante la instalación de la cola de pato en camiones Komatsu



930E-4SE, una innovación que aborda desafíos operativos clave en el transporte de material en minería a cielo abierto.

Este estudio es relevante porque enfrenta problemáticas comunes en las operaciones mineras, como las pérdidas de material durante el transporte, los tiempos improductivos en los ciclos de acarreo y los riesgos de seguridad operativa. Estas dificultades generan un impacto negativo en la productividad, la sostenibilidad económica y la seguridad de los trabajadores.

Desde una perspectiva práctica, la investigación permitirá implementar mejoras en los procesos logísticos y operativos, reduciendo costos asociados a pérdidas y tiempos muertos, y promoviendo un entorno de trabajo más seguro. Además, los resultados podrán servir como referencia para otras operaciones mineras que busquen innovaciones en el transporte de materiales.

Finalmente, desde el ámbito académico, este trabajo aportará al cuerpo de conocimiento sobre innovación y optimización en minería, proporcionando un enfoque específico y aplicable a problemas reales, con impacto directo en la industria.

La implementación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE busca reducir las pérdidas de material, reducir los tiempos improductivos y mejorar la seguridad operativa, tres factores clave para la optimización de la producción minera. En el contexto de la unidad minera Las Bambas, donde el transporte de material es uno de los procesos más críticos en términos de costos y eficiencia, este estudio tiene una justificación práctica directa. Mejorar estos aspectos permitirá a la empresa aumentar su rentabilidad, disminuir el impacto ambiental, reducir riesgos para los trabajadores y aumentar la sostenibilidad operativa. Los resultados de esta investigación podrían llevar a una mejora tangible en la eficiencia de las operaciones, con implicaciones económicas significativas y una mejor calidad en las condiciones de trabajo.

Con la presentación y sustentación del presente trabajo de investigación de la tesis me accederá obtener el Título profesional de ingeniero de minas de la facultad de ingeniería, escuela académico profesional de ingeniería de minas de la universidad nacional Micaela Bastidas de Apurímac.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la instalación de la cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, durante el 2023.

##### 2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la minimización de las pérdidas de material durante el transporte en la mejora de la productividad en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, durante el 2023.
- Determinar la reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo sobre la eficiencia operativa en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, durante el 2023.
- Identificar el impacto de la mayor seguridad operativa durante el transporte de material sobre la continuidad y sostenibilidad de las operaciones mineras en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, durante el 2023.

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.1 Hipótesis general

La instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023 mejora significativamente la optimización de la producción, al reducir las pérdidas de material, los tiempos improductivos en los ciclos de acarreo y aumentar la seguridad operativa durante el transporte de material.



### 2.2.2 Hipótesis específicas

- La minimización de las pérdidas de material durante el transporte, a través de la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, incrementa la eficiencia en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.
- La reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo de los camiones Komatsu 930E-4SE, al instalar la cola de pato, contribuye a una mejora significativa en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.
- La mayor seguridad operativa durante el transporte de material, lograda con la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, facilita una optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023., reduciendo accidentes y tiempos de inactividad.

### 2.3 Operacionalización de variables

**Tabla 1 — Operacionalización de variables.**

VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
<b>Variable Independiente.</b> Cola de pato	Transporte	❖ Volumen ❖ Tonelaje ❖ Derrame ❖ tiempo
<b>Variable dependiente.</b> Optimización de la producción	Producción	❖ Tonelaje ❖ Tiempo ❖ Seguridad

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) Smith (2018), en un estudio titulado optimización de la capacidad de tolvas en camiones mineros para reducir pérdidas de material y mejorar la eficiencia operativa (Australia, 2018), en una operación minera en el oeste de Australia, se implementaron modificaciones en las tolvas de camiones mineros Caterpillar 793F con el objetivo de reducir los derrames de material y mejorar la eficiencia en el acarreo. El estudio demostró que el rediseño de las tolvas, incluyendo extensiones en los bordes, redujo los derrames en un 22% y mejoró la capacidad de carga efectiva en un 15%. Además, la reducción de derrames disminuyó significativamente los costos de limpieza y mantenimiento de las vías. Este antecedente demuestra la importancia de adaptar el diseño de las tolvas para optimizar la producción y reducir costos operativos en la minería a gran escala,
- b) González y Martínez (2020), estudiaron la implementación de modificaciones en los camiones mineros Komatsu 980E en una mina de cobre del norte de Chile. El rediseño incluyó accesorios como extensiones laterales y superiores para mejorar la retención del material transportado. Los resultados mostraron un aumento del 18% en la eficiencia de acarreo debido a la reducción de pérdidas de material y un incremento del 12% en los ciclos diarios realizados. Además, se observaron mejoras en la seguridad operativa, ya que disminuyeron los incidentes relacionados con derrames en un 30%. Este antecedente subraya la efectividad de las modificaciones técnicas en las tolvas para mejorar la productividad y seguridad.
- c) Moyo (2019), en su investigación titulado evaluación de la implementación de accesorios en tolvas para mejorar la seguridad y eficiencia del transporte de material en minas de oro (Sudáfrica, 2019), analizaron el efecto de instalar accesorios tipo “colas de pato” en las tolvas de camiones mineros Volvo A60H.

El objetivo principal fue mejorar la seguridad operativa y la estabilidad de la carga durante el transporte en terrenos irregulares. Los resultados mostraron una disminución del 40% en los accidentes asociados a deslizamientos de material y un incremento del 10% en la capacidad de transporte por ciclo, lo que mejoró significativamente los tiempos de acarreo. Este estudio destacó la importancia de integrar mejoras técnicas para garantizar operaciones más seguras y eficientes, especialmente en terrenos complejos.

- d) Ramírez (2018), en su trabajo de grado denominado “Análisis de sensibilidad del factor de producción de camiones respecto al tiempo de acarreo de material estéril en la empresa Drummond Ltd” para optar el título de Ingeniero de Minas en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, país Colombia. En resumen, la tesis trata de una descripción de la actividad de acarreo de material estéril en las minas Pribbenow y El Descanso, tomando en cuenta los elementos operacionales y las variables de tiempo que componen. Debido a esto se realizó un estudio de sensibilidad del factor de producción de camiones “TRUCK FACTOR” respecto al tiempo de ciclo durante la actividad de acarreo, lo que ayuda formar la relación de influencia de este parámetro establecido en el rango de variación. El tipo de investigación es aplicativo. El nivel de investigación es descriptivo y su diseño cuantitativo. El objetivo del estudio fue estudiar la sensibilidad del factor de producción de camiones respecto al tiempo de ciclo en el acarreo de material estéril en las minas Pribbenow y El Descanso, Drummond Ltd. Las conclusiones fueron que el análisis de sensibilidad ayudo a determinar la relación de influencia del tiempo de ciclo en el factor de producción de los camiones, donde los resultados arrojan que la producción es inversamente proporcional al tiempo de ciclo de acarreo.
- e) Medina (2021), en su tesis titulado “optimización del sistema de transporte en Minera Constancia usando el software JMineOps”, para obtener título de ingeniero de minas en la universidad tecnológica del Perú (UTP), en resumen, esta investigación analizó cómo el software JMineOps puede mejorar la asignación de flotas de transporte en Minera Constancia, reduciendo los tiempos de espera y optimizando los costos operativos. Se evaluaron los principales indicadores de eficiencia antes y después de implementar el sistema, las conclusiones fue la integración de herramientas tecnológicas como JMineOps permite una asignación

dinámica de recursos, lo que reduce pérdidas por decisiones inadecuadas y mejora la productividad general.

- f) Hurtado (2019), en su tesis titulada “Influencias del mantenimiento de vías de acarreo en la productividad del tajo Ferrobamba-minera Las Bambas- Apurímac” para optar por el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. En resumen, la tesis trata de la importación de seguimiento y monitoreo de los equipos en la productividad durante la actividad de acarreo, la misma que en ocasiones afecta cuando las vías de acarreo se encuentran en malas condiciones de mantenimiento, debido al alto circulación de equipos de acarreo las mismas que podrían verse afectados con las condiciones climáticas propios de la geografía de la zona minera que afectan negativamente a las vías. El tipo de investigación es cuantitativa descriptiva y analítica. El nivel de investigación es método cuantitativo analítico y su diseño cuasi experimental. El objetivo del estudio fue mejorar la productividad en la unidad minera Las Bambas tomando como criterio principal el mantenimiento de las vías de acarreo. Las conclusiones fueron que se pudo inferir que el mantenimiento de las vías de acarreo está directamente relacionado con la productividad, en 2019 generaron un incremento comparativo de 4,19 % en toneladas movidas respecto a 2018 y en relación al rendimiento de los neumáticos en este mismo periodo se registraron una mejora de 5,96%.
- g) Díaz (2018), en su tesis titulado “Diseño de tolva ligera para camiones 785 B/C y su impacto en la productividad en una empresa minera” para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional de Trujillo. En resumen, la tesis trata que ha debido a una crisis que viene atravesando la unidad minera, se ve obligada a efectuar proyectos de mejora en su gestión y operación minera. Una de las oportunidades para mejorar es en las tolvas de camión minero CAT 785 B/C, la cual, debido al mantenimiento inadecuado, como por ejemplo la soldadura de planchas en la tolva de gran espesor sobre las planchas base, instalación de refuerzos en los laterales de la tolva disminuir daños durante el carguío, etc. El tipo de investigación es aplicativo. El nivel de investigación es descriptivo aplicativo y su diseño cuasi experimental. El objetivo de la investigación fue diseñar una tolva ligera, para camiones de modelo 785B/C de transporte de mineral para una empresa minera. Las conclusiones fueron que el peso de la caja o tolva no llegó a superar el objetivo de 20 toneladas por lo cual



no afecta la capacidad bruta del camión y en general la investigación tuvo respuesta favorable a los impactos de las cargas aplicadas. Se logró incrementar capacidad de carga, se logró reducir costos y económicamente resultó viable.

- h)** Lavado (2019), en su tesis titulada “Aumento de la producción de pala Rh90c y reducción de sobrecargas de camión minero Cat 777 mediante la eliminación del último pase en el carguío con pala rh90c. en la unidad Minera la Arena S.A.” para optar por el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de Trujillo. En resumen, el trabajo de investigación se realizó en la Compañía Minera La Arena S.A. para aumentar la productividad de la pala RH90C y reducir la sobrecarga del vehículo minero CAT 777, eliminando la última pasada en la carga de la pala RH90C, ya que en el último cuatrimestre de 2018 la productividad de la pala fue de 1748,22 toneladas/hora, inferior al objetivo de 2018 de 1870 toneladas/hora. Además. Para identificar el problema de la baja eficiencia de los cubos, se supervisó todo el turno, recogiendo datos sobre el ciclo de carga, el número de viajes en los que se cargan los camiones y el número de camiones cargados por hora. El tipo de investigación es aplicativo. El nivel de investigación es descriptivo aplicativo y su diseño cuasi experimental. El objetivo de la investigación fue Aumento de la producción de pala rh90c y reducción de sobrecargas de camión minero. En conclusión, el ciclo de carga disminuyó de 3,38 a 2,92 minutos, el número de camiones cargados por hora aumentó de 17,73 a 20,57 camiones, la capacidad de las cucharas disminuyó de 1748,22 toneladas/hora a 1923,43 toneladas/hora, el coste unitario disminuyó de 0,25 dólares/tonelada a 0,22 dólares/tonelada, la sobrecarga disminuyó del 38% al 3,4% y el consumo de combustible disminuyó de 20,75 galones/hora a 17,24 galones/hora.
- i)** Otazu (2019), en su tesis titulada “Diseño de secuencia de minado de la pala eléctrica P01, para incrementar la producción en la fase 5 de la Unidad Minera Cuajone Southern Perú” para optar por el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional del Altiplano. En resumen, una empresa minera del sur de Perú, situada en el distrito de Torata de la provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua, explota actualmente grandes minerales como el cobre y el molibdeno en una mina a cielo abierto. Debido a la carga de mineral y a la secuencia de explotación con pala eléctrica, existen problemas de retrasos en la secuencia de explotación en la etapa 5 desde el nivel 3025. El alcance de la metodología del estudio es cuantitativo y el estudio es de carácter descriptivo



mediante la descripción e identificación de cada uno de los elementos relevantes de la secuencia minera de la pala eléctrica, con el estudio realizado durante 3 meses mediante la obtención de una base de datos de información relevante de los informes del área de planificación. El objetivo general del problema de investigación es diseñar una secuencia de explotación con pala eléctrica P01 P&H 2800 XPB para aumentar la producción en la etapa 5 desde el nivel 3025 en la mina de Cuajone. Se ha determinado la producción anual, la producción mensual de las palas eléctricas y la descripción detallada de la secuencia de extracción para lograr un mejor cambio y mejorar la producción. Se comprobó que la reducción del ángulo de oscilación de  $90^\circ$  a  $75^\circ$  dio lugar a una reducción de 32,4 segundos en el tiempo del ciclo de carga de la pala eléctrica. Se logró un aumento de la producción de 2570,63 toneladas al reducir el ángulo de giro de la cuchara eléctrica P01 de  $90^\circ$  a  $75^\circ$ , pasando de 47 556,66 a 50 127,29 toneladas por día.

- j) Pérez (2018), en su tesis titulada “Estrategias de formación de personal local enfocada a la productividad de un operador de equipos en el proyecto Las Bambas 2015” para optar por el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. En resumen, la tesis trata de establecer las estrategias necesarias de formación de personal para lograr la productividad planeada en los equipos de la minera Las Bambas. Mediante el estudio de la curva de aprendizaje se demuestra que la experiencia influye para que un operador mejore su rendimiento en la operación del equipo. Tipo de investigación es descriptivo aplicativo. El nivel de investigación es descriptivo y su diseño cuasi experimental. El objetivo de la investigación es establecer las estrategias que influyan en la formación para capacitar operadores que puedan alcanzar la productividad que la empresa minera requiere. Las conclusiones fueron que el programa de adaptabilidad es fundamental para el inicio de un proceso de formación, permite tener participantes más predispuestos y con mayor confianza para afrontar un proceso de aprendizaje, el programa debe fortalecer las habilidades de comunicación y permitir que persona sea asignada a un equipo en función a sus habilidades.



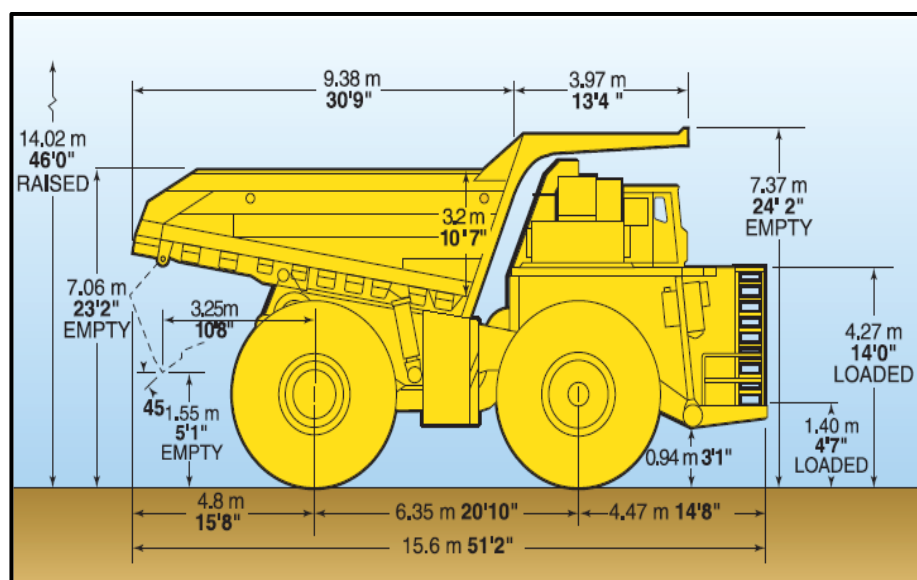
## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Camión minero Komatsu 930 E-4SE

El camión minero **Komatsu 930E-4SE** es un vehículo de acarreo de alta capacidad ampliamente utilizado en operaciones mineras a gran escala. Este modelo tiene una capacidad de carga de 320 toneladas métricas, lo que lo posiciona como uno de los más robustos y confiables en su categoría. Su diseño está enfocado en maximizar la productividad al ofrecer alta disponibilidad operativa, confiabilidad mecánica y eficiencia energética, todo ello acompañado de sistemas avanzados para la supervisión y mantenimiento.

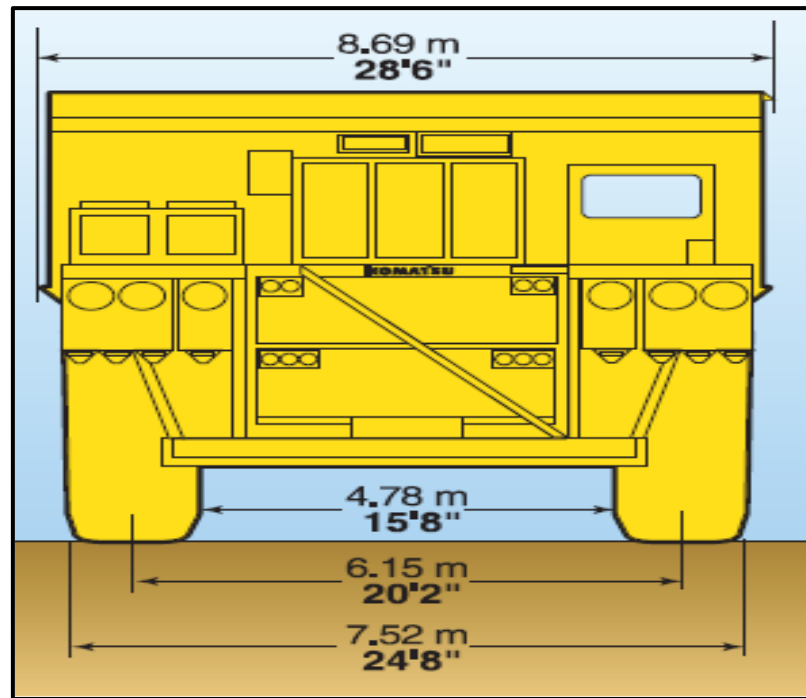
Un ejemplo detallado de su aplicación práctica se presenta en la tesis titulada **“Supervisión del ensamblaje de camiones mineros Komatsu 930E-4SE de 320 toneladas con alta disponibilidad y confiabilidad para incremento de producción, en compañía Minera Antamina”**, realizada por Johnny Matías Díaz en la Universidad Nacional del Callao (2017). En este trabajo se documentó el proceso de ensamblaje y pruebas operativas del camión para asegurar su óptima funcionalidad, lo cual tuvo un impacto directo en la mejora de las operaciones productivas de la compañía minera.

#### a) Dimensiones del camión minero Komatsu 930E-4SE.



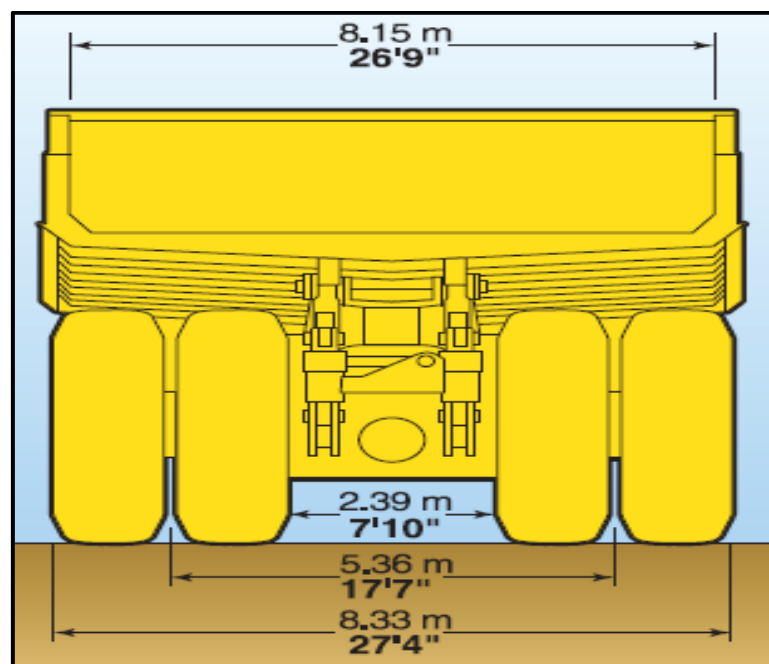
**Figura 1 — Dimensión del camión minero 930E-4SE Komatsu (Vista lateral)**

Fuente: tomado del catálogo de especificaciones Komatsu (2023).



**Figura 2 — Dimensiones camión 930E-4SE Komatsu (Vista frontal)**

Fuente: tomado del catálogo de especificaciones Komatsu (2023).



**Figura 3 — Dimensiones camión 930E-4SE Komatsu (posterior)**

Fuente: tomado del catálogo de especificaciones Komatsu (2023).

**b) Especificaciones técnicas del camión Komatsu 930E-4SE**

Este equipo está compuesto de componentes como sistema hidráulico (dirección hidráulica que compone de un control sistemático cómodo para el



operador. Este procedimiento agrupa acumuladores cargados con nitrógeno que trabaja de manera eficiente y una potencia de emergencia. Sus principales características son, de acuerdo con el catálogo de komatsu (Catalogo komatsu, 2023, p.02)

**Tabla 2 — Especificaciones del camión 930E-4SE Komatsu**

<b>VERTEDERO</b>	
Capacidad teórica	291 659,90 kg
Rendimiento en peso al borde	171,00m <sup>3</sup>
Rendimiento en peso colmada	211,00 m <sup>3</sup>
Periodo de elevamiento	21 s
periodo de descenso	23 s
Rapidez máxima	64,50 km/h
Pesaje sin equipaje	30362 Kg
Combinación del equipaje frontal sin pesaje	48,50 %
Combinación del equipaje trasero sin carga	51,50 %
Combinación del peso frontal con carga	32,80 %
Combinación del peso trasero con carga	67,20 %
<b>Motor</b>	
<b>Modelo</b>	<b>SSDA18V170</b>
Rendimiento total	2,611 Kw
Rendimiento efectivo	2,558 Kw
<b>Explotación</b>	
Capacidad del fluido del sistema de dirección	9,47 l psi
Capacidad del fluido del sistema hidráulico	13,25 l psi
Capacidad de combustible	53,00 l psi
Capacidad del fluido del sistema refrigerante	7,19 l psi
<b>Dimensiones</b>	
Largo total	15, 600 mm
Anchura total	8, 690mm
Altitud de gálibo	7, 370mm
Eje de ruedas	6, 350mm
Despeje sobre el suelo	940mm
Altura de descarga	14, 020mm
Suelo de descargas	1, 550mm

Fuente: catálogo de especificaciones Komatsu (2023).

### 3.2.2 Componentes de la tolva del camión minero

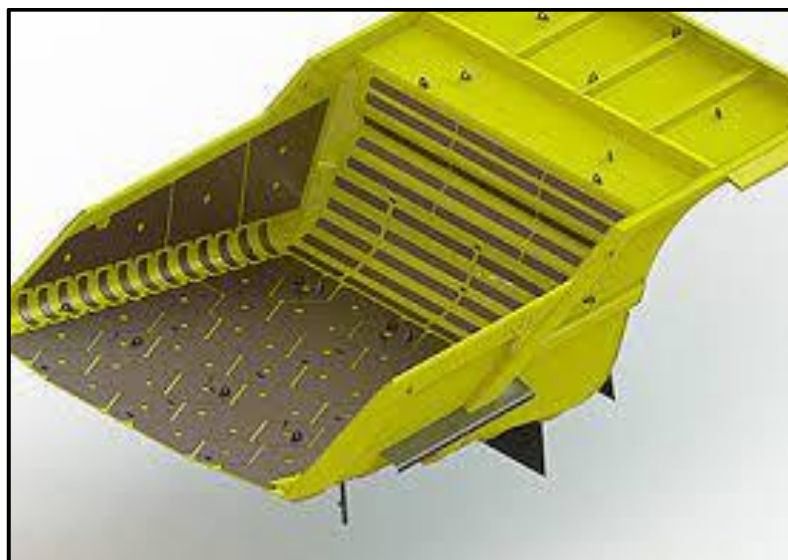
- **Tolva del camión minero Komatsu 930E-4SE**

Recipiente abierto en la parte superior del camión minero para recibir carga de minerales o concentrados, en muchos casos, se monta sobre un chasis para permitir el transporte. La elección de la tolva adecuada depende del tipo de material y las condiciones de las vías de acarreo (Araujo, 2018, p. 12).

Las tolvas del camión están diseñadas y fabricadas para mayor resistencia, capacidad y vida útil de estas. Las superficies de desgaste están experimentadas para resistir incluso lo más severo en impactos y desgastes durante el carguío y acarreo sin reducir la capacidad (Araujo, 2018, p. 12).

Las principales características de la tolva del camión son:

- Cuenta con vigas de cinco lados que acoplan las paredes y el piso para mejorar la rigidez y resistencia de la caja.
- Nervaduras anchas en el piso de la tolva aumentan la duración y la resistencia a los impactos durante el carguío.
- Tirantes a todo lo largo que conceden resistencia y rigidez en toda la tolva.
- Vigas de sección en tolva que brindan mayor duración las áreas del piso, paredes, riel superior, esquinas y techo de la cabina.



**Figura 4 — Tolva de camión minero Komatsu 930E-4SE sin cola de pato**

Fuente: Araujo, L. (2018, p. 12).

- **Revestimientos de las tolvas**

Según Araujo (2018), la minería busca garantizar que los revestimientos sean óptimos con el fin de prolongar la vida útil de la tolva y reducir los costos operacionales mediante un transporte más eficiente y económico por tonelada transportada. Esta optimización se logra mediante la selección adecuada de materiales, que pueden incluir acero de alta resistencia, caucho, poliuretano o compuestos cerámicos, dependiendo del tipo de material transportado y las condiciones de operación.

Además, la implementación de revestimientos adecuados no solo impacta en la durabilidad de la tolva, sino también en la seguridad y estabilidad del camión, reduciendo vibraciones, ruido y riesgos estructurales. La elección del tipo de revestimiento dependerá de factores como el tamaño del material transportado, la velocidad de carga y descarga y la abrasividad.



**Figura 5 — Revestimiento de tolvas**

Fuente: tomado de Valley Rubber (2020)

- **Tolva de piso plano**

Las mineras con varios años de operación y con tecnología avanzada en mantenimiento y funcionamiento de los equipos con tolva de peso más delgado MSD II (diseño para minería) se basa en el diseño de tolva piso plano. La MSD II se ha diseñado para propagar máxima carga y capacidad, facilitar mayor durabilidad y se puede conformar con varias elecciones de revestimiento para efectuar los requisitos fijados de la mina. El diseño de

tolva piso plano con una ligera pendiente provee una capacidad de máxima carga útil (Araujo, 2018, p. 13).

La tolva de piso plano proporciona un desgaste uniforme en la parte posterior de la tolva (cola de pato), con una pendiente 12 grados la cual presta una buena detención de la carga de material durante el acarreo. Cuenta de acero de dureza Brinell 400 en las áreas que proporciona una resistencia al desgaste (Araujo, 2018, p. 14).



**Figura 6 — Tolva de piso plano**

Fuente: tomado de Valley Rubber (2020)

- **Cola de pato del camión minero**

Es una modificación estructural en la tolva del camión **Komatsu 930E-4SE** que permite una mejor distribución del material durante el proceso de acarreo. Esta modificación tiene la forma de un alerón o extensión en la parte posterior de la tolva que se asemeja a una "cola de pato".

### **Funciones principales de la cola de pato**

- **Prevención de derrames:**

La cola de pato ayuda a minimizar el derrame de material cuando el camión transporta cargas a grandes distancias o por rutas con pendientes pronunciadas, lo cual es común en minería a tajo abierto. Al mantener el material más estable en la tolva, se evita que se desborde durante el acarreo.

- **Mejora en la eficiencia del transporte:**

Al evitar la dispersión del material, se maximiza la carga útil del camión, lo que reduce los costos operativos y aumenta la eficiencia del ciclo de acarreo.

- **Optimización de la carga:**

La forma especial de la cola de pato permite una distribución más uniforme del material dentro de la tolva, mejorando la estabilidad de la carga y reduciendo los riesgos de inestabilidad del vehículo.

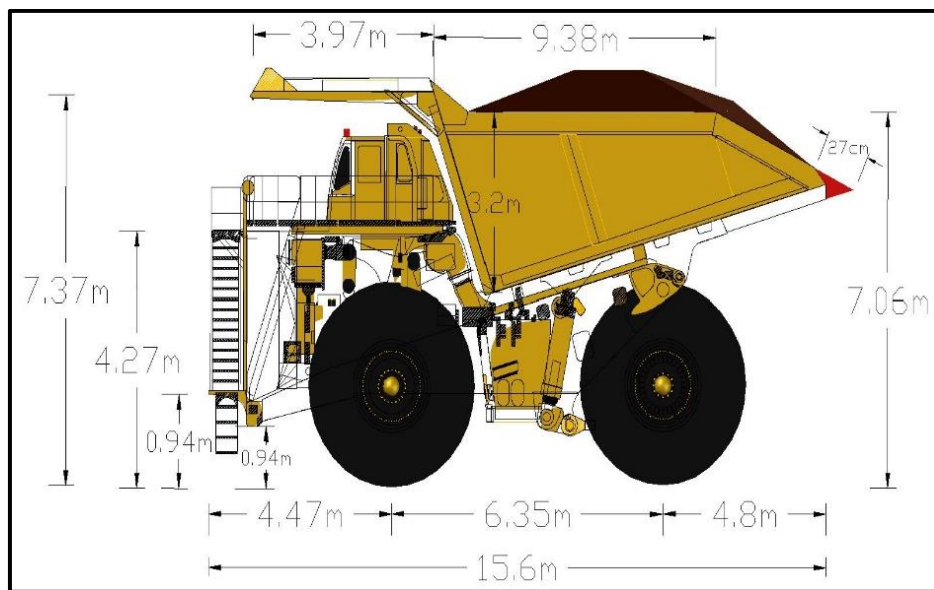


Figura 7 — Camión Komatsu 930E-4SE con tolva cola de pato

### 3.2.3 Derrame de material en las vías de transporte

El derrame de material volado en las vías de transporte dentro de una operación minera a cielo abierto puede generar varios problemas operativos, ambientales y de seguridad. Algunas causas y posibles soluciones incluyen:

- **Sobrellenado de la tolva del camión.** Si la carga sobrepasa la capacidad del camión, es más probable que el material se derrame
- **Diseño inadecuado de las vías de transporte.** Baches, inclinaciones pronunciadas o falta de peraltes pueden contribuir a la pérdida de material
- **Uso de camiones sin dispositivos de contención.** Falta de colas de pato o coberturas laterales para retener el material.

Algunas consecuencias que ocurren en mina son:

- **Mayor desgaste de la vía de acarreo.** El material derramado puede afectar la superficie de rodadura, aumentando costos de mantenimiento.
- **Riesgo de accidentes.** Puede causar deslizamientos, pérdida de control de los vehículos o daños mecánicos.
- **Afectación a la productividad.** Se requiere tiempo adicional para limpieza y mantenimiento de vías.
- **Impacto ambiental.** El polvo y la contaminación del suelo pueden aumentar.

El derrame de material volado es un desafío en la minería a cielo abierto, ya que no solo disminuye la eficiencia del proceso de carga y acarreo, sino que también representa un riesgo ambiental y de seguridad. Además, el material derramado no siempre es utilizable, lo que aumenta los costos operativos (Díaz, 2017, p. 46).



**Figura 8 — Derrame de material en flota de camiones Komatsu 930E-4SE**

Este derrame de material tiene impactos muy negativos en el proceso productivo de la unidad minera Las Bambas, el primero es la reducción de la cantidad de material que transporta desde un punto A al punto B, lo segundo es la influencia negativa en los neumáticos del tipo scrap, según e evidencia en informe técnico presentado a la unidad de planeamiento por parte de la unidad de mantenimiento.

<b>INFORME DE NEUMATICOS</b>	
TIPO DE DAÑO	<b>IMPACTO DE ROCA ENTRE HOMBRO Y BANDA DE RODAMIENTO</b>
DESGASTE	<b>44.00%</b> VALOR REMANENTE \$ 21,794.14
MOTIVO DE REMOCION	<b>IMPACTO DE ROCA ENTRE HOMBRO Y BANDA DE RODAMIENTO</b>
ZONA DE DAÑO	<b>HOMBRO Y BANDA</b> <b>SCRAP</b>
RECOMENDACIONES	EVITAR EL PASO SOBRE DERRAME DE MATERIAL (ROCA) LIMPIEZA CONSTANTE EN LAS VIAS REPORTABILIDAD INMEDIATA (CONDICION DE VIAS)
<b>PANEL FOTOGRAFICO</b>	
	

**Figura 9 — Informe técnico de neumáticos, unidad minera Las Bambas**



**Figura 10 — Derrame de material producto de la unidad HT034, con fecha 30/08/2023**

### 3.2.4 Reducción de tiempos improductivos en ciclos de acarreo

La reducción de tiempos improductivos en ciclos de acarreo se refiere a la optimización de los tiempos operativos en el transporte de material dentro de una mina, minimizando las interrupciones o demoras que afectan la eficiencia del proceso. Estos tiempos improductivos pueden originarse por factores como la limpieza de vías debido a derrames, disminución de velocidad en tramos

afectados, congestión vehicular en rutas mineras y detenciones no programadas por mantenimiento de equipos.

La implementación de mejoras en la gestión del acarreo, como la instalación de colas de pato en camiones de transporte, contribuye a reducir estos tiempos al minimizar la pérdida de material, mantener velocidades de operación más constantes y disminuir la necesidad de intervenciones correctivas en la vía. Como resultado, se optimiza el flujo de transporte, se incrementa la productividad y se reducen costos asociados a la operación minera. (Arteaga, 2021, p. 68)

- **Componentes principales del ciclo de acarreo:**

1. **Tiempo de carga:** Duración necesaria para cargar el material en la tolva del camión minero.
2. **Tiempo de transporte:** Tiempo que toma el camión para trasladar el material hasta su destino.
3. **Tiempo de descarga:** Tiempo necesario para descargar el material en el punto de destino.
4. **Tiempo de retorno:** Duración del trayecto desde el punto de descarga hasta el punto de carga.
5. **Tiempos de espera:** Incluye retrasos en colas, tiempos muertos, y esperas por disponibilidad de otros equipos.

- **Factores que generan tiempos improductivos en el acarreo**

Los tiempos improductivos afectan directamente la eficiencia del transporte y pueden deberse a:

1. **Limpieza de vías por material derramado**

Cuando hay derrames, se deben realizar paradas para la limpieza, lo que genera interrupciones en la flota de acarreo.

2. **Reducción de velocidad en tramos afectados por derrames**

Los operadores pueden reducir la velocidad en curvas o pendientes con material suelto para evitar accidentes.

3. **Mayor desgaste de neumáticos y mantenimiento de camiones**

La presencia de material en la vía acelera el desgaste de neumáticos y componentes, generando paradas adicionales para mantenimiento.



#### **4. Interrupciones en la coordinación de la flota**

Cuando un camión se detiene por derrames, puede generar congestión y retrasos en la programación del acarreo.

- **Impacto de la instalación de colas de pato en la reducción de tiempos improductivos.**

La instalación de colas de pato puede minimizar estos tiempos improductivos al:

1. Reducir el material derramado en la vía, disminuyendo la frecuencia de limpieza.
2. Permitir velocidades más constantes al reducir la necesidad de precaución extrema en zonas de derrames.
3. Evitar interrupciones en la flota, asegurando un flujo de acarreo más continuo.
4. Disminuir el desgaste de neumáticos y componentes al reducir la presencia de material suelto en la vía.

#### **3.2.5 Mayor seguridad operativa durante el transporte de material**

Según **Orderique** (2022) sostiene que la seguridad operativa durante el transporte de material en minería se refiere al conjunto de medidas, procedimientos y sistemas implementados para garantizar la integridad de los trabajadores, la protección del medio ambiente y la eficiencia en la operación de traslado de materiales. Esto incluye la evaluación de riesgos, el diseño de rutas seguras, la inspección y el mantenimiento de los equipos de transporte, la capacitación del personal y la implementación de controles críticos como señalización adecuada, sistemas de monitoreo y planes de contingencia.

La seguridad operativa durante el transporte de material en minería se refiere al conjunto de procedimientos, controles, equipos y políticas implementadas para garantizar que las actividades de transporte de mineral y desmonte, desde los puntos de extracción hasta las áreas de descarga o procesamiento, se realicen minimizando riesgos para los trabajadores, los equipos y el entorno. Este concepto engloba aspectos como el mantenimiento de los equipos de transporte, la capacitación del personal, la implementación de sistemas de monitoreo, y el cumplimiento de estándares de seguridad y regulaciones ambientales.



- **Diseño y mantenimiento de las vías internas**

Las rutas deben diseñarse considerando las pendientes adecuadas, radios de curva amplios, y superficies estables para soportar el peso y las dimensiones de los camiones mineros. El mantenimiento continuo de las vías asegura que permanezcan en condiciones óptimas, reduciendo el riesgo de accidentes por deslizamientos o desgaste del terreno

- **Evaluación y monitoreo de cargas**

La sobrecarga o la distribución incorrecta del material transportado puede desestabilizar el camión, aumentando el riesgo de vuelcos. El uso de sistemas tecnológicos para medir el peso y monitorear el equilibrio de la carga es esencial para cumplir con los límites operativos

- **Capacitación de operadores**

Los conductores deben ser entrenados regularmente en temas como operación segura, manejo en condiciones adversas, respuesta a emergencias y uso eficiente de los recursos del camión. Esto ayuda a reducir errores humanos, que son una causa común de incidentes

- **Planes de contingencia y respuesta a emergencias**

Es fundamental contar con protocolos claros para actuar en caso de accidentes como derrames, vuelcos o fallas mecánicas. Estos planes deben incluir rutas de evacuación, comunicación inmediata y equipos disponibles para mitigar los impactos

- **Control de velocidad y distancias seguras**

Se deben establecer límites de velocidad según las características de las vías y garantizar que los camiones mantengan distancias seguras entre ellos para prevenir colisiones, especialmente en áreas de alta circulación.

### 3.2.6 Optimización de la producción

La **optimización de la producción** es el proceso de mejorar la eficiencia y efectividad de un sistema productivo para maximizar la salida de bienes o servicios utilizando los recursos disponibles de manera eficiente. En el contexto industrial y minero, este concepto abarca técnicas y estrategias que buscan incrementar la productividad reduciendo desperdicios, tiempos muertos



y costos, al tiempo que se mejoran los estándares de calidad y seguridad (Arteaga, 2021, p. 56)

- **Principales aspectos de la optimización de la producción**

1. **Mejor utilización de recursos:** Incluye el aprovechamiento óptimo de materiales, maquinaria, energía, y personal para minimizar los costos operativos.
2. **Reducción de tiempos improductivos:** Enfocado en minimizar retrasos, tiempos muertos y pérdidas por ineficiencias.
3. **Incremento de la calidad:** Busca garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares establecidos, reduciendo errores y retrabajos.
4. **Sostenibilidad:** Incorporación de prácticas que minimicen el impacto ambiental, como el uso eficiente de recursos y la disminución de residuos.

De esta forma, se puede relacionar la producción tanto con la eficiencia como con la efectividad, ya que, tomando como ejemplo la actividad minera, sería poco efectivo transportar grandes volúmenes de material a la máquina procesadora y que ésta no esté funcionando adecuadamente, lo que genere atrasos en el flujo de unidades de transporte hacia dicha máquina, de esta forma, en la Figura 11 se muestra la correlación entre eficiencia (correcta manejo de los recursos), efectividad (logro de las metas deseadas) y producción (Condori, 2017, p. 12).

	<b>POBRE</b>	<b>BUENA</b>	<b>ÁREA DE ALTA PRODUCCIÓN</b>
<b>EFFECTIVO PERO INEFICIENTE</b>		<b>EFFECTIVO Y EFICIENTE</b>	
<b>INEFICIENTE E INEFECTIVO</b>		<b>EFICIENTE PERO INEFECTIVO</b>	

**Figura 11 — Determinación de la efectividad y eficiencia basada en la utilización de los recursos.**

Fuente: Condori, 2017,p12



$$Efa = \frac{(Ra/Cr) * Ti}{Ti / (Re/Ce) * Tp}$$

Descripción:

Efa : Eficiencia

Ra : Resultado alcanzado

Re : Resultado esperado

Cr : Coste real

Ce : Coste estimado

Ti : Tiempo invertido

Tp : Tiempo previsto

En este caso, el análisis del indicador también se hará en virtud de una tabla donde si el resultado es menor a 1, se considerará ineficiente; si es igual a 1, eficiente; y si supera la unidad, será muy eficiente. En cada caso, asignaremos una puntuación a cada horquilla; por ejemplo, 5, 3 y 1 de más a menos eficiente (Condori, 2017, p. 13).

Efectividad = (Puntaje de eficiencia/Puntaje de efectividad) /2) /Máxima puntuación posible.

$$Efd = \frac{(Pefa/Pefd) /2}{Mpp}$$

Descripción:

Efd: efectividad

Pefa: Puntaje de eficiencia

Pefd: Puntaje de efectividad

Mpp: Máxima puntuación posible

En conclusión, los colaboradores o recursos humanos se desenvolverán de forma productiva, si están debidamente capacitados, motivados y no están restringidos por factores externos durante la ejecución de sus tareas. Tomando en cuenta estos recursos se puede conceptualizar las siguientes producciones, de acuerdo con la clasificación de (Mori, 2015, p. 7):

- **Producción teórica**

Se define producción teórica como el peso o volumen procedente por unidad de operación. Considerando lo expuesto por (González 2018, p. 21) se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos.



$$Produccion\_teorica (TM/hr) = \left( \frac{Q}{ciclo} * \frac{ciclo}{hora} \right)$$

Nota: Tomado de González (2018)

Q: capacidad nominal del equipo en toneladas

Ciclo: Tiempo de ciclo de acarreo en minutos

- **Producción promedio**

La producción promedio en el estudio está compuesto por el volumen por hora de cada unidad de operación, en este indicador se consideran demoras variables y fijos. Además, la tasa de producción debe aplicarse al periodo de tiempo esperado (turno, día) para estimar la producción total (González, 2018, p. 21).

$$produccion\_promedio \left( \frac{TM}{hr} \right) = 60 * \frac{[(T - R) * e * Q]}{(T * Tc)}$$

Dónde:

T: Duración del periodo de tiempo total (minutos).

R: Retrasos fijos (minutos).

e: Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %)

Q: Capacidad nominal del equipo (TM)

Tc: Tiempo de ciclo de transporte (minutos).

- **Producción máxima por hora**

Es el peso o volumen por hora producido por una unidad en trabajo, al mismo tiempo se toman en cuenta las demoras variables y fijas. La tasa de producción debe emplearse para cuantificar el número de unidades de transporte asignadas a un equipo de carguío, para conseguir cierta producción solicitada. Según (González, 2018, p. 21). La producción máxima por hora se determina como sigue:

$$produccion\_maxima \left( \frac{TM}{hr} \right) = 60 * \left( \frac{e * Q}{Tiempo\ Ciclo\ Total} \right)$$

Donde:

e: Eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %)

Q: Capacidad nominal del equipo (TM)

Tc: Tiempo de ciclo de transporte (minutos).



- **Operación minera de carguío y acarreo**

De entre las actividades productivas relacionadas con la minería, uno de las que requiere mayor inversión en operación minera es la actividad denominada carguío y transporte del mineral y desmonte. El propósito de esta actividad es el acarreo del material volado del frente y trasladar debidamente a su lugar de destino; por lo cual se puede acomodar a la siguiente secuencia, de acuerdo con Neyra (2020) su alto costo deriva del hecho de que es la actividad con cantidad mayor de equipos implicados, ya que cuenta con la flota de camiones con altos costos de mantenimiento, alto grado de mecanización de procesos, menor rendimiento productivo por equipo, además de ser una operación prácticamente continua y que se realiza con lentitud: además, se tiene que planear y preparar la zona de trabajo durante el acarreo del material volado de acuerdo al tipo de material (mineral o desmonte) y cada material puede ser transportada a una planta, centro de acopio de minerales o los botaderos dependiendo de las características de cada material. (Eyzaguirre, 2018, p. 4).

- **Factores de producción y eficiencia en el proceso de acarreo**

Para lograr una mayor eficiencia en la actividad de acarreo dentro de una operación minera, los equipos y maquinarias dependen de diferentes factores operacionales competentes para su mejor funcionamiento, lo que se traduce en el logro de los objetivos planteados. De allí surge la necesidad de determinar el elemento de producción de los equipos y camiones mineros utilizados en la operación, mediante la identificación y evaluación de los parámetros que afectan en una operación minera (Condori, 2017).

De esta forma, los factores operativos más característicos en el proceso de acarreo, de acuerdo con (Ramírez 2018, p. 41) son:

- **Distancia de recorrido.** se relaciona con la distancia que debe recorrer los equipos durante la actividad de acarreo desde el centro de carga hasta los botaderos y/o Chancadora, esta distancia depende de la topografía del terreno y va cambiando en la medida que se desarrolla la explotación. De esta forma, la ruta de acarreo puede variar dependiendo del punto de carga y descarga asignado (Ramírez, 2018, p. 41).
- **Características de las vías.** El proceso de acarreo de material requiere principalmente de las características y condiciones de las vías o



caminos de acarreo, de forma tal que un correcto diseño y mantenimiento asegura la operación adecuada, segura y efectiva de los equipos. En este sentido, la unidad minera Las Bambas cuenta con un sistema de vías y rampas que conectan las áreas o frentes de explotación con los botaderos y chancadora; dichas vías se construyeron con base en las características y especificaciones operativas de los equipos de transporte. A su vez, las principales características de las vías de transporte son el ancho de vía, las pendientes y las esquinas (Ramírez, 2018, p. 41).

- **Sitio de carga.** El lugar de carga por el equipo de carguío hacia los camiones debe contar con las condiciones específicas para asegurar el rendimiento de esta actividad. Por ello, es importante que esta área esté ordenada constantemente, libre de escombros caídos de las paredes y de los camiones que salen de la misma, para evitar que los camiones retrocedan sobre las rocas caídas de la superficie o conduzcan sobre las rocas derramadas durante la carga, ya que esto tiene efecto negativo sobre la vida útil de los neumáticos y los componentes del tren motriz, además de afectar negativamente la precisión de la carga (Ramírez, 2018, p. 42).
- **Área de descarga.** Es el lugar donde los camiones depositan el material ya sea en botaderos, chancadora o stock. Para la correcta circulación de las unidades de transporte, el sitio de descarga debe contar con un punto de ingreso y salida, el lugar debe estar nivelado con los equipos auxiliares para que los camiones conserven la velocidad promedio hasta que llegar a la zona de descarga (Ramírez, 2018, p. 42)
- **Estudio de los tiempos**

Este estudio involucra establecer de manera metódica programar el estándar de los tiempos permisibles para ejecutar una actividad determinada, de acuerdo a una base de la medición prescrito del contenido del trabajo, considerando la fatiga y las demoras personales y los retardos inevitables (Araujo, 2018, p. 3). Sus objetivos son: reducir el tiempo requerido para la realización de trabajos; conservando los recursos y minimizar los costos operativos; verificar la producción sin perder el

panorama sobre la disponibilidad y proporcionar un producto de alta calidad y confiable.

- **Tiempo total de operación.** Es el tiempo total y real en el que el camión minero ejecuta una actividad directa relacionado con la producción. Se puede definir como la sumatoria total de los diferentes tiempos del ciclo de acarreo (tiempo de posicionamiento, tiempo de giro, tiempo de carguío, transporte, descarga y tiempo de retorno) (Araujo, 2018, p. 3).
- **Tiempo de posicionamiento y giro en el área de carguío.** Se define como el tiempo de retraso o tiempo muerto que el camión minero se retrasa en posicionarse en el lugar de carguío. El mal posicionamiento en el lugar de carguío es una de las causas grandes pérdidas en tiempos de operación y costos unitarios (Araujo, 2018, p. 3). Un buen posicionamiento de las unidades (camión minero) ayuda a minimizar el tiempo de giro del equipo de carguío. En la siguiente tabla se muestra los valores referenciales:

**Tabla 3 — Valores referenciales de tiempos de giro, posicionamiento y descarga**

Condiciones de operación	Tiempo según la descarga		
	Inferior	Trasera	Lateral
Favorable	0,3	1,0	0,7
Promedio	0,6	1,3	1,0
Desfavorable	1,5	1,5 – 2,0	1,5

Fuente: Araujo (2018)

- **Tiempo de carguío (Tc).** Se define como el tiempo de carguío que demora la unidad o camión minero, en ser rellenado en el buzón o cargado por el equipo de carguío. Este tiempo de carguío depende mucho de la cantidad o número de cucharadas necesarios para rellenar la capacidad de la tolva del camión minero (Araujo, 2018, p. 4). Se puede expresar mediante siguiente expresión:

$$\textit{T tiempo de carguío (min)} = \textit{T e} * \textit{N}$$

Donde:

Te: tiempo de ciclo del equipo de carguío (minutos).

N: número de pases

El número de lampones (N) necesarios para colmar la capacidad del camión minero se determina de la siguiente manera:

$$N^{\circ} = \frac{Q}{(C * f * e * Pe)}$$

Nota: tomado de Alvarez (2014).

Dónde:

Q: capacidad nominal del equipo en toneladas.

C: capacidad nominal de la cuchara en metros cúbicos

f: factor de llenado de la cuchara (en porcentaje)

e: esponjamiento del material (en porcentaje)

Pe: peso específico del material in situ (TM/m<sup>3</sup>)

- **Tiempo de acarreo y transporte (Ta).** Se define como el tiempo del camión cargado y que transporta el material a una distancia existente hasta un punto de descarga. Todo esto depende de la distancia de acarreo “D” y de la velocidad que utiliza el volquete con carga.

Se expresa a continuación:

$$Ta = \frac{D}{Vc}$$

Nota: tomado de Alvarez (2014).

Donde:

D: distancia de acarreo (en metros)

Vc: velocidad con carga (m/min)

- **Tiempo de descarga (Td).** Este tiempo de descarga depende de los escenarios o condiciones de lugar de trabajo. Adicionalmente, se debe incluir que en el lugar de descarga no debe haber ningún equipo auxiliar en movimiento que dificulte el retroceso o el avance del camión (Araujo, 2018, p. 4)



### **3.2.7 Match Factor o Factor de Acoplamiento**

En un sistema pala y camión el indicador más significativo es aquella que indica la relación (ratio) entre la producción de la pala (servidor) y la producción de los camiones mineros durante el acarreo. La producción de una unidad (pala o camión) se conceptualiza como directamente proporcional a su tonelaje de carga e inversamente proporcional al tiempo de ciclo (Araujo, 2018).

### **3.2.8 Control de Avance**

El control de la producción son herramientas que aprueban valorar recursos, producción y tiempo de ejecución de un proyecto. El control de avance de la producción está ligado asimismo a la ejecución de obra para su respectiva valorización y ayuda a comparar lo real con lo planificado y presupuestado (Araujo, 2018, p.3)

Análisis de indicadores clave de desempeño (KPI) son medidas financieras, o no financieras, manejadas para medir el grado de cumplimiento de los objetivos de un plan y que reflejan el resultado de una organización y universalmente se acopian en su plan estratégico. Los KPI se utilizan como parte de la inteligencia de las organizaciones para manifestar el estado actual de un proyecto o negocio y concretar una base de acción futura (Araujo, 2018, p.3)

### **3.2.9 Optimización de procesos**

La optimización del proceso implica tres variables: Coste, calidad y tiempo. La flexibilidad se refiere a la capacidad del proceso para cambiar las tres variables. Tanto en la minería como en la construcción, la manipulación de materiales representa la mayor parte de los costes de explotación, lo que hace que la selección de equipos sea un reto. En este contexto, cabe destacar tres enfoques de investigación: el método de selección de minas, la selección de equipos y el rendimiento de los camiones (Araujo, 2018, p. 4).

### **3.2.10 Flota de equipos**

Una vez que se han desarrollado los planes de fase, se pueden examinar los requisitos de la flota de equipos. Se prepara un gráfico que muestra el movimiento de tonelaje total y las relaciones de desmonte/mineral. En dicho gráfico, el planificador puede ver qué se debe hacer para ajustar o suavizar la



producción (Araujo, 2018, p.32). En este caso, la velocidad de minado fue constante y el plan fue elaborado para lograr:

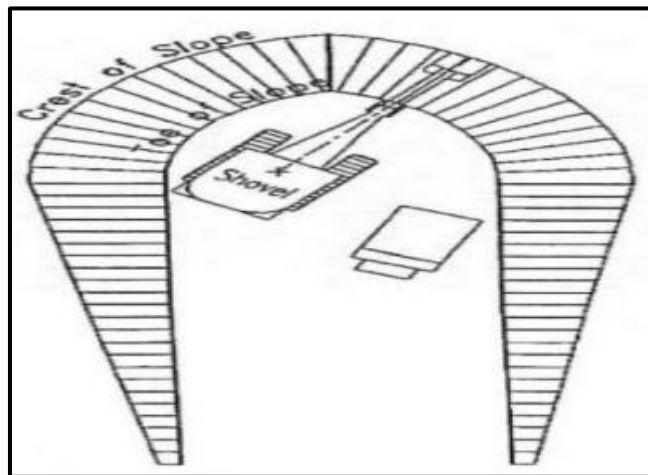
- Una buena mezcla de mineral.
- Buena exposición al mineral.
- Buenas condiciones de operación

La correcta gestión de la flota de equipos permite maximizar la productividad y prolongar la vida útil de los activos mineros, contribuyendo a una operación sostenible y rentable.

### 3.2.11 Acceso al mineral

Antes de comenzar con la producción mayor en un banco, se debe establecer un frente vertical de excavación, más aún, se debe contar con una rampa que permita el acceso de la pala eléctrica y del camión. El ancho mínimo del sector de carguío depende del equipo que se esté utilizando y de la configuración que se esté escogiendo (Otazu, 2019, p.48):

- La pala se mueve entre los dos frentes de carguío, Figura 12 dejando espacio para un solo camión acuatado.
- La pala se ubica en el centro y extrae de ambos frentes, Figura 13 permitiendo dos camiones acuatados.



**Figura 12 — Trabajo en rampa de acceso. Nota: Tomado de Otazu (2019, p.48)**

Fuente: (Otazu, 2019, p.48).

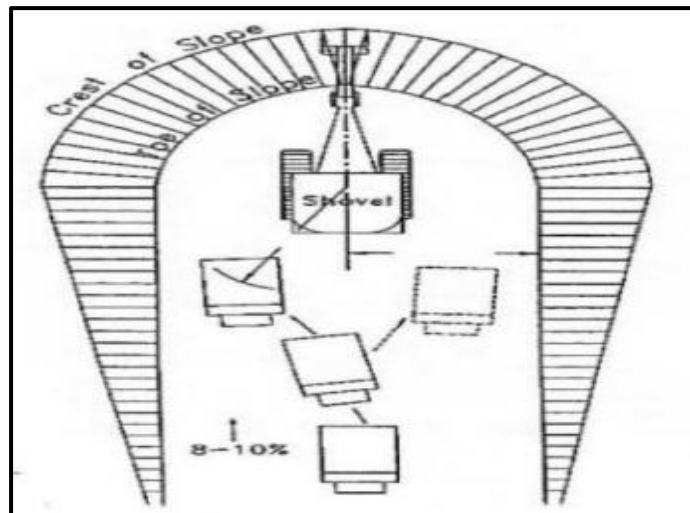


Figura 13 — Trabajo en rampa de acceso con dos camiones.

Fuente: tomado de Otazu (2019, p.49).

### 3.3 Marco conceptual

- a) **Banco.** El término banco se refiere a las plataformas escalonadas que se generan durante la excavación de un tajo abierto. Estos bancos permiten dividir el talud general en secciones manejables y operativas, facilitando la extracción del material y asegurando la estabilidad del macizo rocoso.
- b) **Camión minero.** Un camión minero es un vehículo de gran capacidad diseñado específicamente para el transporte de grandes volúmenes de material en operaciones mineras, tanto en minería a tajo abierto como en minería subterránea. Estos camiones forman parte esencial de la maquinaria minera, ya que se utilizan para trasladar mineral extraído o material estéril desde los frentes de carga hacia zonas de procesamiento, depósitos de desmonte o botaderos.
- c) **Cola de Pato.** La cola de pato es un término utilizado en minería, especialmente en el contexto de camiones mineros, para referirse a una modificación que se realiza en el sistema de descarga o estructura de los vehículos de transporte. Este término hace referencia a una forma particular de la caja de carga del camión, que se adapta para mejorar la eficiencia en el manejo y la descarga del material en el tajo.
- d) **Depósito.** Un cuerpo mineral que ha sido aislado físicamente mediante perforaciones, excavaciones y/o trabajos subterráneos apropiados y que tiene una calidad media suficiente para justificar el coste de la exploración y/o el desarrollo. Dicho yacimiento no se considerará un depósito de mineral comercialmente

producible ni un depósito de recursos minerales hasta que se aclaren definitivamente los factores jurídicos, técnicos y económicos.

- e) **Dispatch.** En el contexto de minería se refiere a un sistema de gestión y optimización de la flota de vehículos (especialmente camiones mineros) utilizado en las operaciones de minería a tajo abierto. Este sistema se encarga de coordinar, monitorear y optimizar el flujo de los camiones para garantizar la eficiencia y productividad del transporte de material desde los frentes de extracción hasta las áreas de descarga o procesamiento.
- f) **Explotación.** En minería hace referencia al proceso mediante el cual se extrae el material mineralizado (ya sea mineral o recursos no metálicos) de un yacimiento o depósito en la corteza terrestre. Este proceso es el objetivo central de las actividades mineras, ya que tiene como fin obtener los recursos naturales que serán utilizados en diversas industrias. La explotación puede llevarse a cabo a través de diferentes métodos, dependiendo de la ubicación, características del yacimiento y la economía del proyecto.
- g) **Mineral.** Sustancia homogénea de origen natural con propiedades físicas y composición química definidas y, en condiciones favorables, con una forma cristalina definida.
- h) **Producción.** La producción en minería se refiere al proceso de extracción y procesamiento de recursos minerales desde el yacimiento hasta su entrega para su uso industrial, comercial o consumo. En términos generales, la producción minera incluye todo el conjunto de actividades necesarias para transformar el mineral extraído en un producto final que sea útil para otros sectores, como la construcción, la energía, la fabricación de productos tecnológicos, entre otros.
- i) **Sistema de Gestión de Flota Dispatch.** Es un sistema de gestión y administración en una operación minera a gran escala que permite monitorear, ubicar y registrar en tiempo real las actividades de los equipos de remoción y transporte de material estéril y minerales, utilizando la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), computación, y comunicación de datos.
- j) **Tolva del camión minero.** Recipiente abierto en la parte superior para recibir carga de minerales o concentrados, en muchos casos, se monta sobre un chasis para permitir el transporte.



- k) **Acarreo o Transporte.** El acarreo consiste en el accionamiento y disposiciones necesarias para trasladar la roca volada o arrancada desde un área de carga hasta su punto de descarga.
- l) **Voladura.** Es la rotura o el aplastamiento de la roca, el suelo sólido, el hormigón o el desprendimiento de elementos metálicos por medio de explosivos. Se lleva a cabo para lograr un propósito predeterminado, puede ser controlado o incontrolado y puede tener lugar al aire libre, en túneles, galerías o bajo el agua.

## **CAPÍTULO IV METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

Tipo de investigación aplicativo, nivel de investigación es correlacional.

### **4.2 Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es cuasi-experimental.

### **4.3 Población y muestra**

La investigación es intencional no probabilística por lo que se ha hecho el estudio de dos camiones sin cola de pato y dos camiones con la instalación de cola de pato.

### **4.4 Procedimiento.**

- **Identificación de la situación actual en los procesos de transporte y acarreo del material en la unidad minera Las Bambas.**
  - Registro de tiempos de desplazamiento de los equipos dentro de la operación minera, estimación estadística de los diferentes controles productivos ejecutados durante la operación de minado y estimación de los indicadores mínimos y máximos dentro de la operación.
  - Determinación de los indicadores de desempeño actual relacionados con las propiedades del diseño original de la tolva (tiempo total de operación, giro y posicionamiento en el carguío, tiempo de carguío, acarreo, descarga y maniobras), así como de la productividad en las condiciones actuales (producción diaria, producción por equipo de transporte, productividad promedio, productividad máxima por hora).
- **Programación de equipos de carguío y acarreo**

En el anexo 3, representa un cronograma de programación del procedimiento de Carguío y Acarreo relacionados a las operaciones de mina de la unidad minera Las Bambas de acuerdo al número de viajes realizados.

Hace referencia a los datos generales de la programación, tales como hora, origen, destino, equipo involucrado y tipo de material a recoger, ya sea estéril o mineral. El anexo 4, hace referencia al proceso de carguío y acarreo, que hace referencia a las siguientes etapas y los tiempos que se involucran en cada una de ellas:

- Etapa de viaje vacío
  - Tiempo de espera para llenado
  - Tiempo Cuadrando camión en equipo de carguío
  - Tiempo de Carga
  - Tiempo de viaje a destino
  - Tiempo de cola, retroceso
  - Tiempo de descarga
- **Distribución de las cargas**

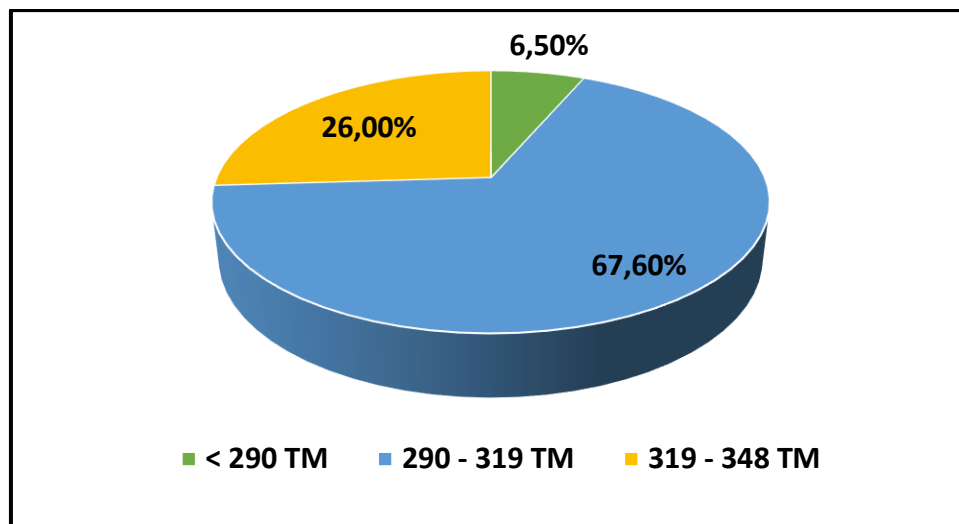
La distribución de cargas esta con respecto a los equipos de minado hacia los camiones mineros Komatsu 930E-4SE, para una óptima producción en la Unidad Minera Las Bambas, se procede a realizar un análisis de la distribución de las cargas en dichos equipos mineros.

Para ello, se tomará la data del mes de febrero y agosto del año 2023, información suministrada por la unidad minera Las Bambas. La tabla Nro. 4, hace referencia a la distribución de cargas de 7 unidades de carguío a los camiones Komatsu 930E-4SE.

Tabla 4 — Distribución de las cargas según camiones de acarreo febrero 2023

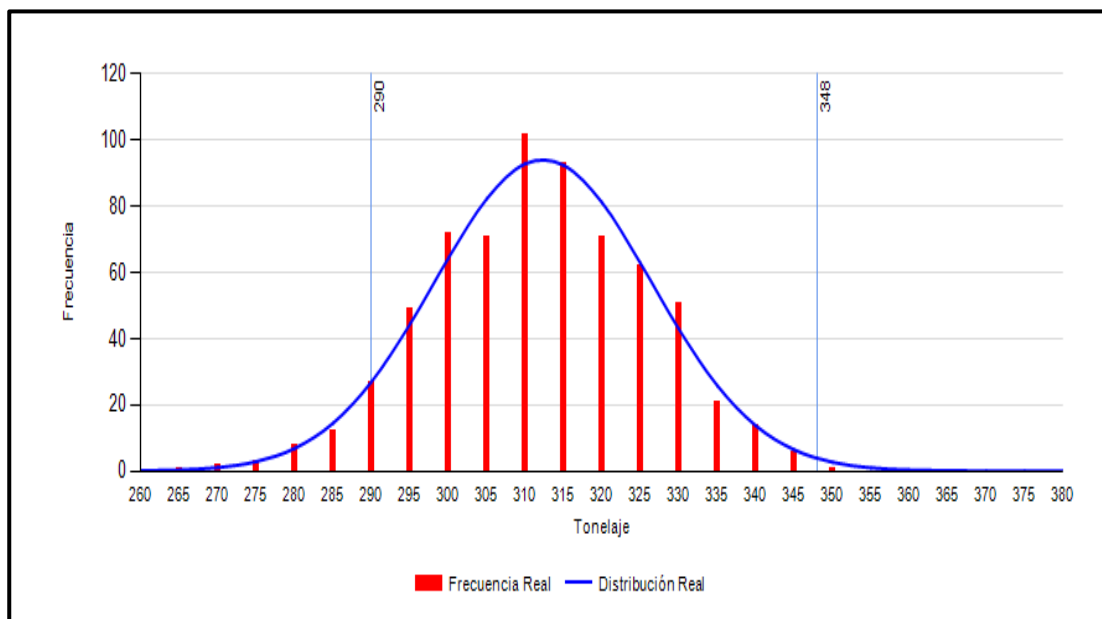
		Distribución de cargas de camiones de acarreo Las Bambas				
			Totales	< 290 TM	290 - 319 TM	319 - 348 TM
<b>Total</b>	<b>Nro. de cargas</b>	38 628	2 494	26 100	10 034	
	<b>% Real</b>	<b>100,0%</b>	<b>6,5%</b>	<b>67,6%</b>	<b>26,0%</b>	
	<b>% Objetivo</b>	<b>100 %</b>	<b>0%</b>	<b>90%</b>	<b>10%</b>	
<b>Unidades de carguío</b>	<b>SH001</b>	<b>Nro. de cargas</b>	5 336	406	3 828	1 102
		<b>% de cargas</b>	13,8%	1,1%	9,9%	2,9%
	<b>SH002</b>	<b>Nro. de cargas</b>	2 900	58	1 914	928
		<b>% de cargas</b>	7,5%	0,2%	5,0%	2,4%
	<b>SH003</b>	<b>Nro. de cargas</b>	5 684	580	3 538	1 566
		<b>% de cargas</b>	14,7%	1,5%	9,2%	4,1%
	<b>SH004</b>	<b>Nro. de cargas</b>	5 220	116	3 596	1 508
		<b>% de cargas</b>	13,5%	0,3%	9,3%	3,9%
	<b>SH011</b>	<b>Nro. de cargas</b>	5 568	406	3 538	1 624
		<b>% de cargas</b>	14,4%	1,1%	9,2%	4,2%
	<b>SH012</b>	<b>Nro. de cargas</b>	6 496	580	5 394	522
		<b>% de cargas</b>	16,8%	1,5%	14,0%	1,4%
	<b>SH013</b>	<b>Nro. de cargas</b>	7 424	348	4 292	2 784
		<b>% de cargas</b>	19,2%	0,9%	11,1%	7,2%

Fuente: gerencia de planeamiento Las Bambas antes sin la implementación de colas de pato



**Figura 14 — Distribución real de cargas en % febrero de camiones de acarreo**

Para este caso, se estudiaron un total de 38 628 cargas, asociadas con 7 equipos de carguio, para los cuales se cumple la relación indicada en el análisis anterior, en donde las cargas se mueven entre 290 y 319 toneladas, con un 32,4% de diferencia entre el objetivo y los datos reales.



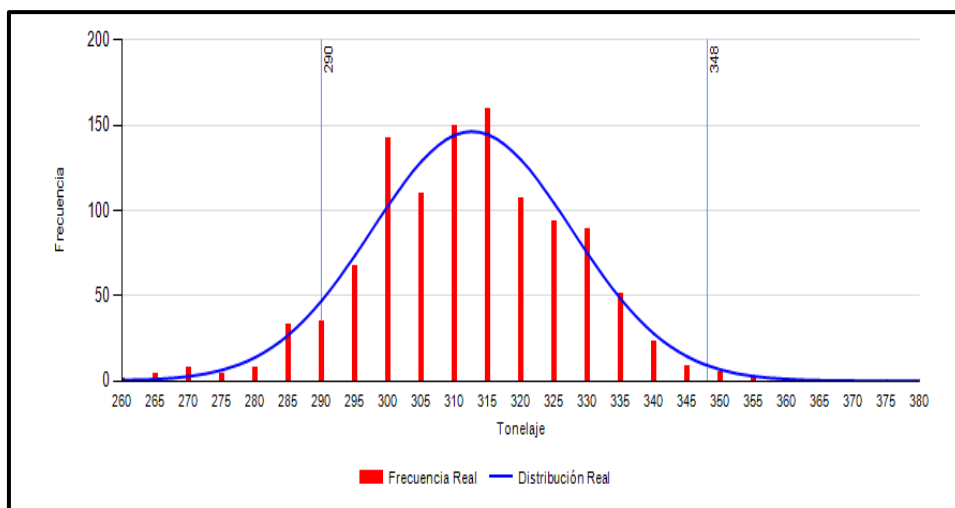
**Figura 15 — Gráfico de la distribución de las cargas de la unidad minera Las Bambas para febrero de 2023**

Al igual que el caso anterior, el gráfico muestra, que la distribución de las cargas se mueve en su mayoría entre 290 toneladas como valor mínimo y 348 toneladas con valor máximo, con un valor medio de 310 toneladas.

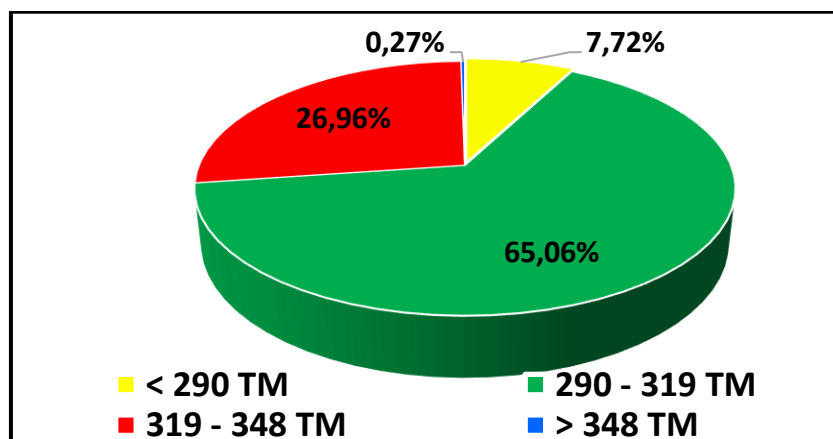
Tabla 5 — Distribución de las cargas según camiones de acarreo agosto 2023

			Totales	< 290 TM	290 - 319 TM	319 - 348 TM	> 348 TM
			Nro. de cargas	% Real	% Objetivo		
<b>Total</b>	<b>Nro. de cargas</b>	66 120	5,100	43 020	17 820	180	
	<b>% Real</b>	<b>100,00%</b>	<b>7,72%</b>	<b>65,06%</b>	<b>26,96%</b>	<b>0,27%</b>	
	<b>% Objetivo</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>90%</b>	<b>10%</b>	<b>0%</b>	
<b>Unidades de carguío</b>	<b>LD001</b>	<b>Nro. de cargas</b>	8 160	60	4 920	3 120	60
		<b>% de cargas</b>	12,34%	0,09%	7,44%	4,72%	0,09%
	<b>SH001</b>	<b>Nro. de cargas</b>	8 160	480	5 700	1 980	
		<b>% de cargas</b>	12,34%	0,73%	8,62%	2,99%	0,00%
	<b>SH002</b>	<b>Nro. de cargas</b>	8 340	480	4 860	3 000	
		<b>% de cargas</b>	12,61%	0,73%	7,35%	4,54%	0,00%
	<b>SH003</b>	<b>Nro. de cargas</b>	9 420	960	6 240	2 160	60
		<b>% de cargas</b>	14,25%	1,45%	9,44%	3,27%	0,09%
	<b>SH004</b>	<b>Nro. de cargas</b>	11 640	600	7 140	3 840	60
		<b>% de cargas</b>	17,60%	0,91%	10,80%	5,81%	0,09%
	<b>SH011</b>	<b>Nro. de cargas</b>	7 380	900	5 160	1 320	
		<b>% de cargas</b>	11,16%	1,36%	7,80%	2,00%	0,00%
	<b>SH012</b>	<b>Nro. de cargas</b>	5 100	240	3 240	1 620	
		<b>% de cargas</b>	7,71%	0,36%	4,90%	2,45%	0,00%
	<b>SH013</b>	<b>Nro. de cargas</b>	7 920	1 380	5 760	780	
		<b>% de cargas</b>	11,98%	2,09%	8,71%	1,18%	0,00%

Fuente: gerencia de planeamiento Las Bambas antes con la implementación de colas de pato



**Figura 16 — Gráfico de la distribución de las cargas de la unidad minera Las Bambas para agosto de 2023**



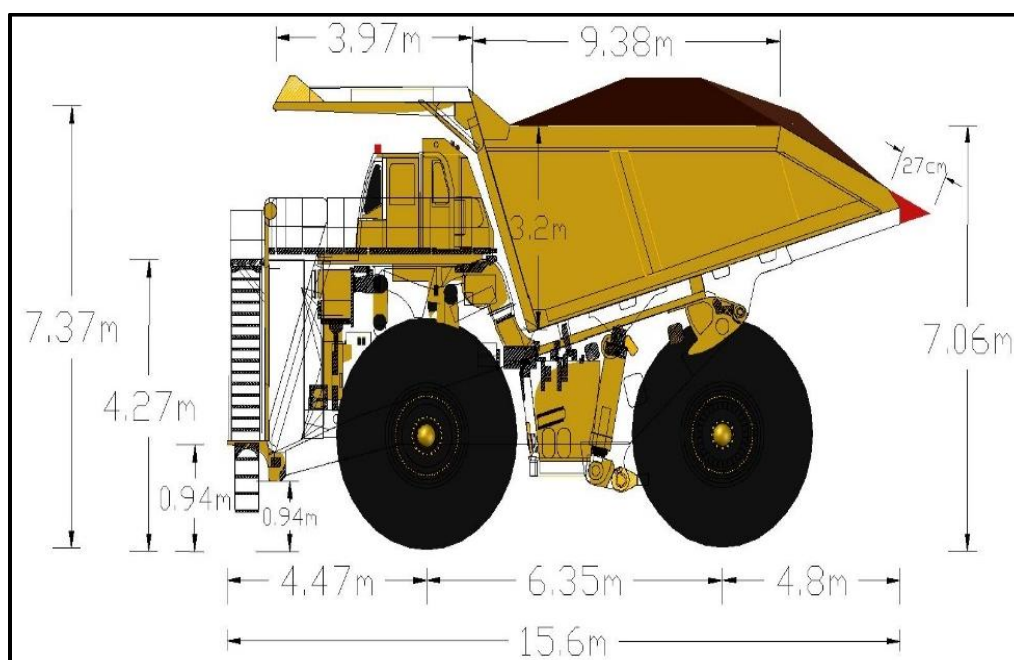
**Figura 17 — Distribución real de cargas en % agosto de camiones de acarreo**  
Para este caso, se analizaron un total de 66 120 cargas, relacionadas con 8 unidades de carguío, para las cuales se puede observar que las cargas que se manejaron en promedio, se mueven en el rango de las 290 toneladas a las 319 toneladas, con un 65,06% del total de las cargas. Si se observa, el objetivo inicial era del 90% de cargas en el rango de 290-319 toneladas y el resto de las cargas, que se movieran en el rango del mayor a 348 toneladas, lo cual representa un 34,94% menos de la meta inicial.

- **Evaluación de los parámetros y elementos estructurales en el diseño de la extensión de una tolva para camiones komatsu 930E-4SE.**
  - Descripción del producto a diseñar: características de tolva teórica de flota, estado actual de la tolva, diseño propuesto de extensión de tolva, objetivo de carga

- Aplicación del proceso del diseño del producto: parámetros basados en requerimientos y elementos que constituyen su estructura.
  - Requerimiento de materiales.
  - Evaluación de materiales.
- **Fase de Pruebas con cola de pato**

Para efectos de la prueba de la implementación de la extensión de cola de pato en los camiones, se tomó como referencia a los camiones de la minera Las Bambas y se replicó en dos camiones mineros identificados como HT025 y HT029, considerados como muestra experimental con dicha extensión. Esto se realizó como una contramedida para eliminar las causas raíz del problema identificado.

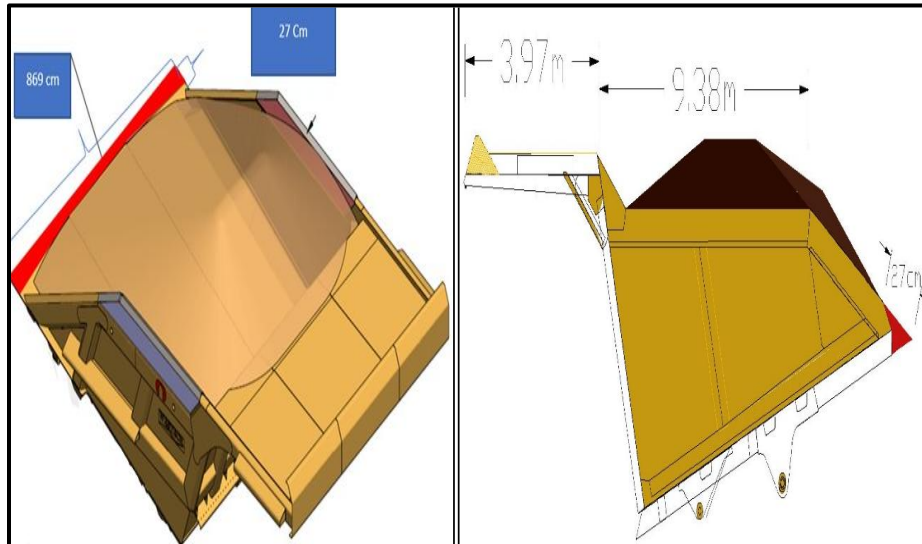
Posteriormente, se procedió a elaborar un diseño de extensión de cola de pato en la tolva del camión minero Komatsu 930E-4SE, para lo cual se utilizó el software AutoCAD y se desarrolló un modelo en 3D del equipo. Además, se seleccionan dos camiones con tolva estándar, identificados como HT028 y HT034, con el fin de identificar y analizar las relaciones causales de minimización de pérdidas de material, reducción de tiempos improductivos y mayor seguridad operativa con relación a la optimización de la producción.



**Figura 18 — Camión Komatsu 930E-4SE con cola tolva de cola de pato**

- **Dimensiones de cola de pato en la tolva.**

Para este modelo, se instala cola de pato en la parte posterior de la tolva (cola de pato), con las dimensiones de 869 cm de longitud, 27 cm de ancho y 1,1 cm de espesor como se aprecia en la Figura 19 y con los materiales similares a las unidades existentes en campo.



**Figura 19 — Prototipo de cola de pato en tolva de camión Komatsu 930E-4SE**

- **Instalación y acoplamiento.**

La instalación se ha considerado extender la tolva con el accesorio denominado cola de pato con las el cual se acoplará a la tolva del camión a través de una serie de soportes o vigas fijados a la parte posterior de la tolva, elevando la extensión a un ángulo de 18° tal y como se observa en la figura 20.



**Figura 20 — Vista inferior prototipo de cola de pato en tolva de camión Komatsu 930E-4SE**

- Producción de camión Komatsu 930E-4SE con cola de pato y sin cola de pato.

**Tabla 6 — Producción diaria de mineral de los camiones Komatsu 930E-4SE HT028 y HT025**

Producción diaria de mineral (tn)					
Agosto	Material	Equipo			
		Komatsu 930E-4SE			
Día		HT028 (sin cola de pato)	HT025 (con cola de pato)	Diferencia	
1	mineral	7611	7839	228	3%
2	mineral	6899	7244	345	4%
3	mineral	7348	7495	147	2%
4	mineral	7005	7285	280	4%
5	mineral	6900	7176	276	4%
6	mineral	6741	7011	270	4%
7	mineral	6099	6343	244	3%
8	mineral	6705	6973	268	3%
9	mineral	7600	7676	76	1%
10	mineral	6018	6259	241	3%
11	mineral	7593	7897	304	4%
12	mineral	6484	6679	195	3%
13	mineral	6890	7028	138	2%
14	mineral	6932	7209	277	4%
15	mineral	7520	7821	301	4%
16	mineral	6932	7209	277	4%
17	mineral	6970	7179	209	3%
18	mineral	6958	7236	278	4%
19	mineral	7410	7632	222	3%
20	mineral	7347	7494	147	2%
21	mineral	7309	7528	219	3%
22	mineral	6992	7202	210	3%
23	mineral	6990	7340	350	5%
24	mineral	6016	6317	301	4%
25	mineral	7490	7715	225	3%
26	mineral	6777	6980	203	3%
27	mineral	7480	7854	374	5%
28	mineral	7523	7824	301	4%
29	mineral	6899	7175	276	4%
30	mineral	7610	7762	152	2%
<b>Total</b>		<b>211048</b>	<b>218381,44</b>	<b>7333,44</b>	



**Tabla 7 — Producción diaria de desmote con camiones Komatsu 930E-4SE. HT034 y HT029**

PRODUCCIÓN DIARIA DE DESMOTE (Tn)					
AGOSTO	MATERIAL	EQUIPO			
		Komatsu 930E-4SE		DIFERENCIA	
DIA		HT034 (sin cola de pato)	HT029 (con cola de pato)		
1	desmote	5489	5599	110	2%
2	desmote	4990	5190	200	3%
3	desmote	5398	5668	270	4%
4	desmote	5422	5530	108	2%
5	desmote	5500	5610	110	1%
6	desmote	5388	5496	108	2%
7	desmote	5013	5163	150	3%
8	desmote	5353	5460	107	2%
9	desmote	5368	5475	107	2%
10	desmote	4989	5139	150	2%
11	desmote	5518	5628	110	2%
12	desmote	5501	5611	110	1%
13	desmote	5436	5545	109	2%
14	desmote	5536	5647	111	2%
15	desmote	5408	5678	270	4%
16	desmote	5736	5851	115	2%
17	desmote	5733	5848	115	2%
18	desmote	5054	5256	202	3%
19	desmote	5264	5369	105	2%
20	desmote	5569	5680	111	2%
21	desmote	4994	5244	250	4%
22	desmote	5090	5243	153	3%
23	desmote	5743	5915	172	3%
24	desmote	5368	5475	107	2%
25	desmote	5069	5170	101	2%
26	desmote	4880	5026	146	2%
27	desmote	5337	5444	107	2%
28	desmote	5287	5446	159	3%
29	desmote	5099	5303	204	3%
30	desmote	5374	5481	107	2%
<b>TOTAL</b>		<b>159906</b>	<b>164191</b>	<b>4285</b>	

En la tabla 6, 7; Se detalla la producción de mineral y desmonte diaria en un mes producidos por 4 equipos de acarreo en total y de los cuales 2 equipos son con tolva de cola de pato y 2 camiones Komatsu 930E-4SE con tolva estándar sin cola de pato.

Los camiones Komatsu 930E-4SE con tolva de cola de pato tienen una variación promedio de 3% en la producción de mineral y 2% en la producción de desmonte con respecto a los camiones Komatsu 930E-4SE sin cola de pato.

- **Tiempos en el proceso de carga y transporte.**

**Tabla 8 — Tiempo de carguío con la pala eléctrica P&H 4100XP al camión Komatsu 930E-4SE, en promedio**

<b>Camión Komatsu 930E-4SE – HT025 con cola de pato</b>					
Nº pases	Tiempo Llenado (seg.)	Tiempo de levante(seg)	Tiempo de descarga(seg.)	Tiempo de giro(seg.)	Ciclo carguío(seg)
1	19	8	14	6	47
2	18	8	13	5	44
3	19	6	13	5	43
<b>Tiempo total promedio</b>					134
<b>Camión Komatsu 930E-4SE – HT029 con cola de pato</b>					
Nº pases	Tiempo Llenado (seg.)	Tiempo de levante(seg)	Tiempo de descarga(seg.)	Tiempo de giro(seg.)	Ciclo carguío(seg)
1	19	8	14	6	47
2	18	8	14	6	46
3	19	6	13	5	43
<b>Tiempo total promedio</b>					136
<b>Camión Komatsu 930E-4SE – HT028 sin cola de pato</b>					
Nº pases	Tiempo Llenado (seg.)	Tiempo de levante(seg)	Tiempo de descarga(seg.)	Tiempo de giro(seg.)	Ciclo carguío(seg)
1	19	7	14	6	45
2	18	8	15	6	46
3	19	6	13	6	44
<b>Tiempo total promedio</b>					135
<b>Camión Komatsu 930E-4SE – HT034 sin cola de pato</b>					
Nº pases	Tiempo Llenado (seg.)	Tiempo de levante(seg)	Tiempo de descarga(seg.)	Tiempo de giro(seg.)	Ciclo carguío(seg)
1	19	8	14	6	47
2	19	7	14	5	45
3	20	6	13	6	45
<b>Tiempo total promedio</b>					137

Tiempo total de carguío con la pala eléctrica P&H 4100XP al camión komatsu 930E-4SE, HT025 y HT029 hace un total de 135 segundos en promedio y camión 930E-4SE, HT028 y HT034 hace un total de 136 segundos.

**Tabla 9 — Tiempos de espera y descarga (camión Komatsu-930E-4SE) en la chancadora primaria agosto 2023**

Días	Tiempo de espera (seg)		Tiempo de ascenso de la tolva (seg)		Tiempo de descenso de la tolva (seg)		Sumatoria de tiempo de descarga (seg)	
	HT025	HT029	HT025	HT029	HT025	HT029	HT025	HT029
1	134,00	133,00	28,49	26,40	18,07	19,08	46,56	47,57
2	135,00	136,00	22,73	23,70	17,64	16,63	38,37	39,36
3	137,21	136,21	30,79	31,71	17,42	18,41	48,21	49,20
4	136,12	137,12	29,20	28,21	16,13	17,12	49,31	46,32
5	134,12	135,12	30,25	31,21	16,72	15,71	48,94	45,96
6	134,56	135,56	27,64	26,63	17,13	18,14	46,76	45,78
7	134,56	133,56	25,11	24,14	17,05	17,00	43,13	42,11
8	135,00	134,00	28,14	26,11	17,02	18,00	47,15	46,14
9	1.34,12	135,12	28,97	27,85	16,25	15,27	45,23	44,24
10	134,01	134,11	31,36	30,33	14,35	14,39	44,74	45,75
11	134,05	134,15	29,25	28,21	15,31	16,30	46,53	45,54
12	134,60	134,80	25,88	26,81	17,02	18,03	46,92	43,91
13	134,21	134,31	26,35	27,38	17,54	16,56	45,93	42,91
14	134,56	134,46	31,37	36,36	18,86	19,88	50,24	51,25
15	134,02	135,02	26,62	25,61	18,71	17,73	47,36	44,35
16	134,05	133,05	26,74	24,72	22,05	22,09	46,85	48,83
17	134,56	135,00	23,87	21,81	21,80	22,82	48,67	46,69
18	134,25	135,21	26,94	25,93	15,63	14,62	45,58	41,56
19	134,21	136,21	28,47	27,41	17,04	18,05	45,55	46,52
20	134,25	137,25	25,55	22,52	19,72	19,71	46,27	45,26
21	133,89	134,89	26,10	26,11	15,61	14,64	45,78	40,74
22	133,98	132,98	26,48	27,48	16,52	15,51	43,97	41,99
23	134,58	135,58	32,08	35,06	16,71	17,72	48,81	49,80
24	135,02	134,02	26,12	27,19	21,77	22,79	47,90	48,91
25	134,21	135,21	31,24	32,25	15,75	14,79	48,07	46,03
26	134,00	137,00	25,85	25,86	15,41	16,48	47,38	42,33
27	133,89	134,89	26,21	27,20	21,02	20,07	45,26	46,28
28	134,56	136,56	29,48	28,41	16,06	17,07	44,54	46,55
29	134,12	135,12	25,35	24,36	18,11	17,12	45,45	42,47
30	134,12	136,12	26,10	25,11	16,35	15,37	43,44	41,47

**Tabla 10 — Tiempos de espera y descarga (camión komatsu-930E-4SE) en la chancadora primaria, agosto 2023**

Días	Tiempo de espera (seg)		Tiempo de ascenso de la tolva (seg)		Tiempo de descenso de la tolva (seg)		Sumatoria de tiempo de descarga (seg)	
	HT028	HT034	HT028	HT034	HT028	HT034	HT028	HT034
1	133,02	133	28,47	26,40	18,07	19,08	46,57	47,56
2	134,03	136	22,71	23,70	17,64	16,63	38,37	39,36
3	136,22	136,21	30,77	31,73	17,45	18,41	48,21	49,20
4	138,11	137,12	29,26	28,21	16,13	17,12	49,31	46,32
5	136,11	135,12	30,25	31,21	16,72	15,71	48,94	45,96
6	135,54	135,56	27,64	26,63	17,13	18,14	46,76	45,78
7	135,46	133,56	25,11	24,14	17,05	17,00	43,13	42,11
8	136,1	134	28,14	26,11	17,02	18,00	47,15	46,14
9	133,22	135,12	28,96	27,85	16,25	15,28	45,23	44,24
10	134,11	134,11	31,36	30,33	14,35	14,39	44,74	45,75
11	134,15	134,15	29,25	28,21	15,31	16,30	46,53	45,55
12	134,4	134,8	25,88	26,81	17,02	18,03	46,92	43,92
13	135,21	134,31	26,35	27,38	17,54	16,56	45,93	42,93
14	133,36	134,46	31,37	36,36	18,86	19,88	50,24	51,26
15	135,12	135,02	26,62	25,61	18,71	17,73	47,36	44,34
16	133,15	133,05	26,74	24,72	22,05	22,09	46,85	48,83
17	135,26	135	23,86	21,81	21,80	22,82	48,67	46,69
18	134,15	135,21	26,96	25,93	15,63	14,62	45,58	41,56
19	134,21	136,21	28,48	27,41	17,04	18,05	45,55	46,52
20	134,25	137,25	25,55	22,52	19,72	19,71	46,27	45,26
21	133,59	134,89	26,10	26,11	15,61	14,64	45,78	40,54
22	133,88	132,98	26,48	27,48	16,52	15,51	43,97	41,99
23	134,78	135,58	32,08	35,06	16,71	17,72	48,81	49,80
24	135,12	134,02	26,12	27,19	21,77	22,79	47,90	48,91
25	134,11	135,21	31,24	32,25	15,75	14,79	48,07	46,03
26	134,1	137,02	25,85	25,86	15,41	16,48	47,38	42,33
27	133,69	134,87	26,21	27,20	21,02	20,07	45,26	46,28
28	134,48	136,56	29,48	28,41	16,08	17,07	44,54	46,55
29	134,52	135,12	25,35	24,35	18,14	17,12	45,45	42,47
30	134,32	136,12	26,10	25,11	16,35	15,37	43,44	41,47

**Tabla 11 — Tiempos de ida y retorno del camión Komatsu-930E-4SE de tajo a la chancadora primaria con cola de pato, agosto 2023**

Día	Tiempo de ida (min)		Tiempo de retorno (min)		Total, tvr (min)	
	HT025	HT029	HT025	HT029	HT025	HT029
1	12,03	12	7,45	7,01	19,48	19,01
2	11,92	12,05	7,89	8,02	19,81	20,07
3	12,01	11,58	7,85	6,98	19,86	18,56
4	11,85	11,98	8,12	8,01	19,97	19,99
5	11,89	12,35	8,15	7,26	20,04	19,61
6	12,45	12,45	7,45	7,25	19,90	19,70
7	12,84	13,1	7,54	8,02	20,38	21,12
8	11,23	12,36	7,89	8,25	19,12	20,61
9	11,45	11,25	8,12	8,14	19,57	19,39
10	11,26	12,65	8,56	8,23	19,82	20,88
11	12,02	13,15	8,45	7,58	20,47	20,73
12	12,03	13,21	7,78	7,74	19,81	20,95
13	12,45	11,51	7,98	7,23	20,43	18,74
14	12,14	10,98	7,82	9,01	19,96	19,99
15	12,12	15,32	7,56	8,12	19,68	23,44
16	11,89	14,25	8,12	6,14	20,01	20,39
17	11,98	13,54	8,02	7,12	20,00	20,66
18	12,85	12,65	8,07	7,51	20,92	20,16
19	13,15	13,25	9,02	7,23	22,17	20,48
20	14,01	12,36	9,12	7,24	23,13	19,60
21	14,12	14,25	9,01	7,45	23,13	21,70
22	13,58	13,32	8,85	7,25	22,43	20,57
23	13,12	12,35	7,12	7,12	20,24	19,47
24	14,01	14,21	8,64	7,23	22,65	21,44
25	11,89	12,32	7,89	7,21	19,78	19,53
26	12,14	12,35	7,85	7,69	19,99	20,04
27	14,03	13,32	7,91	8,02	21,94	21,34
28	13,12	12,36	8,12	7,23	21,24	19,59
29	11,85	12,01	8,14	6,21	19,99	18,22
30	11,86	14,01	8,11	7,23	19,97	21,24

**Tabla 12 — Tiempos de ida y retorno del camión komatsu-930E-4SE de tajo a la chancadora primaria sin cola de pato, agosto 2023**

Día	Tiempo de ida (min)		Tiempo de retorno (min)		Total, tvr (min)	
	HT028	HT034	HT028	HT034	HT028	HT034
1	12,78	12,12	7,89	7,01	20,67	19,13
2	12,92	12,14	7,89	8,07	20,81	20,21
3	13,01	11,98	7,89	6,98	20,9	18,96
4	12,85	12,98	8,01	8,01	20,86	20,99
5	12,89	13,35	8,1	7,26	20,99	20,61
6	13,45	13,45	7,49	7,28	20,94	20,73
7	13,84	13,1	8,58	8,09	22,42	21,19
8	12,23	13,36	7,89	8,25	20,12	21,61
9	12,45	12,25	8,1	8,17	20,55	20,42
10	12,26	12,65	8,5	8,27	20,76	20,92
11	13,02	13,15	8,42	7,58	21,44	20,73
12	12,87	14,21	7,79	7,74	20,66	21,95
13	12,49	13,51	7,91	7,23	20,4	20,74
14	12,38	11,98	7,8	9,01	20,18	20,99
15	12,87	14,32	7,58	8,17	20,45	22,49
16	12,8	13,25	8,12	6,14	20,92	19,39
17	12,98	13,54	8,02	7,17	21	20,71
18	12,85	12,65	8,02	7,57	20,87	20,22
19	13,17	13,25	9,05	7,27	22,22	20,52
20	14,45	13,36	9,12	7,24	23,57	20,6
21	14,54	14,25	9,08	7,45	23,62	21,7
22	13,59	13,32	8,85	7,25	22,44	20,57
23	13,12	13,35	7,16	7,17	20,28	20,52
24	14,12	14,21	8,68	7,23	22,8	21,44
25	13,12	13,32	7,82	7,24	20,94	20,56
26	12,78	13,35	7,88	7,69	20,66	21,04
27	14,12	13,32	7,91	8,07	22,03	21,39
28	13,15	12,36	8,18	7,23	21,33	19,59
29	11,89	12,23	8,15	6,21	20,04	18,44
30	12,86	14,12	8,18	7,23	21,04	21,35

- Derrames de material en el transporte con camiones Komatsu 930E-4SE con tolva estándar y con cola de pato.

**Tabla 13 — Derrame de material acumulado por día en Tn del camión komatsu-930E-4SE, agosto 2023.**

Día	Material	HT028 + HT034 Sin cola de pato	HT025 + HT029 Con cola de pato	Diferencia
1	mineral	1,02	0,55	0,47
2	mineral	0,98	0,2	0,78
3	mineral	1,21	0,23	0,98
4	mineral	1,25	0,54	0,71
5	mineral	1,39	0,21	1,18
6	mineral	1,54	0,12	1,42
7	mineral	2,01	0,23	1,78
8	mineral	1,98	0,25	1,73
9	mineral	1,02	0,24	0,78
10	mineral	1,24	0,21	1,03
11	mineral	2,32	0,12	2,2
12	mineral	1,05	0,23	0,82
13	mineral	1,2	0,15	1,05
14	mineral	1,65	0,21	1,44
15	mineral	1,23	0,1	1,13
16	mineral	2,21	0,12	2,09
17	mineral	2,3	0,23	2,07
18	mineral	2,1	0,19	1,91
19	mineral	2,15	0,54	1,61
20	mineral	1,15	0,21	0,94
21	mineral	1,23	0,23	1
22	mineral	1,25	0,12	1,13
23	mineral	1,33	0,19	1,14
24	mineral	1,32	0,18	1,14
25	mineral	2	0,14	1,98
26	mineral	2,1	0,12	1,98
27	mineral	1,25	0,25	1
28	mineral	1,23	0,26	0,97
29	mineral	1,69	0,25	1,44
30	mineral	1,85	0,23	1,62

- Tiempo promedio de los camiones Komatsu 930E-4SE con tolva cola de pato y estándar.

**Tabla 14 — Tiempos operativos en promedio por día en (min) de los camiones Komatsu 930E-4SE**

Komatsu 930E-4SE															
HT025				HT029				HT028				HT034			
t.c	t.d	t.i	t.v	t.c	t.d	t.i	t.v	t.c	t.d	t.i	t.v	t.c	t.d	t.i	t.v
2,23	0,77	12,46	8,09	2,26	0,75	12,75	7,49	2,25	0,77	13,07	8,14	2,28	0,75	13,15	7,51

**Tabla 15 — Tiempos promedio de ciclo en (min) de los camiones Komatsu 930E-4SE**

Komatsu 930E-4SE			
HT025	HT029	HT028	HT034
20,53	20,24	21,2	20,66

#### 4.5 Técnicas e instrumentos

- **Técnicas**

El presente trabajo de investigación se realizó mediante la observación y revisión documentaria.

- **Instrumentos:**

- Dispatch. Se procede con guías de observaciones (Excel, Word, lista de cotejos, matriz de categorización enunciadas por:
- Hoja de control, reporte diario, semanal o mensual de equipos de carguío.
- Reportes de equipo de acarreo, reporte de derrames de material durante la actividad de transporte.
- Reportes del sistema Dispatch

#### 4.6 Análisis estadístico.

El método para el tratamiento estadístico se sustentó en la descripción por medio de tablas y gráficos realizados por el programa Minitab y SPSS, así como las pruebas de correlación bajo el supuesto de las hipótesis planteadas a través de la prueba de P-valor. Para este trabajo de investigación se utilizó un análisis estadístico mediante:

Análisis de Frecuencia: Tablas, histogramas y gráficos. Esto para conocer los resultados de las lecturas realizadas por el sensor de temperatura

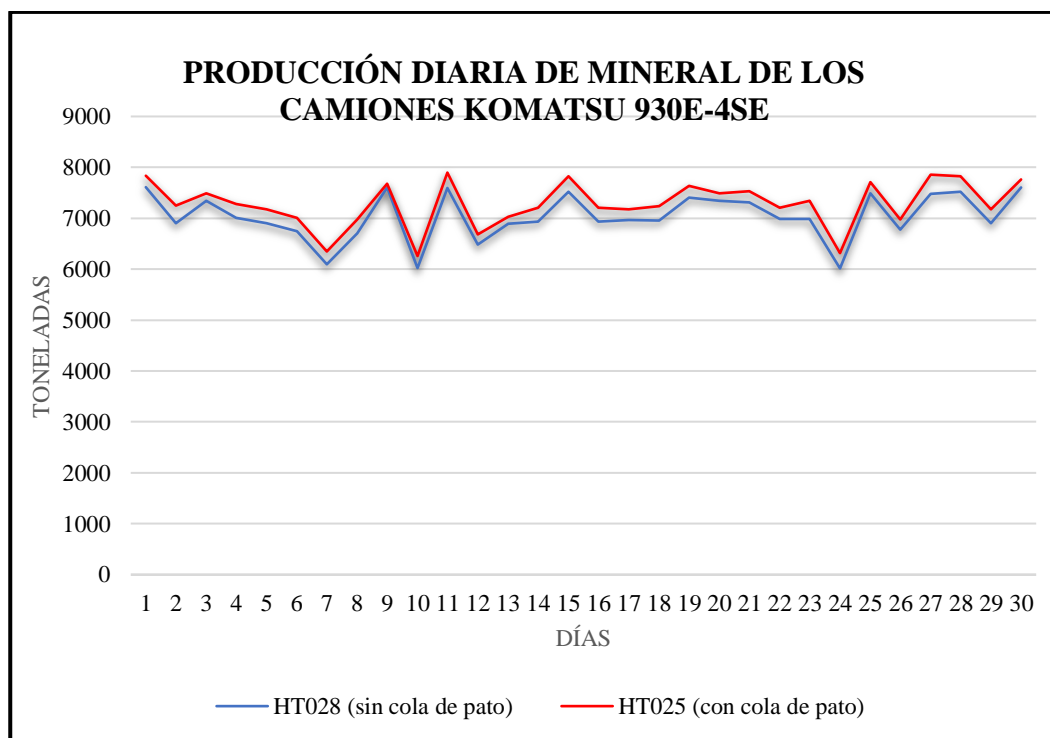
## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Análisis de resultados.

La investigación se basó en analizar los procesos involucrados en la unidad minera Las Bambas, específicamente de los camiones mineros Komatsu 930E-4SE y su participación en el proceso de carguío y acarreo con el fin de brindar una producción óptima, con investigación propuesta “Optimización de la producción con la instalación de cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas 2023”

##### 5.1.1 Determinación del efecto de la instalación de cola de pato.



**Figura 21 — Variación de la producción en mineral de los camiones Komatsu 930E-4SE con cola de pato y sin cola de pato, agosto 2023.**



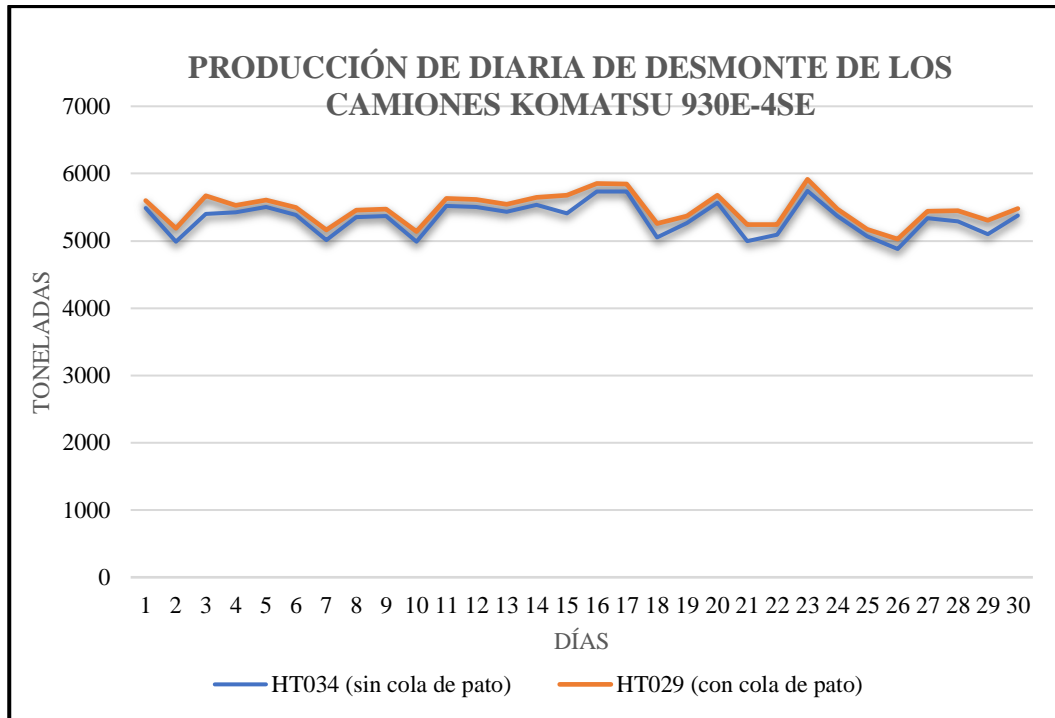


Figura 22 — Variación de la producción de desmorte de los camiones Komatsu 930E-4SE con cola de pato y sin cola de pato, agosto 2023.

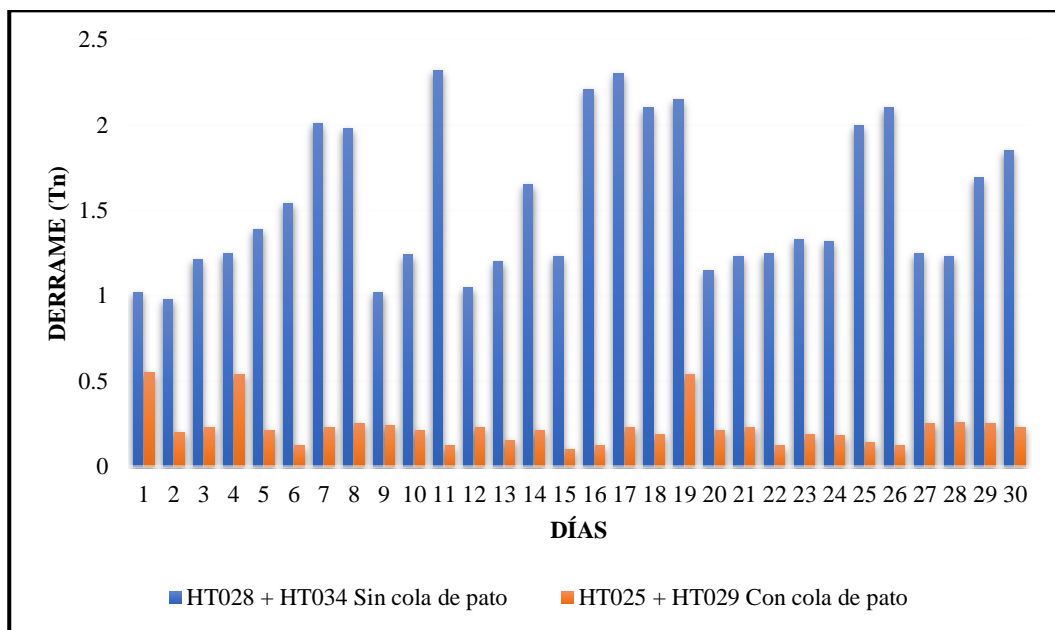
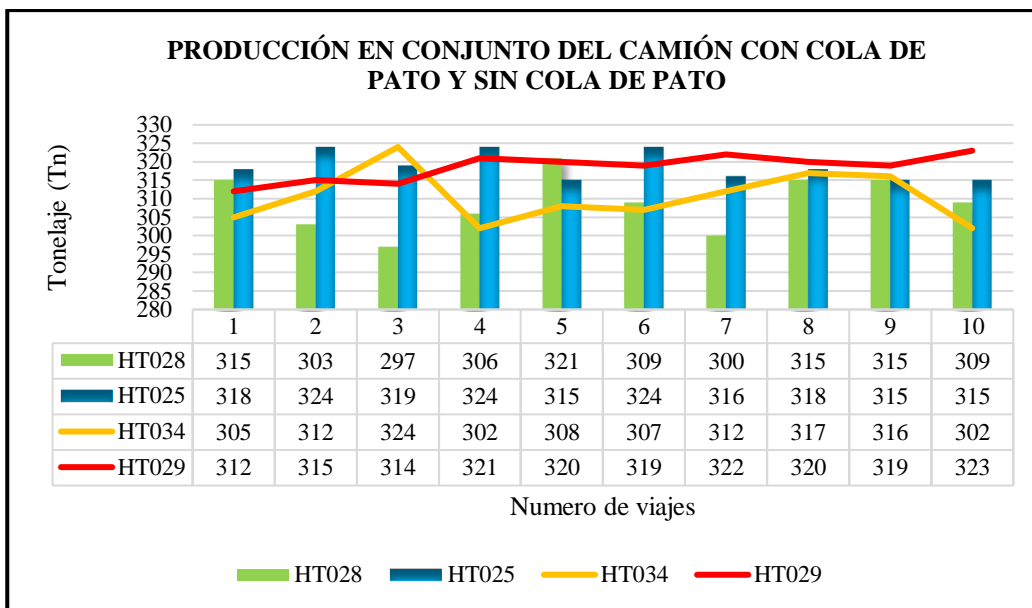
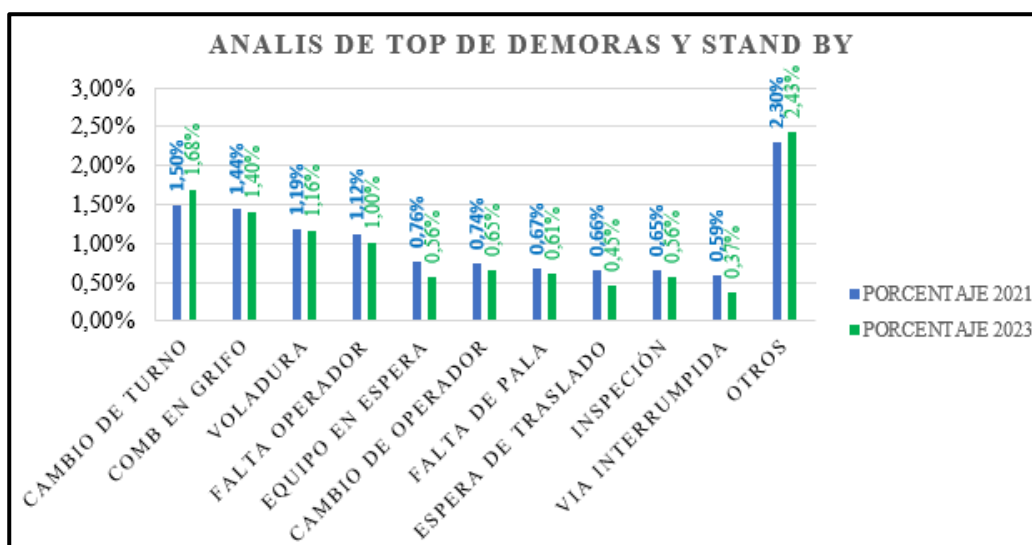


Figura 23 — Derrame de material acumulado por día en Tn de los camiones komatsu-930E-4SE, agosto 2023.



**Figura 24 — Determinación de la producción de los camiones Komatsu 930E-4SE con tolva de cola de pato y tolva estándar en diez viajes.**

Los HT025, HT029 son camiones con cola de pato y HT028, HT034 son camiones normales o con tolva sin cola de pato; por lo tanto, la variación de la producción se analiza en 10 viajes por cada camión Komatsu 930E-4SE tal como se observa en la figura 24 la producción promedio en los camiones con tolva de cola de pato es 318,65 toneladas que varía entre 3% a 4% respecto a los camiones sin cola de pato que tiene una producción promedio de 309 toneladas. Hay una diferencia de 8 toneladas a 9 toneladas en promedio por cada camión minero Komatsu 930E-4SE



**Figura 25\_ Gráfico del top de demoras y Stand By en base U o A de la flota Komatsu 930E-4SE del año 2021 y 2023**



Bajo esta premisa, la unidad minera estimó una ganancia por reducción de demora por derrames de mineral en camiones Komatsu 930E-4SE de 0,59% a 0,37% lo cual es de aprox. 1 000 horas y 460 000 toneladas por año.

### 5.1.2 Evaluación de la mejora de los tiempos de ciclo de acarreo

Una vez analizado todos los factores anteriores, se procede a revisar los indicadores de desempeño emitidos por la unidad de mantenimiento de la minera Las Bambas, para los cuales se compararán los escenarios antes de la modificación de las unidades, y después de la modificación de las unidades, para lo cual se obtienen los valores de la tabla siguiente

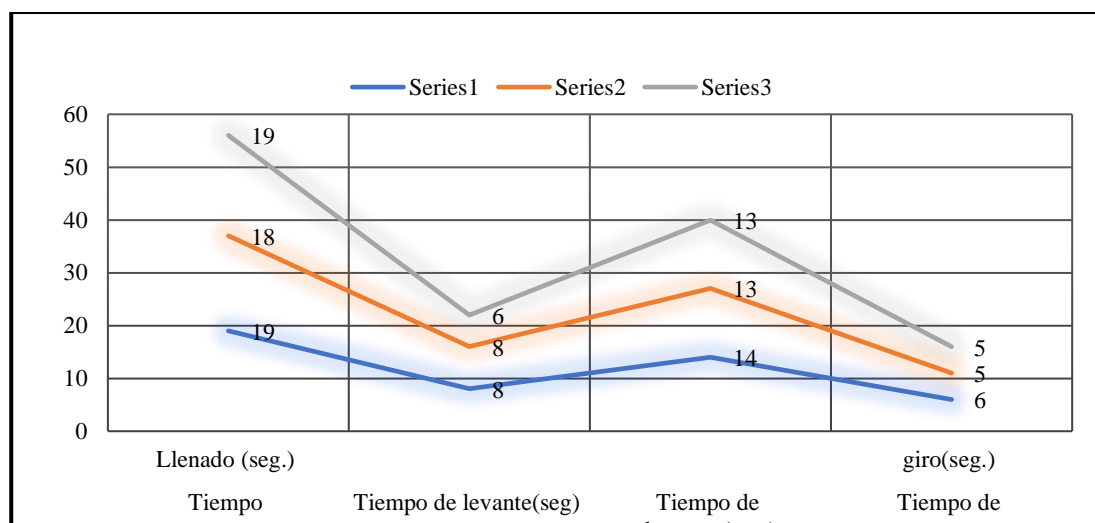


Figura 26 — Tiempo de carguío en promedio al camión HT025 con cola de pato

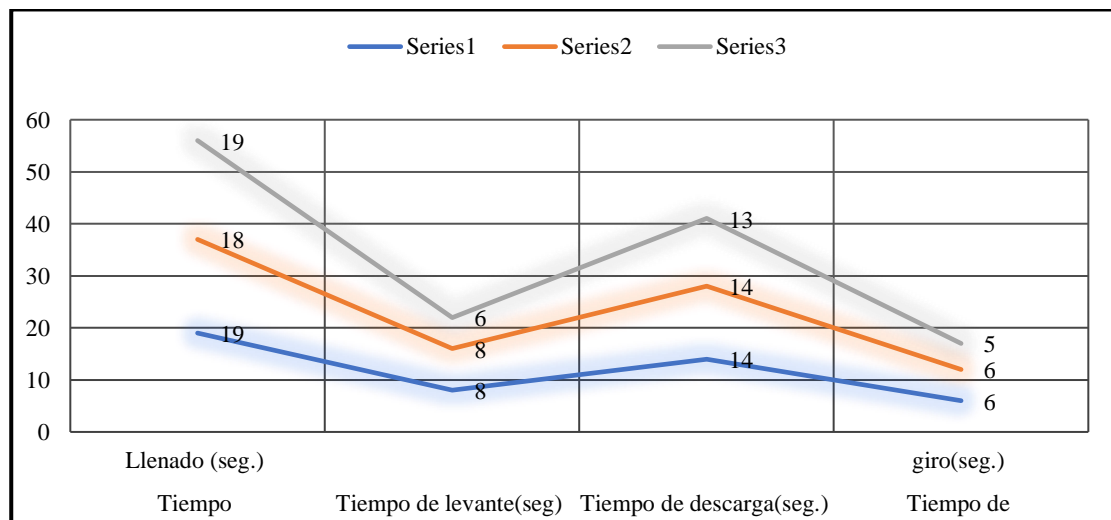
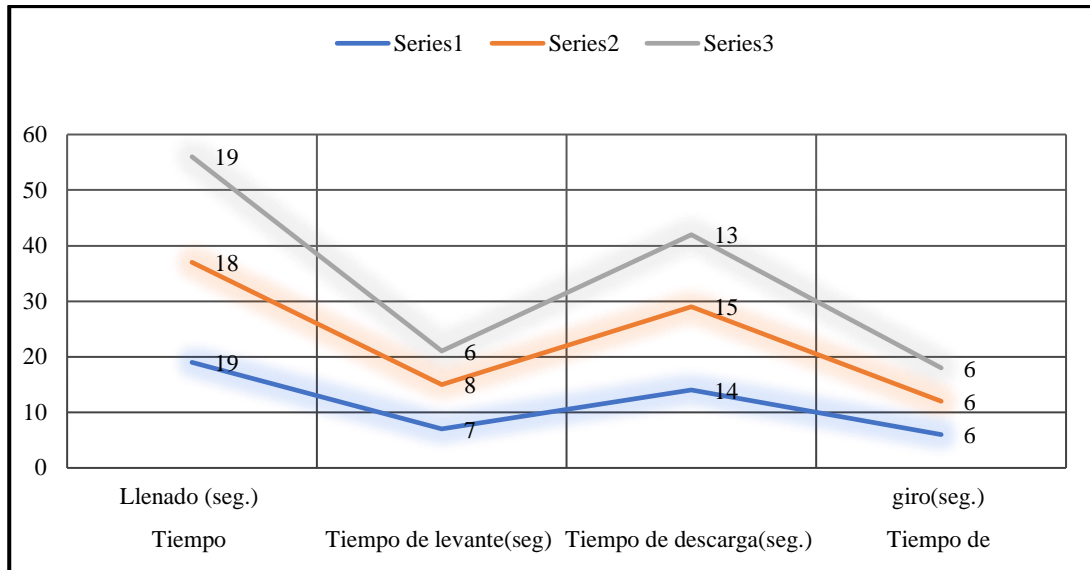
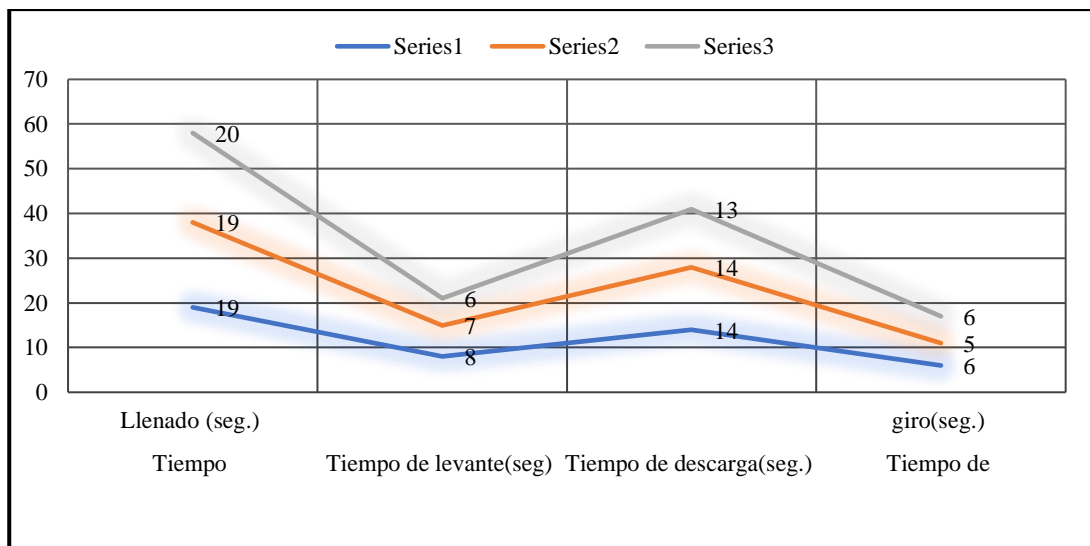


Figura 27 — Tiempo de carguío en promedio al camión HT029 con cola de pato

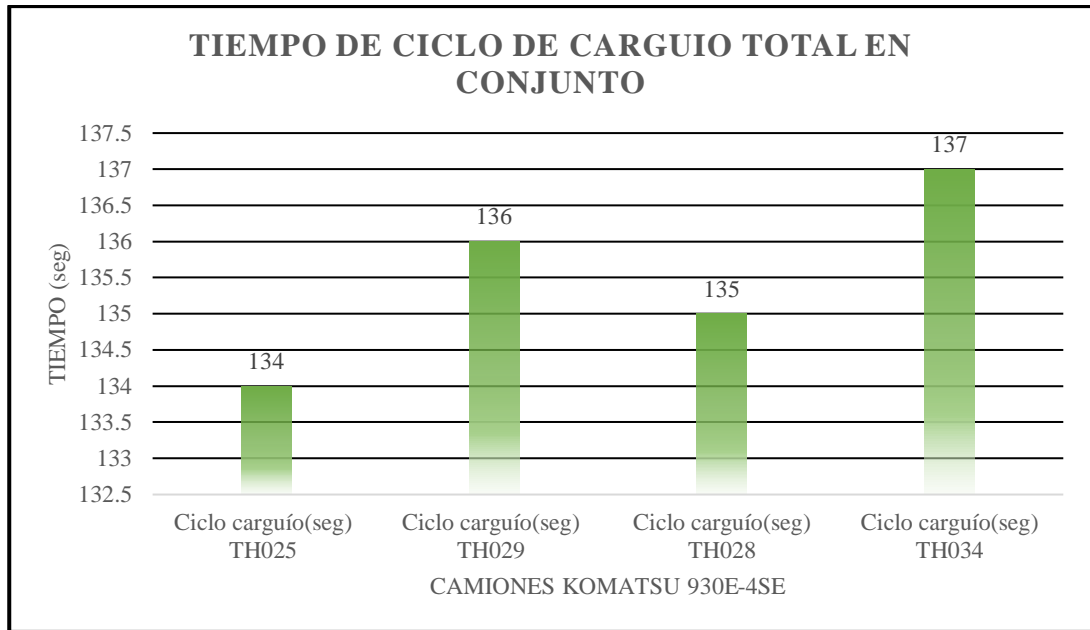




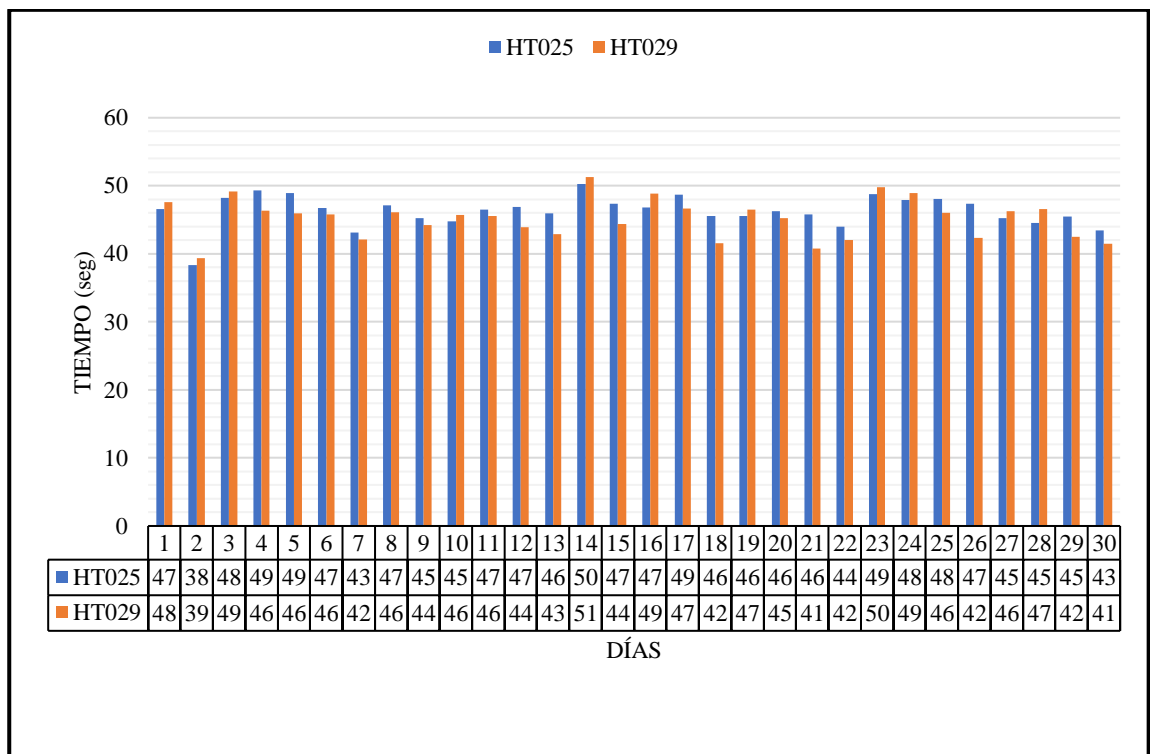
**Figura 28 — Tiempo de carguío en promedio al camión HT028 sin cola de pato**



**Figura 29 — Tiempo de carguío en promedio al camión HT034 sin cola de pato**



**Figura 30 — Tiempo promedio de ciclo total de carguío en conjunto de los camiones Komatsu 930E-4SE**



**Figura 31 — Tiempos de espera y descarga (camión Komatsu 930E-4SE) con cola de pato, agosto 2023**



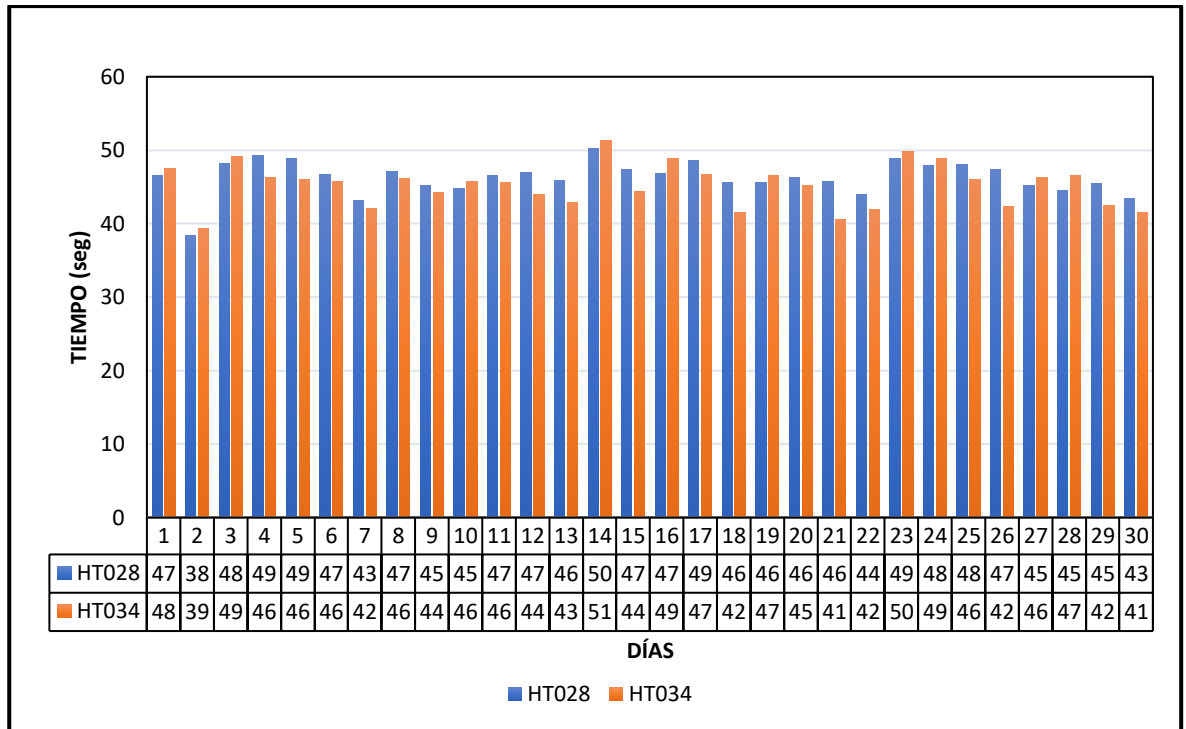


Figura 32 — Tiempos de espera y descarga (camión komatsu-930E-4SE) con tolva estándar, agosto 2023

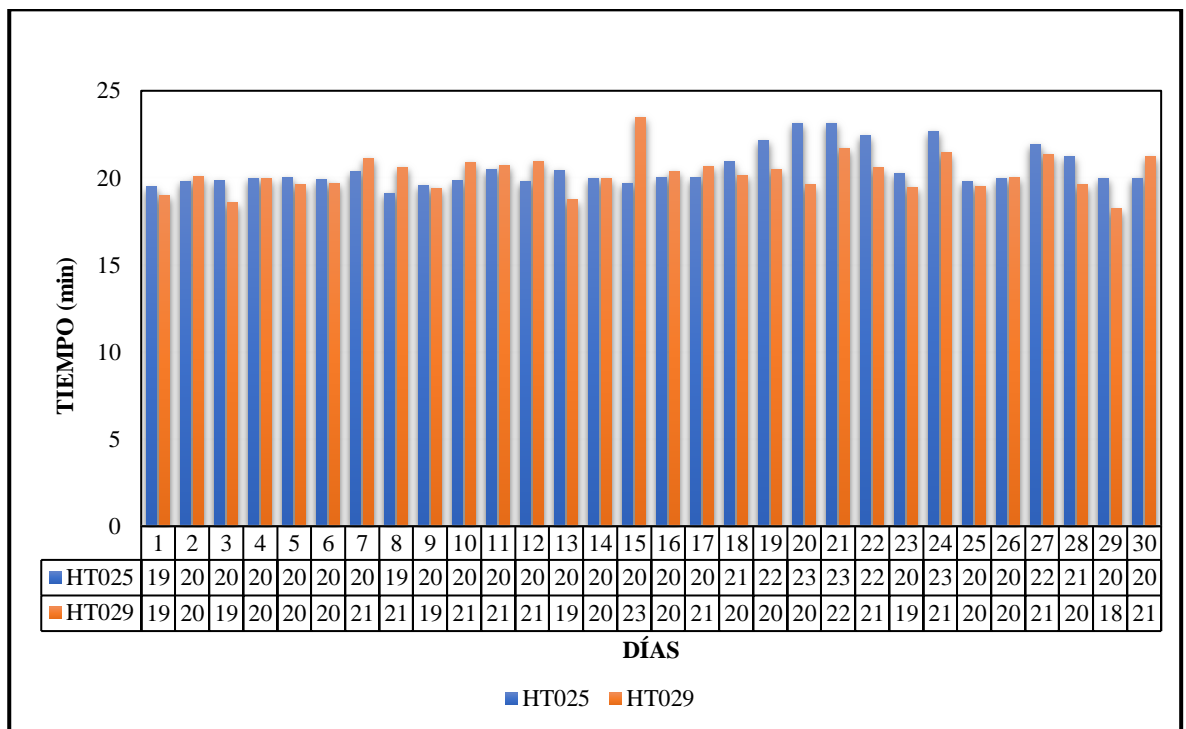
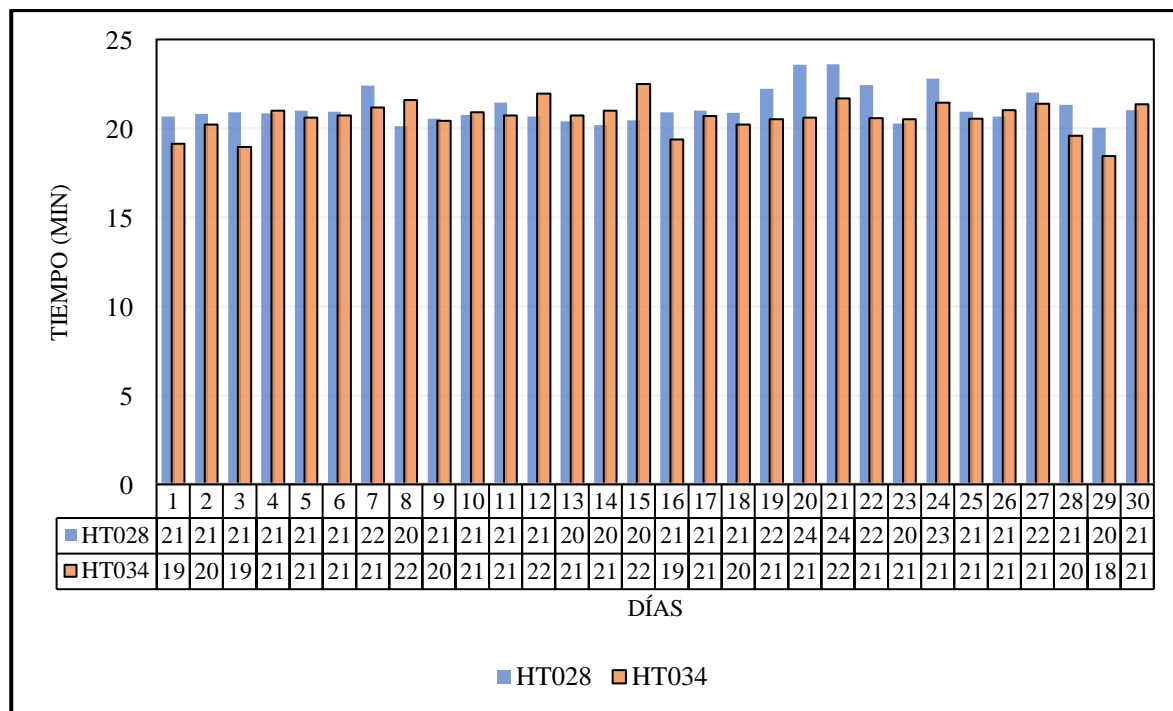


Figura 33 — Tiempos de ida y retorno del camión komatsu-930E-4SE, con tolva cola de pato, agosto 2023





**Figura 34 — Tiempos de ida y retorno del camión komatsu-930E-4SE sin cola de pato, agosto 2023**

**5.1.3 Análisis de efectos de instalación de cola de pato en mejora de seguridad**

**Tabla 16 — Total, de Eventos observados de derrames entre tolvas sin cola pato y tolvas con cola de pato de los camiones Komatsu 930E-4SE.**

<b>Categoría</b>	<b>Tolva sin cola de pato</b>	<b>Tolva con cola de pato</b>	<b>% Tolva sin cola de pato</b>	<b>% Tolva cola de pato</b>
<b>Observaciones totales</b>	83	57	100%	100%
<b>Derrame de material</b>	41	10	49%	18%
<b>No derrama material</b>	42	47	51%	82%
<b>Carga útil promedio (toneladas)</b>	309,7	318	—	—



**Tabla 17\_ Indicadores de desempeño antes y después de la implementación de la cola de pato en las Tolva de los camiones Komatsu 930E-4SE.**

Komatsu 930E-4SE sin cola de pato					Komatsu 930E-4SE con cola de pato				
Komatsu 930E-4SE	NRO_EQUIPOS (#)	44,0	44,0	↓	Komatsu 930E-4SE	NRO_EQUIPOS (#)	44,0	44,0	↓
	FACTOR (Ton)	300,0	307,6	↑		FACTOR (Ton)	300,0	315,9	↑
	LOAD_QUEUE (Min)	1,2	1,4	↓		LOAD_QUEUE (Min)	1,2	2,8	↑
	LOAD_SPOT (Min)	1,3	1,4	↓		LOAD_SPOT (Min)	1,3	1,5	↑
	DUMPING (Min)	0,9	0,9	↑		DUMPING (Min)	0,9	0,9	↑
	DUMP_QUEUE_SPOT (Min)	1,6	0,7	↑		DUMP_QUEUE_SPOT (Min)	1,6	1,4	↓
	EMPTY_TRAVEL (Min)		13,7			EMPTY_TRAVEL (Min)		11,0	
	FULL_TRAVEL (Min)		20,6			FULL_TRAVEL (Min)		18,1	
	Loaded (Km/Hr)	19,1	19,0	↓		Loaded (Km/Hr)	20,7	17,5	↓
	Empty (Km/Hr)	24,9	31,2	↑		Empty (Km/Hr)	29,4	32,2	↑
	DUMP_EFH (Km)	0,0	8,9			DUMP_EFH (Km)	0,0	7,6	
	DISP (%)	89,0	91,2	↑		DISP (%)	90,0	95,0	
	UOA (%)	86,0	84,7	↓		UOA (%)	88,0	85,5	↓
	PRODUCTIVIDAD (Ton/Hr)	381,1	436,6	↑		PRODUCTIVIDAD (Ton/Hr)	403,1	445,8	↑
	TRASLADO A TALLER PARA PM (min/d/pala)	0,4	0,0	↑		TRASLADO A TALLER PARA PM (min/d/pala)	0,4	0,0	↑
	COMB EN GRIFO (min/d/pala)	27,2	8,2	↑		COMB EN GRIFO (min/d/pala)	27,2	2,5	↑
CAMBIO DE TURNO (min/d/pala)	11,5	5,2	↑	CAMBIO DE TURNO (min/d/pala)	11,5	0,6	↑		

VOLADURA (min/d/pala)	13,2	1,1	↑	VOLADURA (min/d/pala)	13,2	4,2	↑
ESPERA TRASLADO DE PALA (min/d/pala)	10,6	9,1	↑	ESPERA TRASLADO DE PALA (min/d/pala)	10,6	2,6	↑
INSPECCION (min/d/pala)	5,2	3,8	↑	INSPECCION (min/d/pala)	5,2	4,5	↑
CAMBIO DE OPERADOR (min/d/pala)	7,6	6,2	↑	CAMBIO DE OPERADOR (min/d/pala)	7,6	0,1	↑
VIA INTERRUMPIDA (%)	6,7	3,8	↑	VIA INTERRUMPIDA (%)	6,7	0,37	↑
REFRIGERIO (min/d/pala)	7,4	0,5	↑	REFRIGERIO (min/d/pala)	7,4	0,0	↑
FALTA OPERADOR (min/d/pala)	10,5	0,9	↑	FALTA OPERADOR (min/d/pala)	10,5	4,3	↑
INTERRUP. X TORMENTA (min/d/pala)	9,9	19,9		INTERRUP. X TORMENTA (min/d/pala)	9,9	0,0	↑
FALTA DE PALA (min/d/pala)	7,9	26,6		FALTA DE PALA (min/d/pala)	7,9	1,1	↑
ESPERANDO ESCOLTA (min/d/pala)	5,9	0,0	↑	ESPERANDO ESCOLTA (min/d/pala)	5,9	0,0	↑
CLIMA SEVERO (min/d/pala)	5,1	0,0	↑	CLIMA SEVERO (min/d/pala)	5,1	0,0	↑
POR PRUEBAS ENTRENAMIENTO (min/d/pala)	1,6	0,0	↑	POR PRUEBAS ENTRENAMIENTO (min/d/pala)	1,6	2,1	↓

Fuente: Base de datos Dispatch, sistema de gestión de flota, Minera Las Bambas – 2023.

## 5.2 Contratación de hipótesis

Prueba “p-valor” para muestras relacionadas que fue desarrollado con el software Minitab ANOVA de un solo factor: diseño(cm<sup>2</sup>); pro.ccp(tn); pro.scp(tn); t.esper(s); t.desca(s); t.ida(s); t.retor(min); dmscp(tn); dmccp(tn)

- **Prueba de la primera hipótesis específica**

Comparación de dos variables que pertenecen al mismo grupo

### Formulación de hipótesis

**Ho:** La minimización de las pérdidas de material durante el transporte, a través de la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, **no** incrementa la eficiencia en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.

**H1:** La minimización de las pérdidas de material durante el transporte, a través de la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, incrementa la eficiencia en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.

- Nivel de significancia = 5% = 0,05
- Elección de la prueba estadística: p-valor
- Estimación de p-valor
- Toma de decisión: si  $p < 0,05 \rightarrow$  Rechazamos la Ho y aceptamos la H1

**Conclusión parcial:** si existe un incremento significativo de la producción con la instalación de cola de pato mediante la minimización de pérdidas de material durante el transporte de camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.

- **Prueba de la segunda hipótesis específica**

Comparación de dos variables que pertenecen al mismo grupo

### Formulación de hipótesis

**Ho:** La reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo de los camiones Komatsu 930E-4SE, al instalar la cola de pato, **no** contribuye a una mejora significativa en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.

**H1:** La reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo de los camiones Komatsu 930E-4SE, al instalar la cola de pato, contribuye a una mejora



significativa en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.

- Nivel de significancia = 5% = 0,05
- Elección de la prueba estadística: p-valor
- Estimación de p-valor
- Toma de decisión: si  $p < 0,05 \rightarrow$  Rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_1$

**Conclusión parcial:** si existe un incremento significativo de la producción con la instalación de cola de pato mediante la reducción de tiempos improductivos en ciclos de acarreo de camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.

- **Prueba de la tercera hipótesis específica**

Comparación de dos variables que pertenecen al mismo grupo

**Formulación de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La mayor seguridad operativa durante el transporte de material, lograda con la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, **no** facilita una optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023., reduciendo accidentes y tiempos de inactividad.

**H<sub>1</sub>:** La mayor seguridad operativa durante el transporte de material, lograda con la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, facilita una optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023., reduciendo accidentes y tiempos de inactividad.

- Nivel de significancia = 5% = 0,05
- Elección de la prueba estadística: p-valor
- Estimación de p -valor
- Toma de decisión: si  $P < 0,05 \rightarrow$  Rechazamos la  $H_0$  y aceptamos la  $H_1$

**Conclusión parcial:** si existe un incremento significativo de la producción con la instalación de cola de pato mediante una mayor seguridad operativa durante el transporte de material de camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.

Tabla 18 — Datos para su análisis y tratamiento en el software Minitab

ítem	Mater (t)	Diseño (cm2)	pro,ccp (t)	pro,scp (t)	t,esper (s)	t,desca (s)	t,ida (s)	t,retor (min)	Dmscp (t)	Dmccp (t)
1	mineral	23463	7839	7611	134	47,57	12,13	7,01	1,02	0,55
2	mineral	23463	7244	6899	135	39,36	12,05	8,02	0,98	0,21
3	mineral	23463	7495	7348	137,21	49,2	11,58	6,98	1,21	0,23
4	mineral	23463	7285	7005	136,12	46,32	11,98	8,01	1,25	0,54
5	mineral	23463	7176	6900	134,12	45,96	12,35	7,26	1,39	0,21
6	mineral	23463	7011	6741	134,56	45,78	12,45	7,25	1,54	0,12
7	mineral	23463	6343	6099	134,56	42,11	13,13	8,02	2,01	0,23
8	mineral	23463	6973	6705	135,12	46,14	12,36	8,25	1,98	0,25
9	mineral	23463	7676	7600	134,12	44,24	11,25	8,14	1,02	0,24
10	mineral	23463	6259	6018	134,01	45,75	12,65	8,23	1,24	0,21
11	mineral	23463	7897	7593	134,05	45,54	13,15	7,58	2,32	0,12
12	mineral	23463	6679	6484	134,61	43,91	13,21	7,74	1,05	0,23
13	mineral	23463	7028	6890	134,21	42,91	11,51	7,23	1,21	0,15
14	mineral	23463	7209	6932	134,56	51,25	10,98	9,01	1,65	0,21
15	mineral	23463	7821	7520	134,02	44,35	15,32	8,12	1,23	0,17
16	mineral	23463	7209	6932	134,05	48,83	14,25	6,14	2,21	0,12
17	mineral	23463	7179	6970	134,56	46,69	13,54	7,12	2,31	0,23
18	mineral	23463	7236	6958	134,25	41,56	12,65	7,51	2,11	0,19
19	mineral	23463	7632	7410	134,21	46,52	13,25	7,23	2,15	0,54
20	mineral	23463	7494	7347	134,25	45,26	12,36	7,24	1,15	0,21
21	mineral	23463	7528	7309	133,89	40,74	14,25	7,45	1,23	0,23
22	mineral	23463	7202	6992	133,98	41,99	13,32	7,25	1,25	0,12
23	mineral	23463	7340	6990	134,58	49,8	12,35	7,12	1,33	0,19
24	mineral	23463	6317	6016	135,02	48,91	14,21	7,23	1,32	0,18
25	mineral	23463	7715	7490	134,21	46,03	12,32	7,21	2,01	0,14
26	mineral	23463	6980	6777	134,12	42,33	12,35	7,69	2,11	0,12
27	mineral	23463	7854	7480	133,89	46,28	13,32	8,02	1,25	0,25
28	mineral	23463	7824	7523	134,56	46,55	12,36	7,23	1,23	0,26
29	mineral	23463	7175	6899	134,12	42,47	12,01	6,21	1,69	0,25
30	mineral	23463	7762	7610	134,12	41,47	14,01	7,23	1,85	0,23

**HOJA DE TRABAJO 1**

ANOVA de un solo factor: diseño(cm2); pro.ccp(t); pro.scp(t); t.esper(seg);  
t.desca(seg); t.ida(seg); t.retor(min); dmscp(t); dmccp(t)

**Método**

Hipótesis nula	: Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	: No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

**Tabla 19 — Información del factor**

Factor	Niveles	Valores
Factor	9	diseño(cm2); pro.ccp(t); pro.scp(t); t.esper(seg); t.desca(seg); t.ida(seg); t.retora(min); dmscp(t); dmccp(t)

**Tabla 20 — Análisis de Varianza**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	14782360876	1847795109	39335,43	0,000
Error	261	12260565	46975		
Total	269	14794621440			

**Tabla 21 — Resumen del modelo**

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
216,738	99,92%	99,91%	99,91%

**Tabla 22 — Medias de los factores**

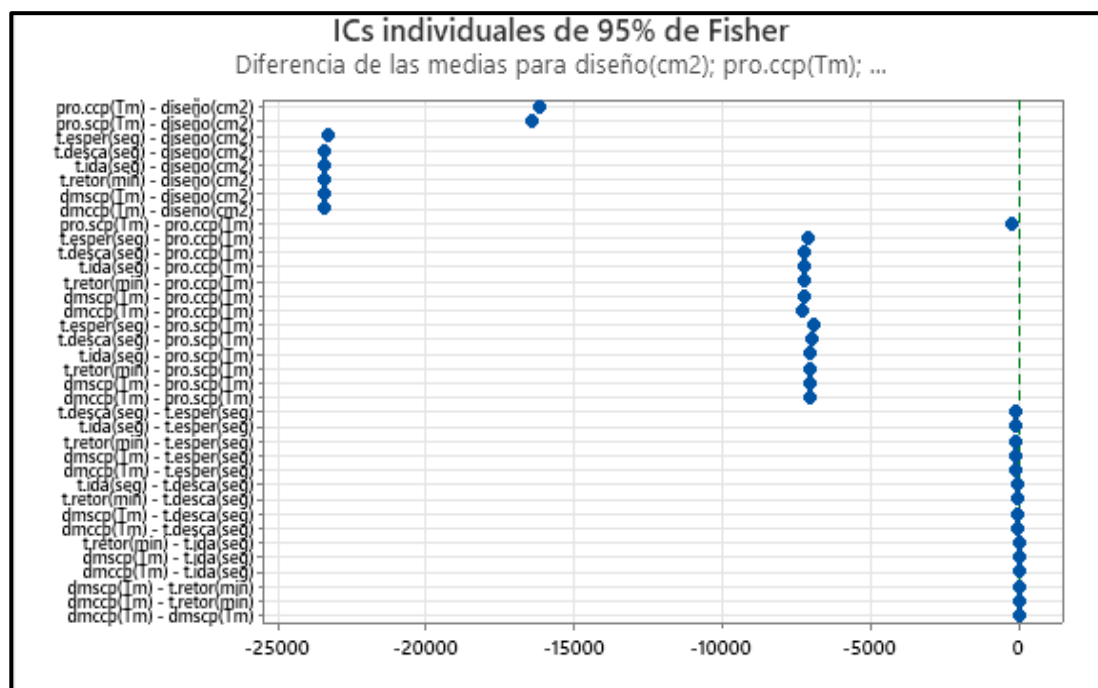
Factor	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
diseño(cm2)	30	23463	0	(23385; 23541)
pro.ccp(t)	30	7279,4	456,8	(7201,5; 7357,3)
pro.scp(t)	30	7034,9	462,7	(6957,0; 7112,9)
t.esper(seg)	30	134,469	0,698	(56,551; 212,388)
t.desca(seg)	30	45,194	2,893	(-32,725; 123,113)
t.ida(seg)	30	12,755	0,990	(-6,164; 90,674)
t.retora(min)	30	7,491	0,597	(-70,428; 85,410)
dmscp(t)	30	1,5433	0,4413	(-76,3752; 79,4619)
dmccp(t)	30	0,2310	0,1149	(-77,6876; 78,1496)

*Desv.Est. agrupada = 216,738*

**Tabla 23 — Comparaciones en parejas de Fisher, Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%**

Factor	N	Media	Agrupación			
diseño(cm2)	30	23463	A			
pro.ccp(t)	30	7279,4		B		
pro.scp(t)	30	7034,9			C	
t.esper(seg)	30	134,469				D
t.desca(seg)	30	45,194				D E
t.ida(seg)	30	12,755				E
t.retora(min)	30	7,491				E
dmscp(t)	30	1,5433				E
dmccp(t)	30	0,2310				E

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Figura 35 — Sí un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes**

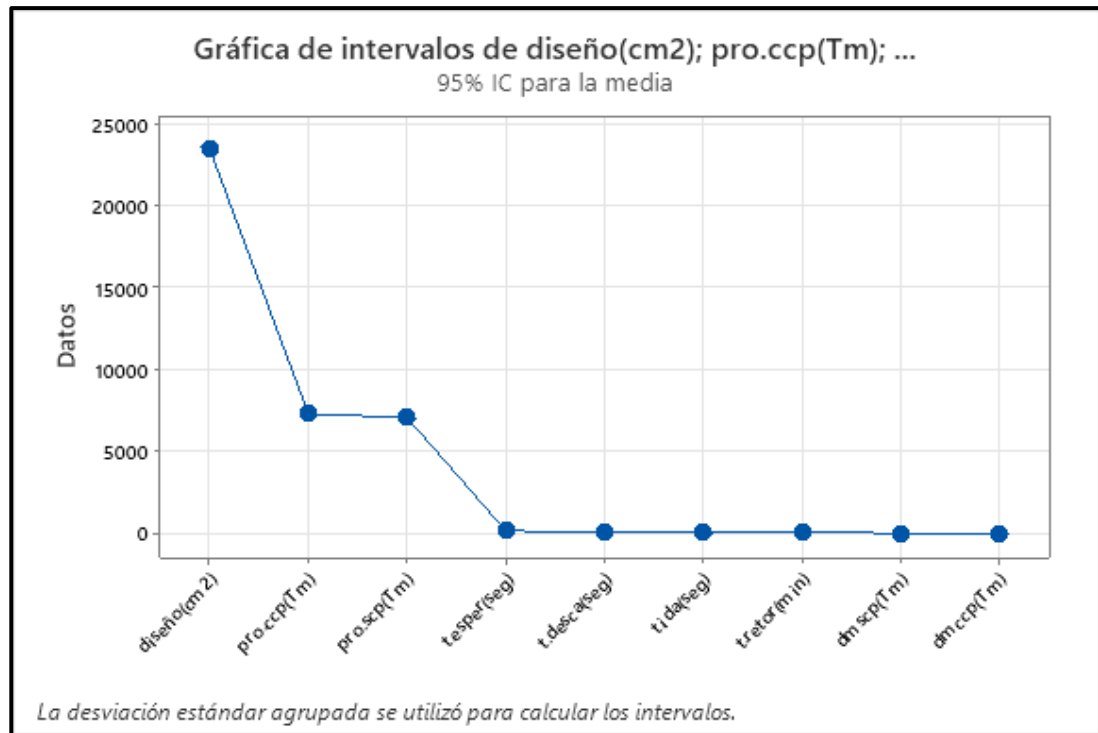


Figura 36 — La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos

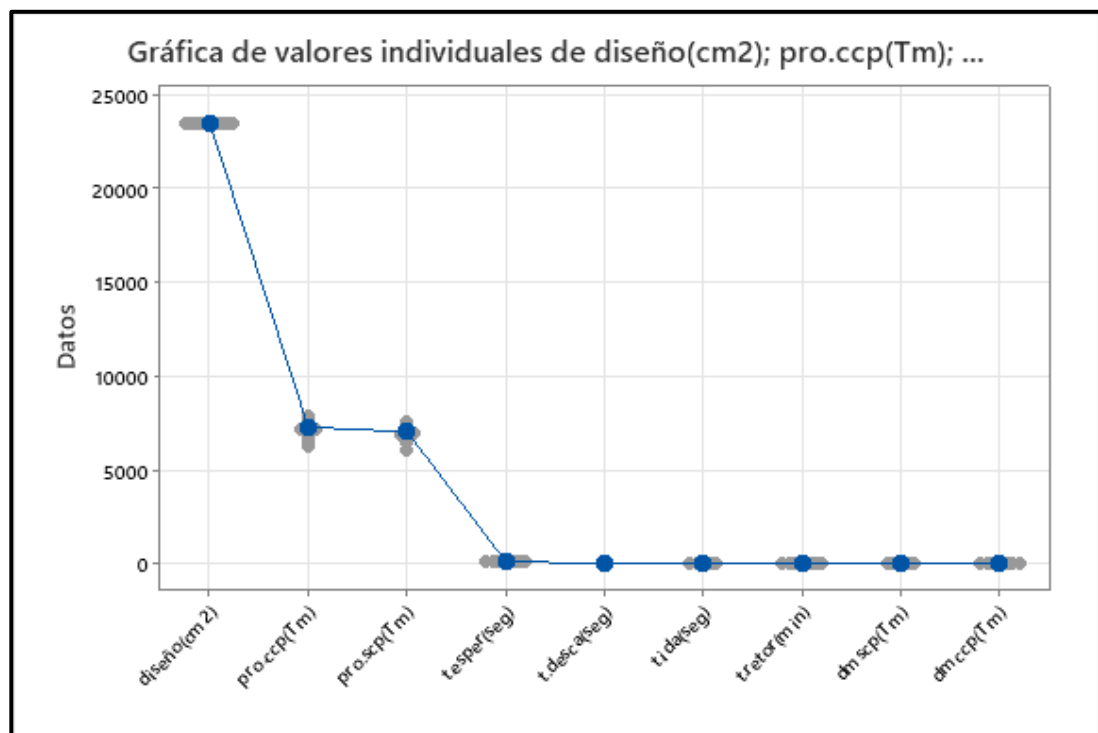


Figura 37 — Valores individuales de diseño de la data

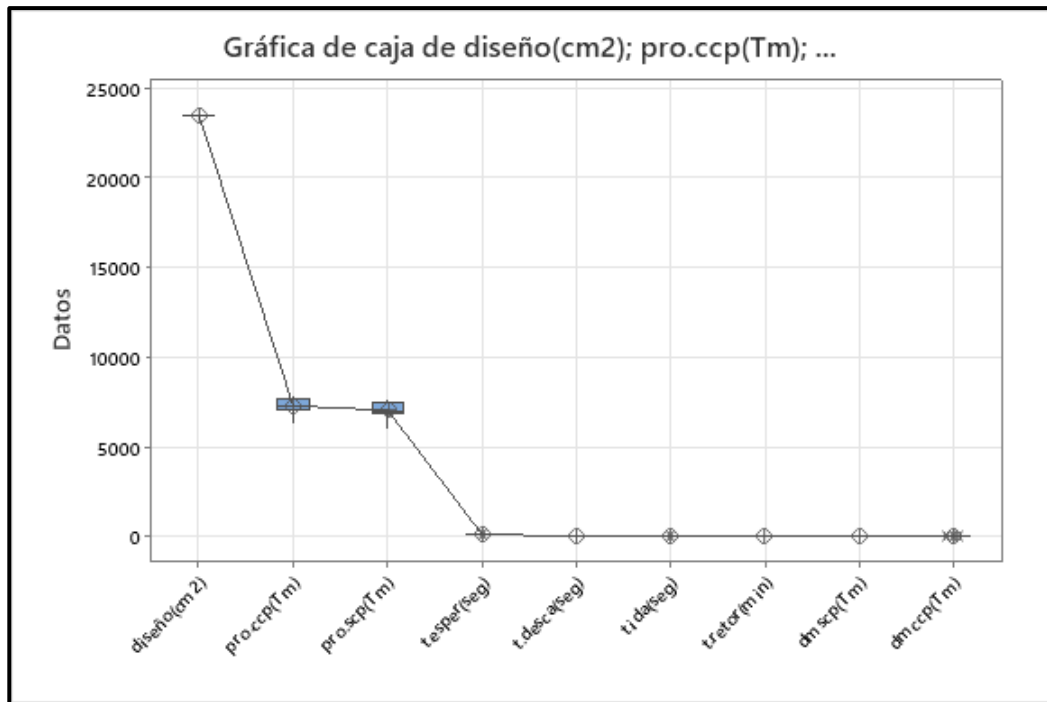


Figura 38 — Diseño de cajas de bigotes

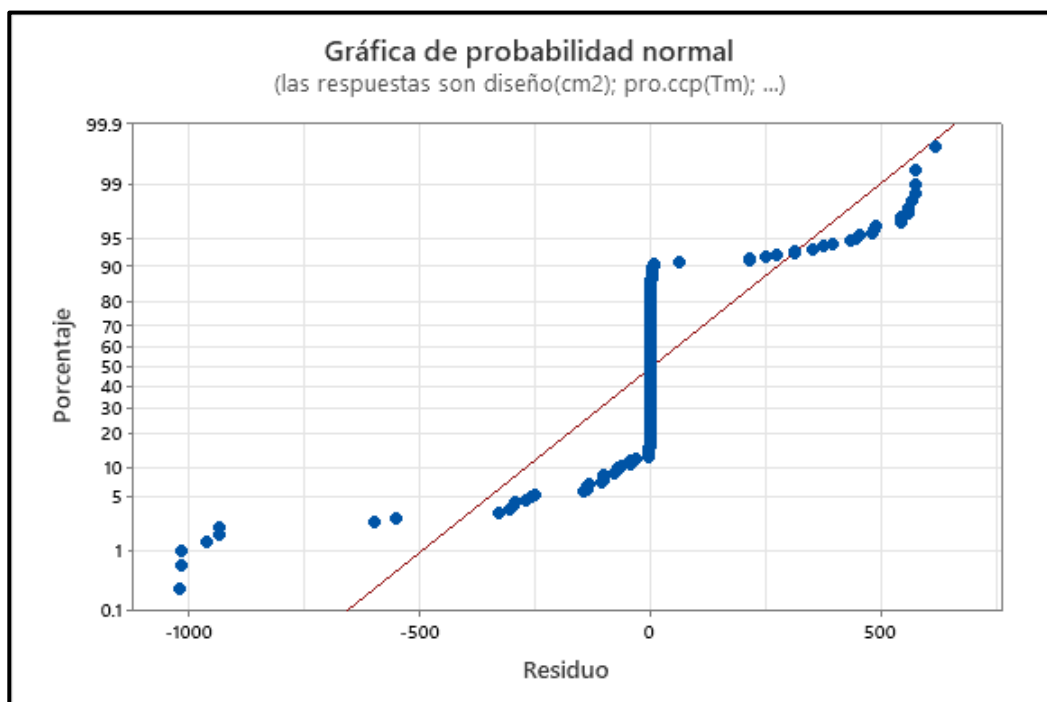


Figura 39 — Diseño de probabilidad normal

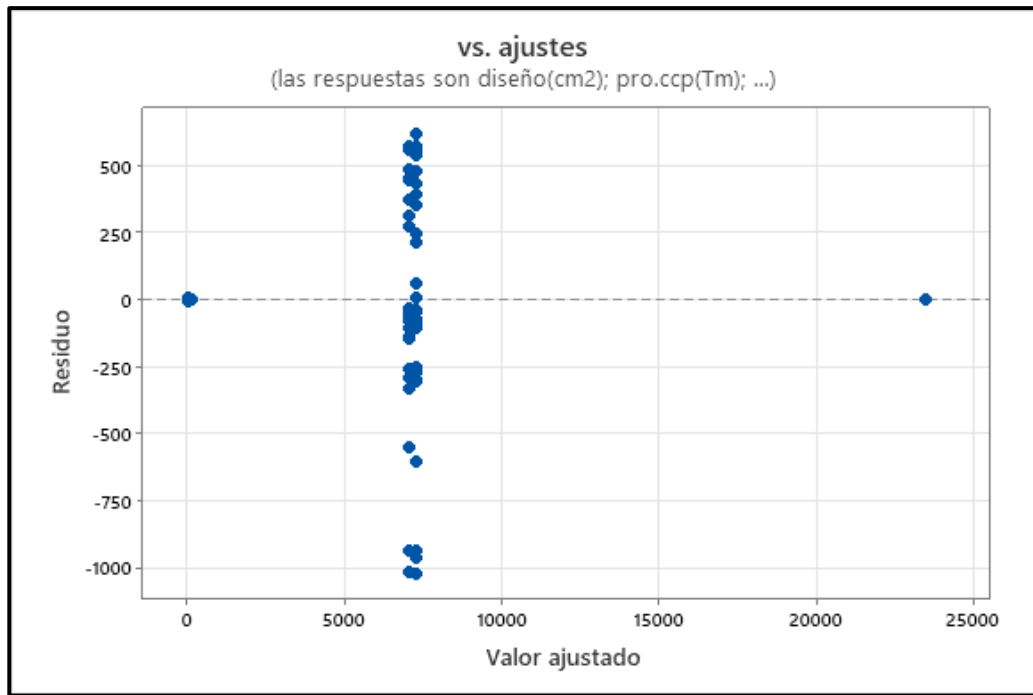


Figura 40 — Se interpreta donde el diseño propuesto tiene una aceptación

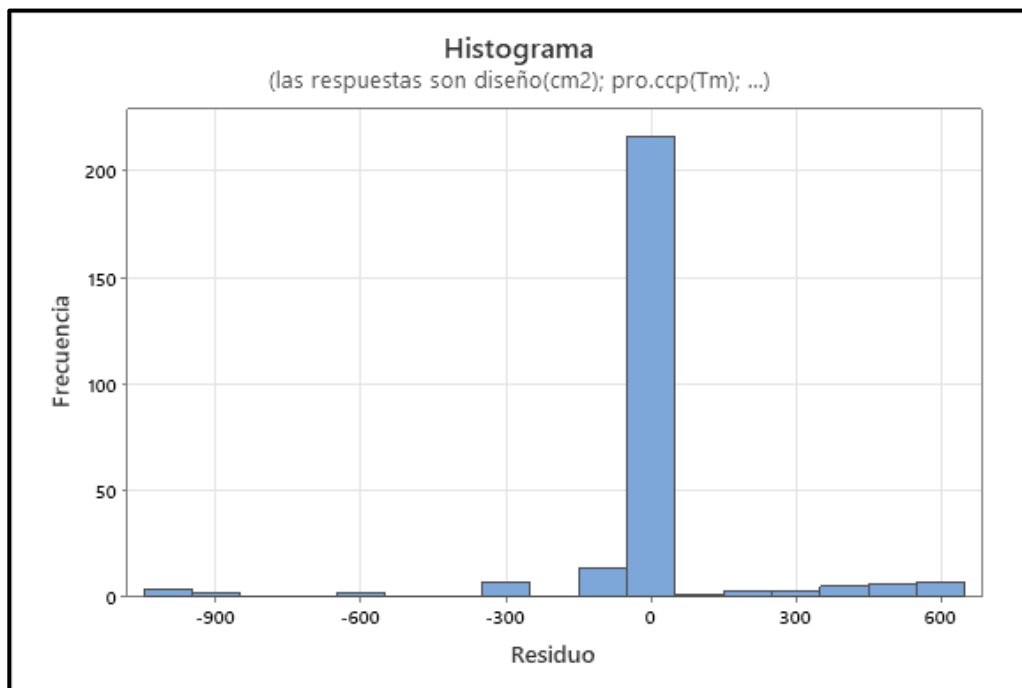


Figura 41 — El histograma de la curva norma.

### 5.3 Discusión

A partir de los hallazgos encontrados en el presente trabajo de investigación aceptamos hipótesis alternativa que existe un incremento significativo de la producción con la instalación de cola de pato mediante la minimización de pérdidas de material durante el transporte, reducción de tiempos improductivos en ciclos de acarreo y mayor seguridad operativa durante el transporte de material en camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas 2023. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Smith (2018), en un estudio titulado optimización de la capacidad de tolvas en camiones mineros para reducir pérdidas de material y mejorar la eficiencia. El estudio demostró que el rediseño de las tolvas, incluyendo extensiones en los bordes, redujo los derrames en un 22% y mejoró la capacidad de carga efectiva en un 15%. Además, la reducción de derrames disminuyó significativamente los costos de limpieza y mantenimiento de las vías.

En cuanto a la producción de mineral, el camión Komatsu 930E-4SE – HT028, sin la instalación de cola de pato, registró una producción promedio de 7034,93 toneladas por día (t/d). En comparación, el camión Komatsu 930E-4SE – HT025, con cola de pato instalada, alcanzó una producción promedio de 7279,40 t/d, lo que representa un incremento del 3%. Por otro lado, en el caso del acarreo de desmonte, el camión HT029 (sin cola de pato) presentó una producción promedio de 5330,20 t/d, mientras que el camión HT034 (con cola de pato) logró 5473,00 t/d, evidenciando un incremento del 2%. Estos resultados confirman una mejora moderada en la productividad tras la implementación de la cola de pato. Este hallazgo se alinea con el estudio de González y Martínez (2020), en el que se reportó un aumento del 18% en la eficiencia de acarreo, atribuido a la reducción de pérdidas de material y un incremento del 12% en los ciclos diarios realizados. Asimismo, se observaron mejoras en la seguridad operativa, destacando una disminución del 30% en incidentes por derrames.

Los camiones Komatsu 930E-4SE (HT028 y HT034), que no cuentan con la modificación de cola de pato, presentan un tiempo promedio de ciclo de acarreo de 20,93 minutos. En contraste, los camiones (HT025 y HT029), equipados con tolva cola de pato, registran un tiempo promedio de 20,39 minutos por ciclo. Esta diferencia representa una reducción promedio de 0,55 minutos por ciclo de acarreo, lo que se traduce en una mejora del 2,63% en la eficiencia operativa a favor de los camiones modificados. Estos resultados evidencian que la implementación de la cola de pato en



las tolvas contribuye de manera efectiva a la reducción de los tiempos inoperativos y mejora el rendimiento en las operaciones de acarreo. Comparativamente, el estudio realizado por González y Martínez (2020) reportó un incremento del 12% en los ciclos diarios tras la optimización del sistema de acarreo mediante ajustes en el diseño de las tolvas, además de una reducción del 30% en incidentes por derrames. Los hallazgos de este estudio refuerzan la importancia de aplicar mejoras técnicas en la configuración de las tolvas como una estrategia clave para maximizar la productividad y la eficiencia en las operaciones mineras a gran escala.

El análisis demuestra que la instalación de cola de pato en la tolva de los camiones Komatsu 930E-4SE estabiliza eficazmente la carga durante el transporte, lo que se traduce en una significativa reducción de los derrames de material en el tajo Ferrobamba. Los camiones con cola de pato registraron solo un 18% de derrames, en comparación con el 49% de los camiones sin esta modificación, lo que implica una reducción del 63% en pérdidas de material. Esta disminución de derrames mejora la seguridad operativa al minimizar la pérdida de material durante el transporte y reducir los riesgos de accidentes causados por derrames y desbalances en la carga. Además, disminuye el tiempo y los costos asociados a la limpieza y recuperación del material derramado. Así, la mejora en la estabilidad de la carga contribuye directamente a optimizar la eficiencia, la seguridad y la productividad general del tajo. Estos resultados coinciden con estudios previos, como el de González y Martínez (2020), donde la optimización del diseño de las tolvas redujo los incidentes en un 30%, reforzando la importancia de aplicar modificaciones estructurales para incrementar la seguridad en el acarreo. En base a estos hallazgos, se recomienda continuar con la implementación de mejoras en el diseño de los camiones y promover capacitaciones en seguridad para optimizar aún más la gestión de riesgos en el transporte de material en minería a tajo abierto.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se concluye que, la presente investigación evaluó el impacto de la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE sobre la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas, durante el 2023. Los resultados evidenciaron que la implementación de esta modificación contribuyó significativamente a la minimización de pérdidas de material, lo que resultó en un incremento en la eficiencia del transporte de carga. Además, se observó una reducción en los tiempos improductivos durante los ciclos de acarreo y una mejora en la seguridad operativa, factores clave para la optimización de la producción. A partir del análisis realizado, se determinó que la minimización de las pérdidas de material durante el transporte contribuye directamente a la mejora de la productividad en el tajo Ferrobamba. Los resultados muestran que los camiones Komatsu 930E-4SE equipados con tolvas tipo cola de pato registraron una producción promedio de 318,65 toneladas por ciclo, lo que representa un incremento del 3 % en la producción de mineral. Asimismo, se observó un aumento en la producción de desmonte, con un promedio de 309 toneladas por ciclo, equivalente a un incremento del 2 % en comparación con los camiones Komatsu sin esta modificación. En términos absolutos, se identificó una diferencia promedio de 8 toneladas adicionales por viaje en los camiones con cola de pato, lo que representa un 2,50 % más, evidenciando el impacto positivo de esta modificación en la mejora del rendimiento operativo.

Se concluye que los camiones Komatsu 930E-4SE sin cola de pato presentan un tiempo promedio de ciclo de acarreo de 20,93 minutos, mientras que los camiones con tolva cola de pato registran un tiempo promedio de 20,39 minutos. Esto implica una reducción promedio de 0,55 minutos por ciclo, lo que representa una mejora promedio del 2,63% en la eficiencia operativa a favor de los camiones con cola de pato.

El análisis demuestra que la instalación de cola de pato en la tolva de los camiones Komatsu 930E-4SE estabiliza eficazmente la carga durante el transporte, lo que se

traduce en una significativa reducción de los derrames de material en el tajo Ferrobamba. Los camiones con cola de pato registraron solo un 18% de derrames, en comparación con el 49% de los camiones sin esta modificación, lo que implica una reducción del 63% en pérdidas de material. Esta disminución de derrames mejora la seguridad operativa al minimizar la pérdida de material durante el transporte y reducir los riesgos de accidentes causados por derrames y desbalances en la carga. Además, disminuye el tiempo y los costos asociados a la limpieza y recuperación del material derramado. Así, la mejora en la estabilidad de la carga contribuye directamente a optimizar la eficiencia, la seguridad y la productividad general del tajo.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda implementar de manera generalizada la cola de pato en la flota de camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, debido a los beneficios observados en términos de productividad, eficiencia operativa y seguridad. Además, es importante realizar evaluaciones periódicas para verificar el impacto continuo de esta mejora.

Continuar con el monitoreo del desempeño de los camiones con cola de pato para evaluar la estabilidad en la reducción de pérdidas de material y su impacto en la producción. Asimismo, implementar un sistema de control y seguimiento en tiempo real para identificar pérdidas de material en las rutas de acarreo y realizar ajustes operativos si es necesario. Evaluar la posibilidad de optimizar aún más el diseño de la cola de pato para maximizar la retención de material en diferentes condiciones de carga y terreno.

Optimizar la programación y asignación de camiones con cola de pato para maximizar la eficiencia en los ciclos de acarreo e implementar sistemas de monitoreo y análisis de tiempos improductivos, identificando posibles mejoras en la coordinación entre carguío, transporte y descarga. Capacitar a los operadores sobre técnicas de conducción eficiente para reducir tiempos de ciclo y optimizar el rendimiento de los camiones.

Implementar protocolos de inspección y mantenimiento periódico para asegurar que la cola de pato funcione correctamente y continúe reduciendo riesgos de derrame de material y realizar capacitaciones en seguridad dirigidas a los operadores, enfocadas en la importancia de la estabilidad de la carga y la prevención de incidentes. Fortalecer la cultura de seguridad en la unidad minera promoviendo el uso de tecnologías y modificaciones estructurales en los equipos que contribuyan a la reducción de riesgos operativos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ALVAREZ, V.** *Cálculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte – Unidad Minera de Arcata*. Tesis (Titulación de pregrado). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2014.

**ARIAS, F.** *El proyecto de investigación: Introducción a la investigación cualitativa* [en línea]. Caracas: Episteme, 2012.

**AZAÑERO, L., & GUERRERO, L.** *Carguío y acarreo en flotas mineras: una revisión sistemática* [Trabajo de Titulación Profesional]. Universidad Privada del Norte. Cajamarca - Perú, 2019. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22051/Aza%  
c3%b1ero%20Ruiz%20Luis%20Fredy%20-%20Guerrero%20Orrillo%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22051/Aza%c3%b1ero%20Ruiz%20Luis%20Fredy%20-%20Guerrero%20Orrillo%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**BAENA, G.** *Metodología de la investigación*. Azcapotzalco: Grupo Editorial Patria, 2017.

**BAHAMÓNDEZ, M.** *Implementación sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros*. Tesis (Titulación de ingeniería). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2018.

**BUDYNAS, R., & NISBETT, K.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* [en línea]. 9a ed. Ciudad de México: Interamericana, 2012.

**CARRASCO, S.** *Metodología de la investigación* [en línea]. Lima - Perú: Universidad Mayor de San Marcos, 2017.

**CEPEDA, J., FUENTES, A., & MAURY, S.** *Diseño para la producción y uso en tiempo real de hidrógeno a partir del frenado regenerativo en maquinaria minera diésel*. Tesis (Titulación de ingeniería). Bogotá: Universidad del Norte, 2020.

**CERDAN, A., & GARCÍA, E.** *Aplicación de la teoría de colas para mejorar la producción del carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca* [Trabajo de Titulación Profesional]. Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú, 2021. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27122/TESIS%20FINAL%20ALEX%20Y%20RONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CONDORI, R.** *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 (Titulación de ingeniería). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017.



**DÍAZ, F.** *Diseño de tolva ligera para camiones 785 b/c y su impacto en la productividad en una empresa minera* [Trabajo de Titulación Profesional]. Universidad Nacional de Trujillo, Perú, 2017.

**EYZAGUIRRE, G.** *Carguío y transporte en minería*, 2018. Disponible en: [https://www.academia.edu/8298934/Carguio\\_y\\_Transporte\\_Mineria](https://www.academia.edu/8298934/Carguio_y_Transporte_Mineria)

**GONZÁLEZ, M., & MARTÍNEZ, L.** *Modificaciones estructurales en camiones Komatsu 980E para mejorar eficiencia y seguridad operativa en minería chilena* [Informe técnico no publicado]. Compañía Minera del Norte de Chile, 2020.

**GONZÁLEZ, V.** *Modelo evaluativo para el cálculo de flota de equipos de carguío y transporte en Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi*. Tesis (Titulación de ingeniería). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2018.

**HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, L.** *Metodología de la Investigación* [en línea]. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2014.

**HERNÁNDEZ, R., & MENDOZA, C.** *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativa y mixta* [en línea]. México: McGraw-Hill, 2018.

**HURTADO, B.** *Influencias del mantenimiento de vías de acarreo en la productividad del tajo Ferrobamba – Minera Las Bambas – Apurímac*. Tesis (Titulación de ingeniería). Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.

**KOMATSU.** *CATÁLOGO de productos*, 2019. Disponible en: <https://www.komatsulatioamerica.com/chile/productos/930E-4SEse>

**LAVADO, M.** *Aumento de la producción de pala RH90C y reducción de sobrecargas de camión minero CAT 777 mediante la eliminación del último pase en el carguío con pala RH90C en la Unidad Minera La Arena S.A.* Tesis (Titulación de ingeniería). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2019.

**MOYO, T.** *Evaluación de la implementación de accesorios en tolvas para mejorar la seguridad y eficiencia del transporte de material en minas de oro*. Informe de investigación técnica, Sudáfrica. Documento no publicado, 2019.

**MORALES, R.** *Calidad y productividad*. Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación [en línea], 2018, n.º 18. Disponible en: <https://revistaespirales.com/index.php/es/article/view/671>

**MOREJÓN, G.** *Diseño en ingeniería orientada a la capacidad tecnológica disponible*. Ingeniería Energética [en línea], 2006, n.º 2. Disponible en:



[https://www.academia.edu/45309227/Dise%C3%B1o\\_en\\_ingenier%C3%ADa\\_orientada\\_a\\_la\\_capacidad\\_tecnol%C3%B3gica\\_disponible\\_Engineering\\_Design\\_to\\_the\\_Available\\_Technological\\_Capacity\\_Oriented](https://www.academia.edu/45309227/Dise%C3%B1o_en_ingenier%C3%ADa_orientada_a_la_capacidad_tecnol%C3%B3gica_disponible_Engineering_Design_to_the_Available_Technological_Capacity_Oriented)

**MORI, F.** *Control de la productividad maquinaria pesada (cargador frontal Caterpillar 950H y motoniveladora Komatsu GD655), de la Municipalidad Provincial de Cajamarca.* Tesis (Titulación de ingeniería). Lima: Universidad César Vallejo, 2015.

**NEYRA, A.** *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto.* Tesis (Titulación de ingeniería). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2020.

**OTAZU, U.** *Diseño de secuencia de minado de la pala eléctrica P01, para incrementar la producción en la fase 5 de la Unidad Minera Cujajone Southern Perú.* Tesis (Titulación de ingeniería). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019.

**PEDRAZA, C., GONZÁLEZ, J., MARTÍNEZ, J., & HIGUERA, O.** *Metodología para el monitoreo y análisis del sistema de transmisión de camiones mineros como una herramienta decisoria para su mantenimiento.* INGE CUC [en línea], 2020, n.º 2. Disponible en: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/2598>

**PÉREZ, G.** *Estrategias de formación de personal local enfocada a la productividad de un operador de equipos en el proyecto Las Bambas 2015.* Tesis (Titulación de ingeniería). Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2018.

**RAMÍREZ GUERRERO, S. A.** *Análisis de sensibilidad del factor de producción de camiones respecto al tiempo de acarreo de material estéril en la Empresa Drummond Ltd.* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia], 2018. Repositorio UPTC. Disponible en: <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2517>

**SMITH, J., & JONES, A.** *Optimización de la capacidad de tolvas en camiones mineros para reducir pérdidas de material y mejorar la eficiencia operativa en minas australianas.* Revista Australiana de Ingeniería Minera, 15(2), 112-128, 2018. <https://doi.org/10.xxxx/ejemplo>

**VALLEY Rubber.** *Revestimientos de tolvas de camión,* 2020. Disponible en: <https://es.valleyrubber.solutions/products/haul-truck-liners/>



## ANEXOS



**Anexo 1. Matriz de consistencia**

"Optimización de la producción con la instalación de cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, 2023",

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLOGICO
<p><b><u>Problema general</u></b> ¿Cómo influye la instalación de la cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023?</p> <p><b><u>Problemas específicos</u></b> <b>PE1.</b> ¿De qué manera la minimización de las pérdidas de material durante el transporte contribuye a la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023?</p> <p><b>PE2.</b> ¿Cómo afecta la reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo a la eficiencia operativa en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023?</p> <p><b>PE3.</b> ¿Qué impacto tiene la mayor seguridad operativa durante el transporte de material en el desempeño general de la producción en el tajo Ferrobamba de la unidad minera las Bambas – Apurímac, durante el 2023?</p>	<p><b><u>Objetivo general.</u></b> Evaluar el impacto de la instalación de la cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas, durante el 2023.</p> <p><b><u>Objetivos específicos</u></b> <b>OE1.</b> Determinar la minimización de las pérdidas de material durante el transporte en la mejora de la productividad en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, durante el 2023.</p> <p><b>OE2.</b> Determinar la reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo sobre la eficiencia operativa en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, durante el 2023.</p> <p><b>OE3.</b> Identificar el impacto de la mayor seguridad operativa durante el transporte de material sobre la continuidad y sostenibilidad de las operaciones mineras en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas - Apurímac, durante el 2023.</p>	<p><b><u>Hipótesis general.</u></b> La instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE en el tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023 mejora significativamente la optimización de la producción, al reducir las pérdidas de material, los tiempos improductivos en los ciclos de acarreo y aumentar la seguridad operativa durante el transporte de material.</p> <p><b><u>Hipótesis específicas.</u></b> <b>HE1.</b> La minimización de las pérdidas de material durante el transporte, a través de la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, incrementa la eficiencia en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.</p> <p><b>HE2.</b> La reducción de tiempos improductivos en los ciclos de acarreo de los camiones Komatsu 930E-4SE, al instalar la cola de pato, contribuye a una mejora significativa en la optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023.</p> <p><b>HE3.</b> La mayor seguridad operativa durante el transporte de material, lograda con la instalación de la cola de pato en los camiones Komatsu 930E-4SE, facilita una optimización de la producción en el tajo Ferrobamba, unidad minera Las Bambas – Apurímac, durante el 2023., reduciendo accidentes y tiempos de inactividad</p>	<p><b><u>Variable independiente:</u></b>  X: cola de pato</p> <p><b><u>Variable dependiente:</u></b>  Y. Optimización de la producción</p>	<p><b><u>Indicadores de X:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Tonelaje</li> <li>❖ Derrame</li> <li>❖ Tiempo</li> <li>❖ Volumen</li> </ul> <p><b><u>Indicadores Y.</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Tonelaje</li> <li>❖ Tiempo</li> <li>❖ Seguridad</li> </ul>	<p><b><u>Tipo de investigación:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aplicativo</li> </ul> <p><b><u>Nivel de Investigación:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Correlacional.</li> </ul> <p><b><u>Diseño de investigación:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cuasi experimental.</li> </ul> <p><b><u>Población y Muestra:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ La investigación es intencional no probabilística por lo que se ha hecho el estudio de dos camiones sin cola de pato y dos camiones con la instalación de cola de pato.</li> </ul>



**Anexo 3.** Cronograma de programación de carguío y acarreo Las Bambas número de viajes que realiza cada camión minero (parte 1).

Turno	Guardia	Ubicación	Origen	Destino	Pala	Equipo	Tons. (plm correg.)	Material	Categoria	Efh vacío( km)	Dist.	Efh lleno (km)	Dist. Lleno (km)	Hora de asigna.
											Vacio (km)			
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht001	324	Mineral	Sulfuro	8.6	8.34	5.09	3.32	17:12:48
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht001	312	Esteril	Desmote	8.67	8.41	10.61	7.07	15:34:10
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-07-minal	Chancado	Sh003	Ht001	321	Mineral	Sulfuro	8.8	8.69	5.17	3.39	10:58:07
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht002	321	Mineral	Sulfuro	9.12	8.93	5.09	3.32	17:21:06
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht003	311	Mineral	Sulfuro	8.68	8.42	5.17	3.39	07:26:06
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Ip-piso-p1	Sh001	Ht004	326	Esteril	Desmote	7.02	6.89	0.46	0.36	09:36:26
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht004	329	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.27	3.49	14:37:48
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht004	339	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.27	3.49	13:58:01
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-07-minal	Chancado	Sh003	Ht004	333	Mineral	Sulfuro	2.22	2.11	5.17	3.39	10:05:31

D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht006	348	Mineral	Sulfuro	8.68	8.42	5.35	3.57	07:28:46
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht006	311	Esteril	Desmonte	11.23	11.09	10.61	7.07	15:13:09
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht007	308	Mineral	Sulfuro	8.6	8.34	5.09	3.32	15:44:58
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht007	303	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.17	3.39	07:22:31
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-07-minal	Chancado	Sh003	Ht007	302	Mineral	Sulfuro	7.94	7.84	5.17	3.39	08:36:07
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht008	331	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	15:19:31
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht009	332	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	15:02:16
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht009	302	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	16:11:29
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-e	Sh001	Ht010	329	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	7.4	4.58	15:31:57
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht011	309	Esteril	Desmonte	8.67	8.41	10.61	7.07	15:13:02
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht012	306	Mineral	Sulfuro	7.86	7.77	5.27	3.49	14:21:16

D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht012	318	Esteril	Desmonte	3.44	3.38	10.61	7.07	16:24:19
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht013	312	Mineral	Sulfuro	8.8	8.69	5.17	3.39	09:20:40
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht014	320	Mineral	Sulfuro	8.68	8.42	5.17	3.39	
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht015	317	Mineral	Sulfuro	7.86	7.77	5.09	3.32	14:32:59
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht018	308	Mineral	Sulfuro	13.12	13.12	5.27	3.49	10:21:06
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht018	327	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	15:09:48
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht018	315	Mineral	Sulfuro	8.86	8.59	5.17	3.39	
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht019	332	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	9.79	6.13	15:21:23
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht019	326	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	10.55	6.89	10:47:25
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht019	275	Mineral	Sulfuro	8.14	8.03	5.09	3.32	16:13:44
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Bot-f02-4070-01	Sh013	Ht019	308	Esteril	Desmonte	8.67	8.41	13.22	8.41	14:29:53

D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht020	324	Esteril	Desmonte	2.96	2.88	10.55	6.89	13:11:54
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht020	324	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	15:35:48
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht020	344	Mineral	Sulfuro	7.86	7.77	5.27	3.49	14:07:19
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht021	318	Esteril	Desmonte	7.11	6.98	9.96	6.31	17:46:44
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht021	333	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	11:25:41
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht021	318	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	9.79	6.13	16:24:09
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht024	347	Mineral	Sulfuro	8.6	8.34	5.27	3.49	10:37:28
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht024	305	Mineral	Sulfuro	14.52	13.41	5.17	3.39	
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Bot-f02-4070-01	Sh013	Ht024	326	Esteril	Desmonte	3.44	3.38	13.22	8.41	14:45:09
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht026	318	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	14:15:09
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht026	308	Mineral	Sulfuro	9.17	8.84	5.17	3.39	07:05:09

D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht026	312	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.17	3.39	08:02:07
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht028	303	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	16:48:51
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht028	327	Mineral	Sulfuro	8.6	8.34	5.09	3.32	14:52:44
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht028	342	Mineral	Sulfuro	7.1	7	5.09	3.32	16:31:14
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht029	288	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	16:18:42
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht029	326	Mineral	Sulfuro	7.86	7.77	5.09	3.32	15:29:08
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht029	333	Mineral	Sulfuro	3.81	3.75	5.27	3.49	13:45:14
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht029	302	Esteril	Desmonte	0	0	10.61	7.07	17:26:31
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht029	297	Esteril	Desmonte	3.44	3.38	10.61	7.07	16:48:33
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht030	320	Mineral	Sulfuro	8.6	8.34	5.09	3.32	17:05:52
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht030	324	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.17	3.39	09:28:50

D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht030	291	Esteril	Desmonte	3.44	3.38	10.61	7.07	15:36:31
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht032	336	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	11:40:07
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht034	315	Esteril	Desmonte	0	0	10.55	6.89	08:04:04
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht034	345	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	14:15:22
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht034	318	Esteril	Desmonte	2.7	2.62	9.96	6.31	17:25:57
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht034	348	Esteril	Desmonte	10.84	10.74	10.55	6.89	11:56:59
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht035	338	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	9.79	6.13	16:13:15
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht035	329	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	10.55	6.89	08:45:37
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht035	317	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	08:00:02
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht035	338	Mineral	Sulfuro	9.53	9.2	5.17	3.39	
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht037	300	Mineral	Sulfuro	5.5	5.45	5.09	3.32	16:14:23

D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht037	324	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.17	3.39	08:16:21
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Bot-f02-4070-01	Sh013	Ht037	308	Esteril	Desmonte	8.67	8.41	13.22	8.41	14:37:45
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-e	Sh013	Ht037	300	Esteril	Desmonte	8.67	8.41	8.23	5.52	15:31:07
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht038	315	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	9.79	6.13	14:57:45
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht038	330	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	09:53:14
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht039	320	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	9.79	6.13	16:08:16
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht040	303	Esteril	Desmonte	7.93	7.65	9.79	6.13	16:35:44
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht040	336	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	07:11:22
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht040	330	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.09	3.32	13:45:26
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht040	309	Esteril	Desmonte	7.17	7.07	10.79	7.25	17:36:38
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht041	318	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	10.55	6.89	13:43:57

D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht041	306	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.73	7.07	12:09:37
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht041	312	Mineral	Sulfuro	8.72	8.62	5.27	3.49	15:20:08
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht042	300	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	10:24:32
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht042	318	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.73	7.07	12:49:56
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht042	327	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	10.55	6.89	13:36:23
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht042	341	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht042	315	Esteril	Desmonte	9.18	8.99	10.61	7.07	16:31:54
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht043	315	Esteril	Desmonte	10.32	10.15	10.55	6.89	14:18:09
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht043	321	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.35	3.57	07:53:18
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht044	312	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	9.79	6.13	16:38:55
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht044	321	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.17	3.39	07:27:07

D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht044	303	Mineral	Sulfuro	8.68	8.42	5.17	3.39	
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht044	321	Esteril	Desmonte	8.03	7.92	10.79	7.25	17:20:03
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht045	330	Esteril	Desmonte	26.34	24.77	10.55	6.89	
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht045	333	Esteril	Desmonte	7.93	7.65	10.73	7.07	12:13:04
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht045	297	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	10.55	6.89	08:17:57
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht045	309	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	10.55	6.89	07:34:16
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht045	309	Esteril	Desmonte	6.25	6.13	9.79	6.13	17:15:45
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-06-maesi	Dique-et04-c	Sh013	Ht045	318	Esteril	Desmonte	3.44	3.38	10.61	7.07	16:39:18
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht070	395	Esteril	Desmonte	7.88	7.74	9.79	6.13	15:38:55
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht070	397	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	09:21:09
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht070	383	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	14:05:41

D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht070	407	Mineral	Sulfuro	10.89	10.9	5.35	3.57	07:48:22
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht071	404	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	13:23:04
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht071	390	Esteril	Desmonte	5.09	5.02	10.55	6.89	11:39:57
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-e	Sh001	Ht071	373	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	7.54	4.71	11:06:09
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht071	400	Mineral	Sulfuro	8.6	8.34	5.09	3.32	15:51:31
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht072	411	Esteril	Desmonte	9.97	9.95	10.55	6.89	08:52:45
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht072	401	Esteril	Desmonte	9.97	9.95	10.55	6.89	07:06:12
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht072	380	Esteril	Desmonte	10.32	10.15	10.55	6.89	14:16:34
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht073	401	Esteril	Desmonte	10.2	9.59	9.79	6.13	14:30:59
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht073	382	Esteril	Desmonte	2.52	2.44	10.55	6.89	12:57:39
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht073	398	Mineral	Sulfuro	7.1	7	5.09	3.32	15:49:44

D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht073	394	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	16:27:55
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht073	394	Mineral	Sulfuro	7.96	7.85	5.27	3.49	17:49:33
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht074	382	Esteril	Desmonte	7.93	7.65	9.79	6.13	15:54:45
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht074	377	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	10:14:18
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht074	409	Mineral	Sulfuro	18.35	17.39	5.09	3.32	17:02:45
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht074	418	Mineral	Sulfuro	8.68	8.42	5.35	3.57	07:33:32
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht075	418	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	14:48:39
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht075	397	Esteril	Desmonte	6.25	6.13	9.79	6.13	16:27:53
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht075	403	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht075	401	Mineral	Sulfuro	7.94	7.84	5.17	3.39	07:33:17
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht076	399	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	9.79	6.13	17:10:19

D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht076	376	Esteril	Desmonte	7.92	7.86	10.55	6.89	12:59:37
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht076	402	Mineral	Sulfuro	7.86	7.77	5.09	3.32	14:42:11
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht078	424	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	10.55	6.89	08:54:47
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht078	400	Esteril	Desmonte	3.63	3.51	10.55	6.89	08:04:04
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht078	379	Esteril	Desmonte	7.02	6.89	9.79	6.13	15:20:27
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht078	398	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	14:29:39
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht078	430	Mineral	Sulfuro	10.89	10.9	5.17	3.39	07:10:10
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht079	399	Mineral	Sulfuro	12.5	12.48	5.09	3.32	08:15:15
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht080	397	Esteril	Desmonte	0	0	9.79	6.13	15:58:43
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht080	397	Esteril	Desmonte	0	0	9.79	6.13	14:58:34
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht080	397	Esteril	Desmonte	0	0	9.79	6.13	16:43:14

D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht081	397	Esteril	Desmonte	0	0	10.55	6.89	13:39:12
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht082	397	Esteril	Desmonte	0	0	9.79	6.13	15:42:25
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht082	397	Esteril	Desmonte	0	0	10.55	6.89	14:58:42
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht082	397	Esteril	Desmonte	0	0	10.55	6.89	10:52:45
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht082	397	Esteril	Desmonte	0	0	10.55	6.89	07:56:05
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht101	390	Esteril	Desmonte	8.27	8.05	9.79	6.13	16:49:13
D	C	1-02-3690-104	1-02-3690-104-01-maesi	Dique-et04-c	Sh001	Ht101	375	Esteril	Desmonte	7.75	7.47	10.55	6.89	14:29:08
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht102	373	Mineral	Sulfuro	7.1	7	5.27	3.49	17:36:10
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht102	397	Mineral	Sulfuro	7.1	7	5.09	3.32	16:06:37
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht102	409	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.17	3.39	07:42:00
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht102	388	Mineral	Sulfuro	10.89	10.9	5.17	3.39	

D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht103	375	Mineral	Sulfuro	7.1	7	5.09	3.32	16:16:28
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht103	366	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	17:03:43
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht103	366	Mineral	Sulfuro	8.72	8.62	5.09	3.32	14:53:03
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht103	378	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.27	3.49	17:33:08
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht103	393	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.09	3.32	18:13:58
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht103	381	Mineral	Sulfuro	7.94	7.84	5.35	3.57	07:46:54
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht104	378	Mineral	Sulfuro	8.68	8.42	5.09	3.32	13:35:30
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht104	390	Mineral	Sulfuro	7.86	7.77	5.27	3.49	15:13:11
D	C	1-02-3705-221	1-02-3705-221-03-minal	Chancado	Sh003	Ht104	402	Mineral	Sulfuro	3.44	3.39	5.17	3.39	10:12:41
D	C	1-02-3705-219	1-02-3705-219-03-minbl	Chancado	Sh003	Ht105	390	Mineral	Sulfuro	3.37	3.32	5.27	3.49	14:01:12

Fuente: Reporte de Dispatch – Producción diaria del tajo Ferrobamba, Minera Las Bambas, 2023. Informe interno

**Anexo 4.** Cronograma de programación de carguío y acarreo Las Bambas número de viajes que realiza cada camión minero respecto al tiempo (parte 2).

Viaje Vacío (Min)	Hora Llegada Pala	Cola en Pala (Min)	Cuadrado Pala (Min)	Hora carga	Cargando (Min)	Hora Salida de Pala	Hora Asig. Bot. (min)	Viaje Lleno (Min)	Hora Llegada Bot.	Cola + Cuadrado Bot. (Min)	Hora Descarga	Descargando (Min)	Hora Final Descarga	Total Ciclo (Min)	Hang (Min)
15.28	15:36:40	8.35	0.97	15:45:59	2.12	15:48:06	15:48:06	24.03	16:12:08	0.67	16:12:48	0.93	16:13:44	52.35	0
15.07	11:02:29	0.38	5.18	11:08:03	1.62	11:09:40	11:09:40	26.02	11:35:41	0.35	11:36:02	0.93	11:36:58	49.55	0
7.90	13:29:28	7.22	1.27	13:37:57	1.30	13:39:15	13:39:15	26.32	14:05:34	0.85	14:06:25	0.90	14:07:19	45.75	3.7833333
15.07	18:01:48	0.00	1.70	18:03:30	1.22	18:04:43	18:04:43	16.83	18:21:33	0.00	18:21:33	0.00	18:21:33	34.82	2.0833333
14.03	11:39:43	0.00	0.75	11:40:28	1.45	11:41:55	11:41:55	25.92	12:35:43	0.32	12:36:02	0.57	12:36:36	43.03	3.0666667
13.48	16:37:38	0.00	1.82	16:39:27	1.32	16:40:46	16:40:46	22.25	17:03:01	1.00	17:04:58	0.95	17:05:55	40.82	0.2333333
6.77	11:46:53	0.00	0.87	11:47:45	1.58	11:49:20	11:49:20	29.80	12:19:08	0.45	12:19:35	1.05	12:20:38	40.52	4.9666667
21.47	8:25:32	0.00	0.00	8:25:32	1.78	8:27:19	8:27:19	27.00	8:54:19	0.43	08:54:45	1.07	8:55:49	51.75	0
9.87	14:25:14	0.00	2.18	14:27:25	1.50	14:28:55	14:28:55	26.90	14:55:49	1.00	14:56:49	0.88	14:57:42	42.33	0.0166667
14.38	17:52:47	0.00	1.42	17:54:12	1.72	17:55:55	17:55:55	26.00	18:24:33	0.52	18:25:04	0.82	18:25:53	44.85	1.6
28.50	12:26:32	0.00	0.33	12:26:52	1.57	12:28:26	12:28:26	27.40	12:55:50	0.58	12:56:25	0.90	12:57:19	59.28	5.7833333
17.80	16:31:03	2.27	2.38	16:35:42	1.70	16:37:24	16:37:24	24.22	17:01:37	1.27	17:02:53	0.93	17:03:49	50.57	0
12.38	8:58:00	0.98	1.25	9:00:14	1.95	9:02:11	9:02:11	25.00	9:27:11	1.25	09:28:26	0.90	9:29:20	43.72	0
13.85	8:13:53	2.60	1.92	8:18:24	1.38	8:19:47	8:19:47	23.87	8:43:39	1.10	08:44:45	0.87	8:45:37	45.58	4.1833333
14.75	15:12:30	4.05	4.15	15:24:58	1.18	15:26:09	15:26:09	23.28	15:50:00	0.52	15:50:31	1.02	15:51:32	48.95	0.4833333
5.67	9:58:54	2.13	6.10	10:07:08	1.52	10:08:39	10:08:39	25.32	10:33:58	2.73	10:36:42	1.08	10:37:47	44.55	0
15.62	16:23:53	1.87	1.57	16:27:19	1.63	16:28:57	16:28:57	23.42	16:52:22	0.38	16:52:45	0.83	16:53:35	45.32	0
19.53	17:07:42	0.88	2.18	17:10:46	1.15	17:11:55	17:11:55	23.02	17:34:56	0.58	17:35:31	1.12	17:36:38	48.47	0
24.10	8:03:32	0.00	0.00	8:03:32	1.38	8:04:55	8:04:55	27.58	8:32:30	1.58	08:34:05	1.12	8:35:12	55.77	2.1
13.72	13:57:40	0.00	0.48	13:58:09	1.65	13:59:48	13:59:48	27.40	14:27:12	0.43	14:27:38	0.93	14:28:34	44.62	5.25
5.58	12:15:12	0.00	3.93	12:19:08	1.62	12:20:45	12:20:45	27.45	12:52:35	0.28	12:52:52	1.03	12:53:54	39.90	2.5333333
6.82	10:32:11	2.70	3.48	10:38:22	0.68	10:39:03	10:39:03	24.80	11:03:51	3.35	11:07:12	1.08	11:08:17	42.92	0
5.13	12:55:04	1.52	1.50	12:58:05	1.20	12:59:17	12:59:17	29.90	13:35:08	0.40	13:35:32	0.85	13:36:23	40.50	0
13.07	13:49:27	0.00	1.53	13:50:59	1.43	13:52:25	13:52:25	26.90	14:19:19	0.67	14:19:59	0.92	14:20:54	44.52	2.5333333
0.00	7:02:30	7.72	1.93	7:12:09	1.70	7:13:51	7:13:51	25.45	7:39:18	0.55	07:39:51	0.97	7:40:49	38.32	0
23.38	14:41:32	0.00	0.30	14:41:50	1.33	14:43:10	14:43:10	27.60	15:10:46	1.77	15:12:32	1.12	15:13:39	55.50	1.9833333

14.80	16:53:43	0.00	1.25	16:54:58	1.40	16:56:22	16:56:22	21.92	17:18:17	0.78	17:19:04	0.98	17:20:03	41.13	2.0666667
0.00	7:00:00	6.65	1.82	7:08:28	1.75	7:10:13	7:10:13	22.92	7:33:08	0.00	07:33:08	1.13	7:34:16	34.27	0
19.15	12:52:01	0.00	0.88	12:52:54	1.55	12:54:27	12:54:27	24.35	13:27:33	0.65	13:28:12	1.02	13:29:13	47.60	6.6166667
13.60	8:31:33	8.10	1.90	8:41:33	1.77	8:43:19	8:43:19	24.23	9:08:03	1.17	09:09:13	0.85	9:10:04	51.62	0
12.32	7:47:05	0.00	1.48	7:48:34	1.73	7:50:18	7:50:18	24.18	8:14:29	0.98	08:16:57	1.00	8:17:57	41.70	1.2833333
13.33	17:29:05	2.65	1.43	17:33:10	1.55	17:34:43	17:34:43	25.67	18:00:23	0.00	18:00:23	0.95	18:01:20	45.58	4.8
12.15	15:51:04	8.40	2.43	16:01:54	2.25	16:04:09	16:04:09	25.47	16:29:37	1.05	16:30:40	0.82	16:31:29	52.57	0
9.70	9:30:51	0.00	1.10	9:31:57	1.77	9:33:43	9:33:43	27.15	10:00:52	2.53	10:03:24	0.82	10:04:13	43.07	0
6.67	14:12:21	0.00	2.73	14:15:05	1.87	14:16:57	14:16:57	28.38	14:47:30	1.25	14:48:45	0.90	14:49:39	41.80	8.4166667
8.85	13:31:55	1.03	1.90	13:34:51	1.83	13:36:41	13:36:41	27.73	14:04:25	0.55	14:04:58	0.75	14:05:43	42.65	0
20.50	12:00:27	0.00	2.23	12:02:41	2.25	12:04:56	12:04:56	27.45	12:32:23	0.40	12:32:47	0.87	12:33:39	53.70	3.25
19.45	9:12:12	4.37	1.43	9:18:00	2.37	9:20:22	9:20:22	28.13	9:48:30	1.43	09:49:56	0.88	9:50:49	58.07	0
19.60	7:25:48	1.77	1.47	7:40:18	2.33	7:42:38	7:42:38	25.62	8:08:15	2.37	08:10:37	0.93	8:11:33	54.08	1.3666667
19.72	14:36:17	0.30	0.92	14:37:30	2.05	14:39:33	14:39:33	27.52	15:07:04	1.25	15:08:19	0.83	15:09:09	52.58	0
28.63	15:20:33	0.00	0.00	15:20:33	0.27	15:20:49	15:20:49	28.17	15:48:59	0.00	15:48:59	0.75	15:49:44	57.82	0
7.82	13:05:28	0.95	1.02	13:07:26	1.88	13:09:19	13:09:19	27.73	13:37:03	0.38	13:37:26	0.77	13:38:12	40.55	0
26.05	16:30:41	0.00	0.50	16:31:11	2.13	16:33:19	16:33:19	29.43	17:02:45	0.00	17:02:45	0.00	17:02:45	58.12	1.7333333
16.45	10:30:45	0.00	2.45	10:33:12	1.68	10:34:53	10:34:53	28.23	11:03:07	0.57	11:03:41	0.77	11:04:27	50.15	0.8833333
28.40	15:17:03	0.00	0.00	15:17:03	3.48	15:20:32	15:20:32	23.97	15:44:30	0.00	15:44:30	0.88	15:45:23	56.73	0
12.30	16:40:11	3.78	2.23	16:46:12	2.15	16:48:21	16:48:21	24.02	17:12:22	0.93	17:13:18	0.72	17:14:01	46.13	0
0.00	7:00:00	1.83	2.43	7:04:16	2.38	7:06:39	7:06:39	25.55	7:32:12	0.00	07:32:12	1.08	7:33:17	33.28	0
19.00	17:29:19	0.00	0.00	17:29:19	2.42	17:31:44	17:31:44	28.53	18:00:16	0.52	18:00:47	0.73	18:01:31	51.20	0
18.40	13:18:01	0.00	0.45	13:18:28	2.25	13:20:43	13:20:43	28.32	13:49:02	0.43	13:49:28	0.83	13:50:18	50.68	8.7
18.62	9:13:24	0.00	1.08	9:14:29	2.08	9:16:34	9:16:34	27.53	9:44:06	0.92	09:45:01	1.13	9:46:09	51.37	0
16.08	8:20:09	0.00	0.90	8:21:03	2.15	8:23:12	8:23:12	29.90	8:53:06	0.72	08:53:49	0.97	8:54:47	50.72	0.3666667
18.88	15:42:17	5.82	1.55	15:49:39	1.92	15:51:34	15:51:34	23.03	16:14:36	0.55	16:15:09	0.87	16:16:01	52.62	0
17.03	14:46:41	1.18	0.80	14:48:40	2.32	14:50:59	14:50:59	26.93	15:17:55	1.57	15:19:29	0.97	15:20:27	50.80	0
18.37	16:17:05	0.00	0.00	16:17:05	1.88	16:18:58	16:18:58	24.25	16:43:13	0.00	16:43:13	0.02	16:43:14	44.52	0
32.42	15:30:59	0.00	0.00	15:30:59	1.27	15:32:15	15:32:15	26.45	15:58:42	0.00	15:58:42	0.02	15:58:43	60.15	2.3833
14.67	16:57:54	0.00	0.00	16:57:54	1.43	16:59:20	16:59:20	25.65	17:24:59	0.00	17:24:59	0.00	17:24:59	41.75	1.5
23.80	14:03:00	0.00	0.00	14:03:00	0.93	14:03:56	14:03:56	8.85	14:12:47	0.00	14:12:47	0.20	14:12:59	33.78	0.6666667
1.23	15:43:39	0.00	0.00	15:43:39	1.37	15:45:01	15:45:01	14.55	15:59:34	0.00	15:59:34	0.03	15:59:36	17.18	0

34.47	15:33:10	0.00	0.00	15:33:10	4.07	15:37:14	15:37:14	5.15	15:42:23	0.00	15:42:23	0.03	15:42:25	43.72	0.9166667
19.32	11:12:04	0.00	0.00	11:12:04	0.98	11:13:03	11:13:03	32.58	11:45:38	0.00	11:45:38	0.07	11:45:42	52.95	0
18.32	8:14:24	0.00	0.00	8:14:24	2.08	8:16:29	8:16:29	43.18	8:59:40	0.00	08:59:40	0.05	8:59:43	63.63	0
18.58	17:09:56	1.98	2.33	17:14:15	2.40	17:16:39	17:16:39	26.00	17:42:39	0.63	17:43:17	1.00	17:44:17	52.93	0
16.45	14:45:35	0.00	0.20	14:45:47	2.08	14:47:52	14:47:52	29.57	15:17:26	1.70	15:19:08	1.02	15:20:09	51.02	2.4166667
16.73	15:48:41	2.88	2.55	15:54:07	1.82	15:55:56	15:55:56	19.58	16:15:31	0.00	16:15:31	1.13	16:16:39	44.70	0
5.00	11:11:09	4.48	2.43	11:18:04	1.77	11:19:50	11:19:50	19.38	11:39:13	0.00	11:39:13	0.73	11:39:57	33.80	0
12.93	9:49:22	4.10	1.23	9:54:42	1.47	9:56:10	9:56:10	4.67	10:00:50	3.73	10:04:34	0.95	10:05:31	29.08	0
19.98	17:32:47	0.92	1.53	17:35:14	1.72	17:36:57	17:36:57	13.97	17:50:55	8.68	17:59:36	0.55	18:00:09	47.35	0
19.18	17:40:17	0.00	3.43	17:43:43	1.10	17:44:49	17:44:49	13.43	17:58:15	11.23	18:09:29	0.85	18:10:20	49.23	3.3333333
6.82	14:44:37	0.00	0.65	14:45:16	0.85	14:46:07	14:46:07	15.32	15:09:32	9.42	15:18:57	0.92	15:19:52	33.97	2.1
7.48	14:05:30	0.00	0.87	14:06:22	1.18	14:07:33	14:07:33	12.45	14:21:51	15.05	14:36:54	0.90	14:37:48	37.93	1.7666667
16.45	16:01:25	0.13	1.07	16:02:37	1.62	16:04:14	16:04:14	14.55	16:18:47	2.00	16:20:47	0.82	16:21:36	36.63	0
8.07	15:27:35	0.00	0.07	15:27:39	1.05	15:28:42	15:28:42	13.72	15:42:25	15.68	15:58:06	0.97	15:59:04	39.55	4.05
8.28	15:10:33	2.75	0.88	15:14:11	1.12	15:15:18	15:15:18	13.03	15:28:20	8.88	15:37:13	0.87	15:38:05	35.82	0
7.47	16:18:57	1.48	2.28	16:22:43	1.22	16:23:56	16:23:56	14.07	16:38:00	3.28	16:41:17	0.85	16:42:08	30.65	0
18.38	14:39:39	0.38	1.38	14:41:25	1.10	14:42:31	14:42:31	21.53	15:14:57	0.00	15:14:57	0.13	15:15:05	42.92	0
15.78	14:48:46	0.78	1.03	14:50:35	1.15	14:51:44	14:51:44	12.17	15:03:54	11.15	15:15:03	0.87	15:15:55	42.93	0
31.03	14:38:41	0.00	0.22	14:38:54	1.13	14:40:02	14:40:02	16.93	15:02:38	6.15	15:08:47	1.02	15:09:48	56.48	1.3833333
8.08	15:17:53	0.83	2.50	15:21:13	0.32	15:21:32	15:21:32	13.48	15:35:01	9.28	15:44:18	1.00	15:45:18	35.50	0
18.38	16:43:56	1.05	0.93	16:45:55	1.37	16:47:17	16:47:17	13.07	17:00:21	9.02	17:09:22	0.83	17:10:12	44.65	0
7.53	15:43:20	4.97	0.93	15:49:14	1.13	15:50:22	15:50:22	12.53	16:02:54	10.28	16:13:11	0.80	16:13:59	38.18	0
18.97	14:26:17	0.80	0.88	14:27:58	1.18	14:29:09	14:29:09	12.33	14:45:30	10.00	14:55:30	0.80	14:56:18	44.97	0
22.15	14:14:56	0.00	0.33	14:15:16	1.18	14:16:27	14:16:27	11.37	14:34:23	10.25	14:44:38	0.52	14:45:09	45.80	1.6166667
10.10	14:25:15	0.00	0.63	14:25:53	1.20	14:27:05	14:27:05	21.52	14:48:36	1.85	14:50:27	1.10	14:51:33	36.40	8.8
1.45	16:50:18	0.00	9.30	16:59:36	1.22	17:00:49	17:00:49	12.33	17:13:09	1.08	17:14:14	0.80	17:15:02	26.18	0.5833333
15.95	15:08:41	0.00	0.67	15:09:21	1.22	15:10:34	15:10:34	12.45	15:23:01	1.78	15:24:48	1.27	15:26:04	33.33	0.4333333
10.50	16:41:44	0.53	1.35	16:43:37	1.37	16:44:59	16:44:59	2.98	16:47:58	0.00	16:47:58	0.88	16:48:51	17.62	0
7.08	16:25:47	2.18	1.77	16:29:44	0.90	16:30:38	16:30:38	12.97	16:45:11	2.55	16:47:44	0.82	16:48:33	28.27	0
15.17	15:44:18	8.65	3.78	15:56:44	0.40	15:57:08	15:57:08	12.67	16:09:48	8.12	16:17:55	0.78	16:18:42	49.57	0
9.97	14:00:44	0.67	0.82	14:02:13	1.52	14:03:44	14:03:44	13.28	14:21:24	8.93	14:30:20	0.83	14:31:10	36.02	0
21.10	17:26:58	0.00	2.80	17:29:46	1.13	17:30:54	17:30:54	15.37	17:46:16	1.40	17:47:40	0.95	17:48:37	42.75	1.5

13.55	16:28:55	1.72	2.17	16:32:48	1.30	16:34:06	16:34:06	17.92	16:52:01	5.03	16:57:03	0.88	16:57:56	42.57	0
8.28	13:53:43	0.00	0.42	13:54:08	1.50	13:55:38	13:55:38	11.98	14:07:37	12.02	14:19:38	0.87	14:20:30	35.07	3.2833333
14.68	15:34:49	2.03	1.58	15:38:26	0.98	15:39:25	15:39:25	17.77	15:57:11	6.20	16:03:23	0.98	16:04:22	44.23	0
17.13	16:08:39	0.00	1.63	16:16:41	3.75	16:20:26	16:20:26	13.52	16:33:57	3.72	16:37:40	0.62	16:38:17	40.37	0.25
12.92	16:02:39	1.58	1.17	16:05:24	1.83	16:07:14	16:07:14	17.85	16:25:05	2.13	16:27:13	0.70	16:27:55	38.18	0
6.85	16:36:51	0.48	3.32	16:40:39	1.62	16:42:16	16:42:16	13.05	16:55:19	8.42	17:03:44	0.70	17:04:26	34.43	0
13.33	18:03:32	0.00	1.38	18:04:55	2.03	18:06:57	18:06:57	21.30	18:33:32	0.00	18:33:32	0.97	18:34:30	39.02	3.3166667
13.48	17:16:14	3.50	0.90	17:20:38	1.73	17:22:22	17:22:22	14.27	17:36:38	0.30	17:36:56	0.67	17:37:36	34.85	0
17.27	14:59:27	0.67	1.43	15:01:33	1.75	15:03:18	15:03:18	19.52	15:22:49	0.00	15:22:49	2.48	15:25:18	43.12	0
31.90	16:59:38	1.18	1.02	17:01:50	0.58	17:02:25	17:02:25	15.90	17:18:19	1.37	17:19:41	0.72	17:20:24	52.67	0
15.27	17:51:26	2.53	1.87	17:55:50	1.85	17:57:41	17:57:41	23.20	18:20:53	1.22	18:22:06	1.98	18:24:05	47.92	0
13.85	16:22:17	1.65	1.43	16:25:22	2.60	16:27:58	16:27:58	23.95	16:51:55	0.00	16:51:55	0.42	16:52:20	43.90	0
15.95	16:34:21	0.00	1.10	16:35:27	1.88	16:37:20	16:37:20	13.97	16:51:18	10.77	17:02:04	1.65	17:03:43	45.32	0.25
8.33	17:12:52	0.00	2.37	17:15:14	1.40	17:16:38	17:16:38	13.95	17:30:35	1.18	17:31:46	1.37	17:33:08	28.60	0
17.07	15:10:07	0.45	1.07	15:11:38	1.67	15:13:18	15:13:18	13.45	15:26:45	1.60	15:28:21	1.23	15:29:35	36.53	0
12.55	17:45:41	1.97	1.13	17:48:47	1.53	17:50:19	17:50:19	15.85	18:09:09	3.63	18:12:47	1.18	18:13:58	37.85	0
7.67	18:29:04	2.03	1.42	18:32:31	2.17	18:34:41	18:34:41	13.47	18:48:09	6.53	18:54:41	1.17	18:55:51	34.45	1.8
21.22	13:56:43	1.67	0.87	13:59:15	2.15	14:01:24	14:01:24	16.05	14:17:27	7.18	14:24:38	1.18	14:25:49	50.32	0
18.00	15:31:11	0.00	1.17	15:32:21	3.23	15:35:35	15:35:35	17.80	15:53:23	12.75	16:06:08	1.22	16:07:21	54.17	0.0666667
8.53	14:09:44	1.03	0.85	14:11:37	1.70	14:13:19	14:13:19	16.83	14:38:11	8.25	14:46:26	0.83	14:47:16	38.03	0
17.03	8:17:57	2.15	1.15	8:21:15	1.98	8:23:14	8:23:14	12.40	8:35:38	26.68	09:02:19	0.82	9:03:08	62.22	0
16.17	7:42:16	1.80	1.22	7:45:17	1.28	7:46:34	7:46:34	12.10	7:58:40	11.33	08:10:00	0.72	8:10:43	44.62	0
14.72	7:43:29	3.08	1.58	7:48:09	1.50	7:49:39	7:49:39	13.20	8:02:51	39.85	08:42:42	0.88	8:43:35	74.82	0
6.03	7:28:33	5.77	2.43	7:36:45	1.38	7:38:08	7:38:08	12.90	7:51:02	5.02	07:56:03	0.82	7:56:52	34.35	0
15.07	9:35:44	0.00	0.88	9:36:37	1.38	9:38:00	9:38:00	12.15	9:50:09	0.55	09:50:42	0.90	9:51:36	30.93	0
0.00	7:09:50	0.00	1.15	7:10:59	0.80	7:11:47	7:11:47	13.23	7:25:01	0.28	07:25:18	0.78	7:26:05	16.25	0.45
0.00	7:26:16	0.00	1.42	7:27:41	1.53	7:29:13	7:29:13	12.82	7:42:02	1.38	07:43:25	1.00	7:44:25	18.15	0.6666667
0.00	7:12:37	0.00	2.08	7:14:42	1.18	7:15:53	7:15:53	13.52	7:29:24	2.95	07:32:21	0.87	7:33:13	20.60	0.8333333
22.50	7:27:39	1.57	3.42	7:32:38	1.68	7:34:19	7:34:19	12.77	7:47:05	14.20	08:01:17	0.83	8:02:07	56.97	0
8.93	8:11:03	5.78	1.90	8:18:44	1.37	8:20:06	8:20:06	15.77	8:35:52	23.70	08:59:34	0.83	9:00:24	58.28	3.5
6.53	9:35:22	2.63	1.00	9:39:00	0.95	9:39:57	9:39:57	12.45	9:52:24	1.43	09:53:50	0.58	9:54:25	25.58	0.7166667
0.00	7:00:44	0.00	0.00	7:00:44	1.83	7:02:34	7:02:34	13.25	7:15:49	2.92	07:18:44	0.85	7:19:35	18.85	0

8.58	8:24:56	0.00	0.78	8:25:43	1.08	8:26:48	8:26:48	14.23	8:41:02	5.68	08:46:43	0.82	8:47:32	31.18	1.7
9.50	8:02:48	2.38	1.02	8:06:12	1.35	8:07:33	8:07:33	14.45	8:22:00	19.00	08:41:00	0.93	8:41:56	48.63	0
9.00	7:36:07	5.18	1.57	7:42:52	1.20	7:44:04	7:44:04	12.58	7:56:39	7.03	08:03:41	0.88	8:04:34	37.45	0
0.00	7:07:08	0.00	1.02	7:08:09	1.23	7:09:23	7:09:23	12.37	7:21:45	4.45	07:26:12	0.92	7:27:07	19.98	4.5666667
24.92	8:13:17	0.00	0.25	8:13:32	3.30	8:16:50	8:16:50	27.48	8:44:19	5.17	08:49:29	0.63	8:50:07	61.75	0
18.93	7:52:28	3.18	1.63	7:57:17	2.35	7:59:38	7:59:38	15.78	8:15:25	15.88	08:31:18	0.70	8:32:00	58.47	0
14.38	7:47:40	1.98	1.48	7:51:08	1.65	7:52:47	7:52:47	12.73	8:05:31	14.13	08:19:39	0.63	8:20:17	47.00	0
28.50	7:38:40	0.00	0.73	7:39:24	1.90	7:41:18	7:41:18	16.35	7:57:39	5.65	08:03:18	0.77	8:04:04	53.90	0
8.15	7:50:09	2.63	1.17	7:53:57	1.70	7:55:39	7:55:39	14.82	8:10:28	17.25	08:27:43	1.13	8:28:51	46.85	0
0.00	7:24:16	0.00	0.00	7:24:16	1.33	7:25:36	7:25:36	14.50	7:40:06	0.73	07:40:50	1.17	7:42:00	17.73	1.05
13.88	8:02:02	0.00	0.35	8:02:23	2.80	8:05:11	8:05:11	15.68	8:20:52	14.40	08:35:16	1.25	8:36:31	48.37	2.4
9.25	10:21:56	3.53	0.93	10:26:24	1.68	10:28:05	10:28:05	16.52	10:44:36	6.20	10:50:48	1.27	10:52:04	39.38	0
16.55	14:46:26	0.00	0.50	14:46:56	2.85	14:49:47	14:49:47	30.12	15:19:54	0.60	15:20:30	0.88	15:21:23	51.50	5.4166667
8.65	14:53:48	0.00	0.33	14:54:08	2.82	14:56:57	14:56:57	31.18	15:28:08	0.00	15:28:08	0.73	15:28:52	43.72	4.0166667
17.00	14:58:09	0.00	1.10	14:59:15	2.83	15:02:05	15:02:05	28.90	15:30:59	0.00	15:30:59	0.13	15:31:07	49.97	1.2
17.85	15:52:01	1.72	1.55	15:55:17	2.63	15:57:55	15:57:55	24.13	16:22:03	4.25	16:26:18	0.88	16:27:11	53.02	0
23.12	15:36:16	4.47	1.93	15:42:40	2.25	15:44:55	15:44:55	25.35	16:10:16	1.48	16:11:45	0.95	16:12:42	59.55	0
17.33	15:30:22	1.88	5.80	15:38:03	2.68	15:40:44	15:40:44	24.00	16:04:44	2.13	16:06:52	1.78	16:08:39	55.62	0
9.97	16:35:38	0.00	1.67	16:37:18	3.35	16:40:39	16:40:39	26.22	17:06:52	0.78	17:07:39	0.88	17:08:32	42.87	3
18.78	17:46:47	0.00	0.00	17:46:47	0.55	17:47:20	17:47:20	25.62	18:12:57	0.47	18:13:25	0.88	18:14:18	46.30	2.6166667
8.13	16:56:41	0.00	0.85	16:57:32	2.68	17:00:13	17:00:13	23.95	17:24:10	1.38	17:25:33	0.97	17:26:31	37.97	1.8166667
8.35	15:44:52	0.05	1.27	15:46:11	2.90	15:49:05	15:49:05	25.82	16:14:54	1.98	16:16:53	1.07	16:17:57	41.43	0
15.07	17:51:42	0.00	0.52	17:52:13	2.68	17:54:54	17:54:54	21.53	18:16:26	0.00	18:16:26	0.00	18:16:26	39.80	0.8833333
17.62	16:49:31	0.00	2.57	16:52:05	2.78	16:54:52	16:54:52	23.52	17:18:23	0.23	17:18:37	0.77	17:19:23	47.48	0.3666667
22.65	17:47:43	0.00	0.33	17:48:03	2.77	17:50:49	17:50:49	28.77	18:25:14	0.52	18:25:45	0.72	18:26:28	55.75	0.3833333
6.38	16:45:41	0.00	0.53	16:46:13	2.93	16:49:09	16:49:09	25.08	17:14:14	0.30	17:14:32	1.22	17:15:45	36.45	5.0333333
17.43	15:48:33	0.53	1.73	15:50:49	2.92	15:53:44	15:53:44	20.62	16:14:21	0.00	16:14:21	0.03	16:14:23	43.27	0
13.25	11:11:22	6.50	0.98	11:18:51	1.40	11:20:15	11:20:15	12.78	11:33:02	9.83	11:42:52	0.83	11:43:42	45.58	0
5.67	10:11:11	8.18	1.30	10:20:40	1.53	10:22:12	10:22:12	12.27	10:34:28	10.83	10:45:18	0.82	10:46:07	40.60	0
15.23	8:51:21	1.87	1.10	8:54:19	1.68	8:56:00	8:56:00	12.73	9:08:44	4.52	09:13:15	0.90	9:14:09	38.03	0
16.90	9:24:04	2.00	1.17	9:27:14	1.62	9:28:51	9:28:51	13.98	9:42:50	0.88	09:43:43	0.90	9:44:37	37.45	0
14.93	12:56:01	0.63	1.37	12:58:01	1.08	12:59:06	12:59:06	11.90	13:11:00	9.58	13:20:35	0.82	13:21:24	40.32	0

7.57	10:46:16	3.73	1.30	10:51:18	1.02	10:52:19	10:52:19	12.93	11:05:15	12.08	11:17:20	0.92	11:18:15	39.55	0
8.20	10:07:40	5.15	2.22	10:15:02	1.12	10:16:09	10:16:09	12.08	10:28:14	2.72	10:30:57	0.85	10:31:48	32.33	0
18.42	9:28:43	0.13	1.37	9:30:13	1.28	9:31:30	9:31:30	14.23	9:45:44	0.60	09:46:20	0.95	9:47:17	36.98	0
22.82	12:44:58	0.00	0.10	12:45:04	0.98	12:46:03	12:46:03	13.75	12:59:48	7.07	13:06:52	0.93	13:07:48	45.65	0
6.88	10:26:22	4.98	0.98	10:32:20	1.93	10:34:16	10:34:16	14.30	10:48:34	5.48	10:54:03	0.80	10:54:51	35.37	0
18.68	11:55:39	3.80	1.33	12:00:47	1.13	12:01:55	12:01:55	12.67	12:14:35	2.18	12:16:46	0.83	12:17:36	40.63	0
19.67	12:52:24	0.00	0.83	12:53:14	0.92	12:54:09	12:54:09	13.47	13:07:37	3.48	13:11:06	0.80	13:11:54	39.17	3.1666667
15.88	12:13:54	0.00	0.58	12:14:29	0.93	12:15:25	12:15:25	12.18	12:27:36	1.77	12:29:22	0.87	12:30:14	32.22	2
12.32	9:03:37	3.47	2.50	9:09:35	2.30	9:11:53	9:11:53	11.75	9:23:38	4.58	09:28:13	0.62	9:28:50	37.53	0
18.47	10:56:15	0.00	2.25	10:58:30	1.38	10:59:53	10:59:53	22.87	11:22:45	3.42	11:26:10	0.87	11:27:02	49.25	3.933
17.70	9:52:25	0.00	0.20	9:52:37	0.85	9:53:28	9:53:28	13.30	10:06:46	7.55	10:14:19	0.95	10:15:16	40.55	1.4
8.12	9:39:08	0.82	1.00	9:40:57	1.83	9:42:47	9:42:47	13.08	9:55:52	0.75	09:56:37	0.85	9:57:28	26.45	0
8.68	8:58:48	0.00	1.53	9:00:20	3.53	9:03:52	9:03:52	16.18	9:20:03	0.48	09:20:32	0.62	9:21:09	31.03	0.3833333
9.13	10:36:08	2.37	1.13	10:43:42	2.78	10:46:29	10:46:29	13.63	11:00:07	5.38	11:05:30	0.65	11:06:09	35.08	1.8666667

Fuente: Reporte de Dispatch – Producción diaria del tajo Ferrobamba, Minera Las Bambas, 2023. Informe interno

**Anexo 5.** Distribución de las cargas y comparación de eventos de derrame de material en equipos con tolva cola de pato y sin cola de pato en camiones Komatsu 930E-4SE.

<b>Nº MEDICION</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>RUTA</b>	<b>TRAMO</b>	<b>TONELAJE</b>	<b>TOLVA LLENA EN VOLUMEN ¿APRECIACION?</b>	<b>¿DERRAMA MATERIAL?</b>	<b>RUTA CON PENDIENTE POSITIVA</b>	<b>CANTIDAD DE DERRAME</b>	<b>¿EQUIPO INVADE EL CARRIL POR MATERIAL DERRAMADO?</b>
1	HT001	LD001 - Ferro 2	Tramo 2	307	Si	No	Si	-	-
2	HT002	SH002 - Ferro 2	Tramo 2	302	SI	NO	-	-	-
3	HT004	SH012 - Ferro 2	Tramo 2	290	SI	NO	-	-	-
4	HT007	SH003 - Dique ET 4	-	297	SI	NO	-	-	-
5	HT008	SH002 - Ferro 2	-	342	NO	NO	-	-	-
6	HT008	SH012 - Ferro 2	Tramo 2	334	SI	SI	SI	Mínimo	SI
7	HT009	LD001 - Chancado	Tramo 2	322	No	No	Si	-	-
8	HT011	LD001 - Chancado	Tramo 2	316	No	No	Si	-	-
9	HT022	SH001 - CHANCADO	Tramo 2	310	SI	SI	SI	SI	SI
10	HT025	SH002 - Ferro 2	-	301	NO	NO	-	-	-
11	HT025	SH004 - Dique ET4	Rampa Minitajo	313	SI	SI	SI	Aceptable	NO
12	HT025	SH004 - Dique ET4	Tramo 2	313	SI	SI	SI	Mínimo	SI
13	HT025	SH004 - Dique ET4	Vía Dique	313	SI	SI	SI	Aceptable	SI
14	HT025	SH011 - Ferro 2	Rampa Minitajo	303	SI	SI	SI	Aceptable	NO
15	HT025	SH002 - Ferro 2	Rampa Minitajo	314	SI	SI	SI	Aceptable	NO
16	HT025	SH002 F4- Ferro 2	-	304	NO	NO	-	-	-
17	HT025	SH002 F4- Ferro 2	-	288	NO	NO	-	-	-
18	HT025	SH011 F2 - Dique 4	Rampa Minitajo	304	SI	SI	SI	Mínimo	NO
19	HT025	SH002 F4 - Ferro 2	-	306	SI	NO	-	-	-
20	HT025	SH004 F3 - Dique 4	-	298	SI	NO	-	-	-

21	HT025	SH004 F3 - Dique 4	Vía Dique	309	SI	SI	SI	Roca	NO
22	HT025	SH004 F3- Dique 4	Vía Dique	309	SI	SI	SI	Aceptable	SI
23	HT025	SH011 F2 - Dique 4	-	308	SI	NO	-	-	-
24	HT025	SH011 F2 - Dique 4	Rampa Minitajo	311	SI	SI	SI	Aceptable	SI
25	HT025	SH011 F2 - Dique 4	-	320	SI	NO	-	-	-
26	HT025	SH011 F2 - Dique 4	Rampa Minitajo	304	SI	SI	SI	Aceptable	NO
27	HT025	SH011 F2 - Dique 4	Rampa Minitajo	283	SI	SI	SI	Aceptable	SI
28	HT025	SH011 F2 - Dique 4	Rampa Minitajo	283	SI	SI	SI	Aceptable	SI
29	HT025	SH012 F4 - Ferro 2	-	303	SI	NO	-	-	-
30	HT025	SH012 F4 - Ferro 2	HR1	320	SI	SI	SI	Mínimo	SI
31	HT025	SH012 F4 - Ferro 2	Tramo 2	309	SI	NO	-	-	-
32	HT025	LD001 - CHANCADO	-	300	SI	NO	-	-	-
33	HT025	SH002 - FERRO 2	-	319	SI	NO	-	-	-
34	HT025	LD001 - Chancadora	-	328	SI	NO	-	-	-
35	HT025	SH013 - Dique ET 4	-	278	NO	NO	-	-	-
36	HT025	SH013 - Dique ET 4	-	296	NO	NO	-	-	-
37	HT025	SH002 - HR1	Tramo 2	328	Si	Si	Si	Si	No
38	HT025	SH002 - HR1	Tramo 1	328	Si	Si	Si	Si	No
39	HT025	SH002 - HR1	HR1	328	Si	Si	Si	Si	No
40	HT025	SH002 - HR1	Tramo 2	310	No	Si	Si	Si	No
41	HT025	SH002 - HR1	Tramo 1	310	No	No	Si	-	-
42	HT025	SH002 - HR1	HR1	310	No	No	Si	-	-
43	HT025	SH002 - HR1	Tramo 2	313	No	No	Si	-	-
44	HT025	SH002 - HR1	Tramo 1	313	No	No	Si	-	-
45	HT025	SH002 - HR1	HR1	313	No	No	Si	-	-
46	HT025	SH002 - HR1	Tramo 2	329	Si	No	Si	-	-

47	HT025	SH002 - HR1	Tramo 1	329	Si	No	Si	-	-
48	HT025	SH002 - HR1	HR1	329	Si	No	Si	-	-
49	HT025	SH002 - HR1	Tramo 2	314	No	No	Si	-	-
50	HT027	SH011 - Dique ET4	Tramo 2	317	SI	SI	SI	Mínimo	NO
51	HT028	SH001 - DIQUE 04C	-	292	NO	NO	-	-	-
52	HT028	SH004 - FERRO 2	-	329	SI	NO	-	-	-
53	HT028	SH002 - FERRO 2	-	299	SI	NO	-	-	-
54	HT028	SH004 - FERRO 2	HR1	293	SI	SI	SI	NO	SI
55	HT028	SH004 - FERRO 2	Tramo 1	291	SI	SI	SI	NO	SI
56	HT028	SH004 - FERRO 2	-	305	SI	NO	-	-	-
57	HT028	SH004 - FERRO 2	-	293	NO	NO	-	-	-
58	HT028	SH004 - DIQUE 04C.	-	314	SI	NO	-	-	-
59	HT028	SH04 - CHANCADO	-	324	SI	NO	-	-	-
60	HT028	SH012 - Ferro 2	-	332	SI	NO	-	-	-
61	HT028	F4 - Ferro 2	-	299	SI	NO	-	-	-
62	HT028	F4 - Ferro 2	-	285	NO	NO	-	-	-
63	HT028	F4 - Ferro 2	-	342	SI	NO	-	-	-
64	HT028	SH002 - Ferro 2	HR1	303	SI	SI	SI	NO	SI
65	HT028	SH013 - Chancadora	Tramo 2	333	Si	No	Si	-	-
66	HT028	Minitajo - Ferro 2	-	319	SI	NO	-	-	-
67	HT028	Minitajo - Dique	-	301	SI	NO	-	-	-
68	HT028	Minitajo - Ferro 2	-	304	SI	NO	-	-	-
69	HT028	Minitajo - Dique	-	280	NO	NO	-	-	-
70	HT028	Minitajo - Dique	-	321	SI	NO	-	-	-
71	HT028	Minitajo - Plataforma	-	315	SI	NO	-	-	-

72	HT028	SH002 - Ferro 2	-	297	SI	NO	-	-	-
73	HT028	SH012 - HR1	Tramo 2	302	No	No	Si	-	-
74	HT028	SH012 - HR1	Tramo 1	302	No	No	Si	-	-
75	HT028	SH012 - HR1	HR1	302	No	Si	Si	Si	No
76	HT028	SH012 - HR1	Tramo 2	298	No	No	Si	-	-
77	HT028	SH012 - HR1	Tramo 1	298	No	No	Si	-	-
78	HT028	SH012 - HR1	HR1	298	No	No	Si	-	-
79	HT028	SH012 - HR1	Tramo 2	300	No	Si	Si	Si	No
80	HT028	SH012 - HR1	Tramo 1	300	No	No	Si	-	-
81	HT028	SH012 - HR1	HR1	300	No	No	Si	-	-
82	HT029	SH004 - Dique ET4	Tramo 1	305	NO	SI	SI	Mínimo	NO
83	HT029	SH002 - Ferro 2	-	294	SI	NO			
84	HT029	SH002 - Ferro 2	-	315	SI	NO	-	-	-
85	HT029	SH002 - Ferro 2	HR1	282	NO	SI	SI	SI	NO
86	HT029	LD001 - Chancado	Tramo 2	316	SI	SI	SI	Mínimo	SI
87	HT029	SH011 - DIQUE 04E	Rampa minitajo	327	SI	SI	SI	SI	SI
88	HT029	SH01 - CHANCADO	Rampa minitajo	330	SI	SI	SI	NO	SI
89	HT029	SH001 - CHANCADO	Rampa minitajo	330	SI	SI	SI	NO	SI
90	HT029	SH011 - DIQUE 04E	Rampa minitajo	321	SI	SI	SI	SI	SI
91	HT029	SH011 - DIQUE 04E	Tramo 2	321	SI	SI	SI	SI	SI
92	HT029	SH001 - CHANCADO	-	316	SI	NO	-	-	-
93	HT029	SH001 - CHANCADO	Rampa minitajo	329	SI	NO	SI	SI	SI
94	HT029	SH001 - CHANCADO	Rampa minitajo	329	SI	SI	SI	SI	SI

95	HT029	SH004 - DIQUE 04E.	Vía Dique	290	NO	SI	SI	SI	SI
96	HT029	SH004 - DIQUE 04E.	-	294	NO	NO	-	-	-
97	HT029	SH004 - FERRO 2	-	303	SI	NO	-	-	-
98	HT029	SH004 - FERRO 2	-	314	SI	NO	-	-	-
99	HT029	SH004 - FERRO 2	-	296	NO	NO	-	-	-
100	HT029	SH004 - FERRO 2	HR1	299	SI	SI	SI	NO	SI
101	HT029	SH004 - FERRO 2	HR1	299	SI	SI	SI	SI	SI
102	HT029	SH004 - FERRO 2	HR1	299	SI	SI	SI	NO	SI
103	HT029	SH004 - FERRO 2	HR1	299	SI	SI	SI	SI	SI
104	HT029	SH004 - FERRO 2	-	310	SI	NO	-	-	-
105	HT029	F4 - Ferro 2	Tramo 2	289	SI	NO	-	-	-
106	HT029	F4 - Ferro 2	HR1	300	SI	SI	SI	Mínimo	NO
107	HT029	F4 - Ferro 2	-	289	SI	NO	-	-	-
108	HT029	F4 - Ferro 2	HR1	316	SI	SI	SI		
109	HT030	SH004 - Dique ET4	Vía Dique	306	NO	SI	SI	Aceptable	NO
110	HT032	SH011 - Dique ET 4	Tramo 1	329	Si	Si	Si	Si	No
111	HT034	F4 - Ferro 2	-	317	SI	NO	-	-	-
112	HT034	F4 - Ferro 2	-	298	NO	NO	-	-	-
113	HT034	F4 - Ferro 2	-	313	SI	NO	-	-	-
114	HT034	F4 - Ferro 2	-	324	SI	NO	-	-	-
115	HT034	F4 - Ferro 2	Tramo 2	325	SI	SI	SI	SI	SI
116	HT034	F4 - Ferro 2	-	310	SI	NO	-	-	-
117	HT034	SH012 - Ferro 2	-	304	SI	NO	-	-	-
118	HT034	F4 - Ferro 2	-	315	SI	NO	-	-	-
119	HT034	F4 - Ferro 2	-	318	SI	NO	-	-	-

120	HT034	F4 - Ferro 2	Tramo 2	340	SI	SI	SI	SI	NO
121	HT034	F4 - Ferro 2	-	315	SI	NO	-	-	-
122	HT034	F4 - Ferro 2	-	311	NO	NO	-	-	-
123	HT034	F4 - Ferro 2	-	326	SI	NO	-	-	-
124	HT034	F4 - Ferro 2	-	323	SI	NO	-	-	-
125	HT034	SH012 F4 - Ferro 2	Tramo 2	291	NO	SI	SI	Mínimo	SI
126	HT034	SH012 F4 - Ferro 2	-	315	NO	NO	-	-	-
127	HT034	SH012 F4 - Ferro 2	Tramo 2	300	SI	SI	SI	Aceptable	SI
128	HT034	SH002 - FERRO 2	-	279	NO	NO	-	-	-
129	HT034	SH002 - FERRO 2	-	308	SI	NO	-	-	-
130	HT034	SH002 - FERRO 2	-	325	SI	NO	-	-	-
131	HT034	SH002 - FERRO 2	-	301	SI	NO	-	-	-
132	HT034	SH012 - FERRO 2	-	331	SI	NO	-	-	-
133	HT034	SH002 - FERRO 2	-	302	SI	NO	-	-	-
134	HT034	SH012 - FERRO 2	-	319	SI	NO	-	-	-
135	HT034	SH012 - FERRO 2	-	325	SI	NO	-	-	-
136	HT034	SH012 - FERRO 2	HR1	311	SI	SI	SI	SI	SI
137	HT037	SH012 - HR1	Tramo 2	306	Si	Si	Si	Si	No
138	HT037	SH012 - HR1	Tramo 2	306	Si	Si	Si	Si	No
139	HT039	SH012 - Ferro 2	Tramo 2	327	Si	No	Si	-	-
140	HT040	SH013 - STK	Rampa Minitajo	326	SI	SI	SI	Aceptable	SI

Anexo 6. Plano de accesos tajo Ferrobamba

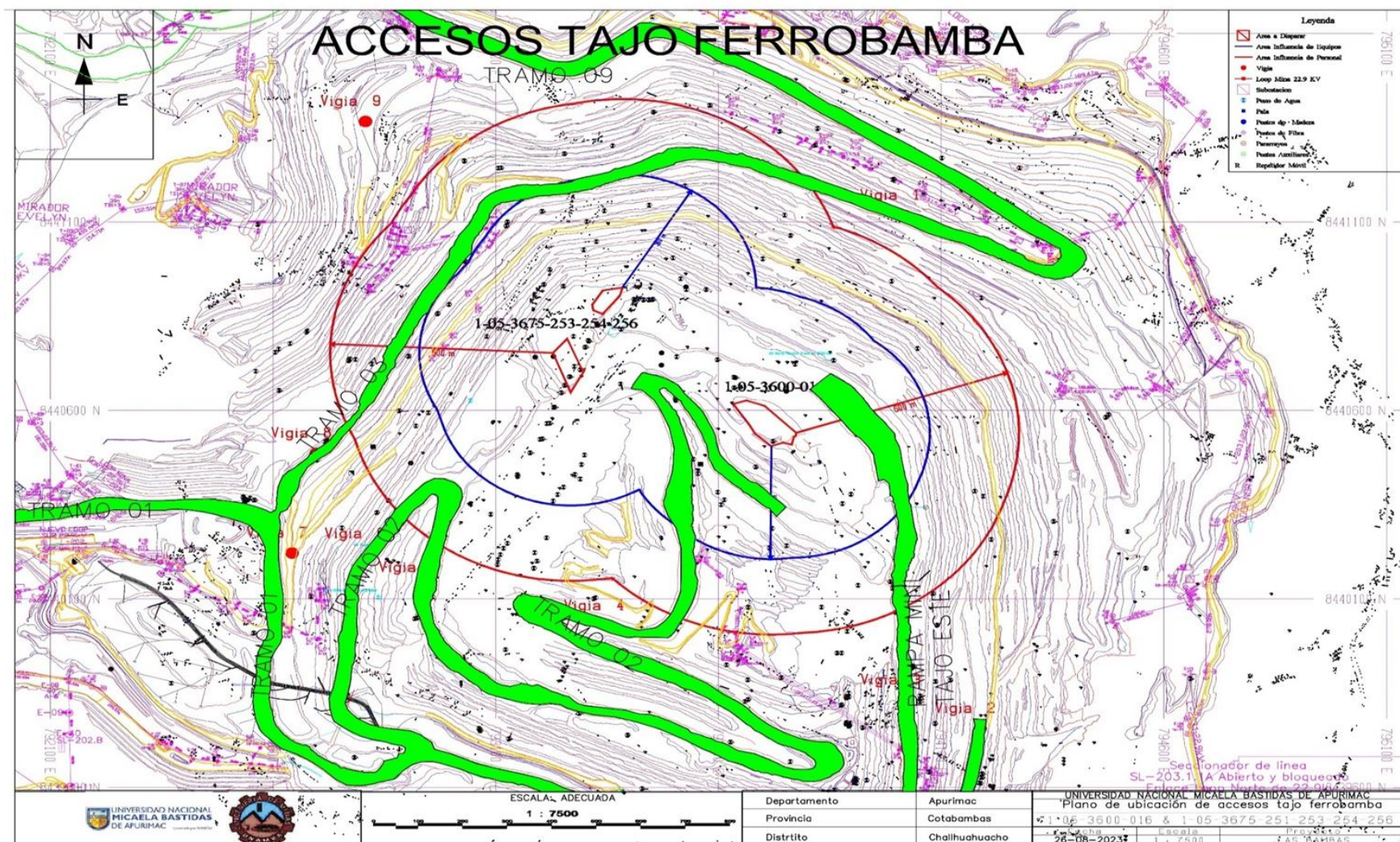


Figura 42 — Accesos a tajo Ferrobamba de la unidad minera Las Bambas