



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



**MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE CARGUÍO Y
ACARREO CON LOCOMOTORA Y CARROS MINEROS U35
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA VENTANA EN LA
UNIDAD MINERA CHAPARRA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GUIDO PAUL VILCA ALEJO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A mi linda Esposa Ana e hijo Mateo por haberme motivado a pesar de las circunstancias, gracias a los esfuerzos y el amoroso apoyo recibido por ellos.

A mi hermano y padres, a mi primo Devis por sus apoyos incondicionales y desinteresados y por ser parte de mi superación como profesional con el fin de alcanzar mis objetivos.

A mis amigos Jacinto y Romario por apoyar y colaborar conmigo en cualquier situación.

*“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente, no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo donde quiera que vayas”
Josué 1:9*

Guido Paul



AGRADECIMIENTO

- *A la Universidad Nacional del Altiplano por abrir las puertas para formarme como profesional en la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas.*
- *A los docentes, personal administrativo de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas que fueron parte de mi formación profesional durante los años de estudio.*
- *A toda la supervisión, al personal administrativo y trabajadores de la Unidad Minera Chaparra, por su apoyo constante en el desarrollo de este trabajo de investigación, que fueron partícipes en la ejecución de mi Tesis.*
- *Mi sincero reconocimiento a mi asesor Mtro. Anibal Sucari León y a los miembros del jurado calificador de Tesis que con sus aportes se hizo realidad la presente investigación.*

Guido Paul



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN 13

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13

1.2.1. Pregunta general 13

1.2.2. Preguntas específicas 14

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS 14

1.3.1. Hipótesis general..... 14

1.3.2. Hipótesis específico 14

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 14

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 15

1.5.1. Objetivo general..... 15

1.5.2. Objetivo específico 16



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.2. MARCO TEÓRICO	19
2.2.1. Producción	19
2.2.2. Factores que afectan a la productividad en el transporte y acarreo	20
2.2.3. Capacidad de llenado de carro minero U 35.....	22
2.2.4. Factor de llenado del balde en el carguío	23
2.2.5. Ciclo de carguío y acarreo de mineral	23
2.2.6. Esponjamiento del mineral fragmentado	24
2.2.7. Factor de esponjamiento del mineral fragmentado.....	24
2.2.8. Índices operacionales en la Unidad Minera Chaparra	24
2.2.9. Rendimiento del ciclo de carguío y acarreo.....	25
2.2.10. Tolva	26
2.2.11. Composición de tolvas.....	26

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO	29
3.1.1. Ubicación	29
3.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	29
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.5. POBLACIÓN	30
3.6. MUESTRA	30
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30



3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	31
3.8.1. Técnicas	31
3.8.2. Instrumento	31
3.9. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS	
.....	32
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	33
4.1.1. Resultado según el primer objetivo específico	33
4.1.2 Resultado según el segundo objetivo específico.....	35
4.2. DISCUSIÓN	41
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXOS.....	47

Área: Ingeniería de Minas

Línea: Desarrollo de labores mineras y otras excavaciones.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 03 de diciembre de 2021.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	31
Tabla 2. Tiempo de carguío antes de implementar la ventana	33
Tabla 3. Tiempo de ciclo de acarreo antes de implementar la ventana.....	34
Tabla 4. Rendimiento de acarreo antes de implementar la ventana.....	34
Tabla 5. Tiempo de carguío después de implementar la ventana	36
Tabla 6. Tiempo de ciclo de acarreo después de implementar la ventana	37
Tabla 7. Rendimiento de acarreo después de implementar la ventana.....	37
Tabla 8. Estadística descriptiva de carguío y acarreo	38
Tabla 9. Prueba “t” para la igualdad de medias de carguío y acarreo	40



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Malla de perforación de la ventana.	35
Figura 2. Comparación de resultados antes y después.....	39



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de rendimiento antes de la implementación de la ventana.	47
Anexo 2. Cálculo de rendimiento después de la implementación de la ventana.	49
Anexo 3. Plano de la Ventana de la Unidad Minera Chaparra	51



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Q	: capacidad
D	: distancia
FE	: factor de esponjamiento
Ef	: eficiencia
P	: producción
R	: rendimiento



RESUMEN

La presente investigación se realizó en el área de operación mina específicamente en el proceso de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U-35, ya que existía un límite de extracción por turno solo llegaba a un máximo de 10 viajes por turno y se plantea implementar una ventana para la cola de carros. Se plantea como objetivo determinar el porcentaje de mejora de la implementación de una ventana en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra. Siguiendo los pasos de la metodología de un enfoque cuantitativo de tipo pre experimental, porque se tuvo que manipular la variable independiente, realizando mediciones antes y después de la implementación de la ventana. Logrando como resultado una reducción en el tiempo de ciclo de acarreo de 51,03 a 42,5 minutos, pero se evidencia un incremento en el rendimiento de acarreo de 5,25 a 6,3 m³/h, así mismo se incrementa la producción de 14,71 a 17,66 TM/h. Concluyendo de que la implementación de una ventana si mejora el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U-35 en la Unidad Minera Chaparra demostrado estadísticamente mediante la prueba t de student.

Palabras clave: Acarreo, producción, mina, rendimiento.



ABSTRACT

The present investigation was carried out in the mine operation area specifically in the process of loading and hauling with a locomotive and U-35 mining trucks, since there was a limit of extraction per shift, it only reached a maximum of 10 trips per shift and it was proposed implement a car queue window. The objective is to determine the percentage of improvement in the implementation of a window in the loading and hauling performance with a locomotive and U35 mining cars in the Chaparra Mining Unit. Following the steps of the methodology of a pre-experimental quantitative approach, because the independent variable had to be manipulated, making measurements before and after the implementation of the window. Achieving as a result a reduction in the hauling cycle time from 51,03 to 42,5 minutes, but an increase in hauling performance from 5,25 to 6,3 m³ / h is evidenced, as well as increasing production from 14,71 to 17,66 MT / h. Concluding that the implementation of a window does improve the performance of loading and hauling with a locomotive and U-35 mining trucks in the Chaparra Mining Unit, statistically demonstrated by the student's t test.

Key words: haulage, production, mine, performance



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La Unidad Minera Chaparra de la empresa Golden River Resources S.A.C. tiene grandes proyectos para su crecimiento en la explotación, para lo cual está retomando las labores de preparación que anteriormente se ejecutaron, en especial se inicia con la explotación del tajeo – 855 el cual presenta una sola tolva Tv-855.

Según a los reportes diarios de extracción se llega a un máximo de 10 viajes por turno en la extracción de mineral con locomotora y carros mineros U-35 desde la Tv-855 hasta superficie la cancha de mineral, en ningún turno se ha logrado pasar los 10 viajes de extracción.

Se verifica la ubicación de la Tv-855 donde se encuentra a 2 metros del tope de la galería 850 E lo cual no permite tener el área para la cola de carros mineros, por otra parte, el cambio se encuentra a 65 metros de la tolva 855, estas condiciones hacen que la extracción sea más demorosa porque cada carro que llena tiene que ser dejado en el camino más cercano, motivo por cual no puede llegar a más viajes la extracción de mineral.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿En qué porcentaje mejora la implementación de una ventana en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra?



1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál es el rendimiento del sistema de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 antes de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra?
- ¿Cuál es el rendimiento del sistema de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 después de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra?

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

La implementación de una ventana mejora más del 10% en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra.

1.3.2. Hipótesis específico

- El rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 es deficiente antes de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra.
- El rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 es eficiente después de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Unidad Minera Chaparra de la Empresa Golden River Resources S.A.C., posee gran potencial de reservas de mineral aurífero para su explotación, y es necesario



profundizar las labores de explotación del yacimiento aurífero y obtener mayores niveles.

Este trabajo de investigación justifica los beneficios de la implementación de una labor ventana para la cola de carros y así mejorar la extracción de mineral reduciendo los tiempos de espera para cada carro minero desde la tolva 855 hasta la cancha de mineral que se encuentra en superficie.

El trabajo de investigación es importante para la empresa ya que será tomado como ejemplo el mejoramiento del rendimiento de la extracción en el carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35. Esto permitió que la empresa tenga mayor producción por turno.

Así también continuar con las labores puestas en marcha trabajando con 4 frentes, se prevé que la ventana podrá tener operación a partir del 4to, día. Las labores existentes si bien no guardan una configuración ordenada en la explotación minera, esto debido a que han sido explotadas desordenadamente por mineros informales. Técnicamente no es posible realizar explotación de los blocks superiores debido a que no se cuenta con la capacidad de descarga requerido. Mejorado el sistema de Carguío y acarreo mediante una ventana significará para la Unidad Minera Chaparra un incremento considerable en el rendimiento de dicho sistema.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje de mejora de la implementación de una ventana en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra.



1.5.2. Objetivo específico

- Analizar el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 antes de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra.
- Analizar el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 después de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Sehulsoe & Musingnini (2017) manifiesta una consideración importante sobre la productividad es que el tamaño del equipo tiene una relación significativa negativa con centavos producidos, como muestra la función de producción, porque un equipo más grande no produce necesariamente más centésimas debido a la seguridad, el espacio, el tiempo y otras limitaciones.

Zaga (2011) refiere que la locomotora nueva, también mostré menores costos en el transporte de mineral, para las distancias que recorren las locomotoras N° 2, N° 3, y N 034 5 (3,35 Km), donde se obtiene un costo unitario de 0,33 \$/TM., frente a 0,67 \$/TM, para los equipos anteriores.

Huarocc (2014) define que la gestión de la producción mediante los indicadores de desempeño nos permite una reducción de costos en 0,44 \$/Tn en la operación unitaria de carguío de mineral y 0,34 \$/Tn en la operación de acarreo de mineral se ha tomado en cuenta la información histórica presente de los controles desarrollados con los cambios operativos desarrollados dentro de la operación de minado.

Vargas (2019) argumenta que, al evaluar los efectos de los tiempos muertos, se logra identificar la presencia de colas en los equipos de transporte, significando una disminución en su productividad, frente a ello se realiza un análisis matemático aplicando el modelo de líneas de espera, logrando eliminar los tiempos improductivos (tiempos muertos) y obteniendo un cierre de ciclo en cada frente de trabajo. Dándonos como resultados 1,33 volquetes, demostrando que en la cola habría más de un volquete en



espera.

Gaimes (2019) declara que, se optimiza el trabajo, de las 5,5 horas efectivas de trabajo a 6,9 horas efectivas disminuyendo los tiempos innecesarios los cuales incrementan una eficiencia de trabajo de 69% a 86,5%.

Barzola (2018) concluye que de acuerdo al agotamiento de las reservas probadas en la mina de la veta Julie, en los niveles superiores (nivel 2410) con la ventaja de la extracción del mineral ha menor tiempo posible generado por los bloques en el nivel 2410 y el nivel 2260 de la veta Julie. Surgiendo la necesidad de ejecutar un pique inclinado Julie -2, entre estos niveles para la extracción de las reservas, con un plan anual de minado (360500TM/año).

Gates & Mamani (2018) considera como parte del modelo del proceso del negocio se desarrolló los diagramas de actividades permitió identificar el funcionamiento de los procesos de la empresa minera, detectando que las reglas de negocio como el del cumplimiento de la ruta impactan directamente en el resultado final del transporte. Esto ocurre, debido a que el transporte de la producción no es monitoreado constantemente y es complicado visualizar el seguimiento de la ruta asignada, esto conlleva a que finalmente no se obtenga el suficiente control sobre el transporte de carguío, con el afán de dar solución a los problemas encontrados se presenta la determinación de los procesos a verificar e identificando las áreas que involucran o relacionan en la ejecución de los procesos proponiendo utilizar la tecnología de Investigación de operaciones para con ello optimizar este proceso y tener una programación óptima de las cantidades de mineral a extraer de cada labor y por otro lado el uso de la inteligencia artificial en la selección de equipos de carguío y así asegurar que en cada labor este el equipo más eficiente para las condiciones que pueda presentar.



Martínez (2019) concluye que los costos de las operaciones unitarias de carguío y transporte al aplicar la teoría de colas se redujo en promedio en 1,09% (Carguío; 21,79 \$/Tm – 21,05 \$/Tm), (Transporte; 81,43 \$/Tm – 80,11 \$/Tm), que es representativo, toda vez que por el volumen de mineral que se transporta diariamente en dos turnos, se logró una mejora en la economía de esta empresa minera.

Atapoma (2019) ratifica que según las estimaciones interválicas de las medias poblacionales, del análisis estadístico se llegó a determinar que la aplicación del sistema de control computarizado de despacho de volquetes (Mine Sense) optimiza significativamente en un 75% las operaciones unitarias de carguío y acarreo, logrando una alta productividad y un eficiente control de las operaciones en la mina Tajo Norte de Sociedad Minera El Brocal – Unidad Colquijirca , con un cálculo de “t”= 2,4 y de “tc” =+/- 1,04, para la toma de decisión, en la unidad de análisis.

Nieto (2010) da a conocer que para reducir los costos de una empresa no es necesario hacer un recorte de personal, sino se trata de implementar un sistema que nos permita mejorar la disminución de los costos, reducir el tiempo de ocio de las máquinas y equipos, verificando realmente los procesos de producción o factores que se vean afectados para mejorar la eficiencia de la empresa. Esto sin duda son parte importante para hacer una reducción de los costos.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Producción

Es el volumen o peso de material a ser manejado en una operación específica. Mineral (en unidades de peso) y Estéril (en unidades de volumen). Las unidades son generalmente por año Tasa de producción: es la producción por unidad de tiempo en horas, turno o día Productividad: la cantidad de producción de una unidad de producto o



servicio por insumo de cada factor utilizado por unidad de tiempo (ton/hombre-turno). También puede llamarse tasa neta de producción, o tasa de producción por unidad de trabajo y tiempo (por ejemplo, toneladas/hombre turno) (Atapoma, 2019).

2.2.2. Factores que afectan a la productividad en el transporte y acarreo

Según Gaimes (2019) menciona que se debe considerar que la eficiencia y el costo operativo se verán afectados por dos tipos de factores: positivos y negativos, mencionados a continuación:

Factores positivos: Algunos factores que ayudan a mejorar la productividad son:

Personal altamente capacitado.

Innovación de las técnicas de operación.

Adecuado mantenimiento de los equipos.

Diseño adecuado de vías y zonas de trabajo para los equipos.

Comunicación fluida entre conductores y la supervisión.

Control detallado de la eficiencia de los equipos.

Factores negativos: Algunos factores que provocan pérdidas:

Estado de las vías (resistencia a la rodadura).

Inadecuada fragmentación del material a transportar.

Administración y logística ineficiente.

Falta de recurso humano.

Problemas de tránsito.



Productividad teórica

En ese sentido la productividad teórica según Gaimes (2019), estará definida como el volumen o peso producido por unidad de operación, rigiéndose con los siguientes aspectos:

$$\text{producción_teórica (TM / hr)} = \left(\frac{Q}{\text{Ciclo}} * \frac{\text{Ciclo}}{\text{hora}} \right)$$

Donde:

Q : capacidad nominal del equipo (TM).

Ciclo : tiempo de ciclo de acarreo (minutos).

Productividad promedio

La productividad promedio involucra al peso o volumen por hora producido por unidad en operación, considerando retrasos fijos y variables. Según menciona Gaimes (2019), esta tasa de producción debe aplicarse al periodo de tiempo deseado (turno, día) para estimar la producción total, según la formula mencionada a continuación:

$$\text{Produccion_promedio(TM/hr)} = \frac{60 * [(T-R) * e * Q]}{T * Tc}$$

Donde:

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).

Productividad máxima por hora

La productividad máxima corresponde al peso o volumen por hora producida por una unidad en operación, considerando los retrasos variables. Según menciona Gaimés (2019), esta tasa de producción debe aplicarse para determinar el número de unidades de transporte asignadas a un scoop, para lograr cierta producción requerida. Esta se determina de la siguiente manera:

$$\text{Producción Máxima (TM/hr)} = 60 * \left(\frac{e * Q}{\text{Tiempo Ciclo Total}} \right)$$

Donde:

e : eficiencia de trabajo (Retrasos variables, en %).

Q : capacidad nominal del equipo (TM).

Tc : tiempo de ciclo de transporte (min).

2.2.3. Capacidad de llenado de carro minero U 35

Según Huaroc (2014) “Es el volumen de material que una máquina puede manejar en cualquier instante de tiempo”, el mismo autor menciona también los tipos de llenado que son:

Capacidad al ras: es el volumen de material en una unidad de carguío o transporte sin material que sobresalga (dientes de una pala, pila en un camión)

Capacidad con pila: máxima capacidad con el equipo lleno y con formación de una pila. Esta depende del diseño del equipo para contener el material a que se desplace en sus bordes



Capacidad nominal (de fábrica): capacidad de un determinado equipo, en términos del peso máximo que puede manejar.

La mayoría de los equipos están diseñados para movilizar un determinado peso, en lugar de un volumen máximo. Por lo tanto, el volumen de material manejado dependerá de la densidad del material, y variará con la densidad para un mismo equipo, mientras que el peso máximo es constante y es una función de la resistencia de los componentes del equipo (Martinez, 2019).

2.2.4. Factor de llenado del balde en el carguío

Un ajuste de la capacidad de llenado del balde de equipos de carguío. Se expresa generalmente como una fracción decimal y corrige la capacidad del balde al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo, y la habilidad del operador del equipo para efectuar la maniobra de llenado del balde (Gates & Mamani, 2018).

2.2.5. Ciclo de carguío y acarreo de mineral

Al igual como la explotación de minas se describe generalmente como un ciclo de operaciones unitarias, cada operación unitaria tiene también una naturaleza cíclica. Las operaciones unitarias de carguío y transporte pueden dividirse en una rotación ordenada de pasos o sub operaciones (Vargas, 2019).

Por ejemplo, los componentes más comunes de un ciclo de transporte con unidad discreta son: cargar, transportar, botar y regresar. Desde el punto de vista de selección de equipos o planificación de la producción, la duración de cada componente es de primordial importancia. La suma de los tiempos considerados para completar un ciclo corresponde al tiempo del ciclo.



2.2.6. Esponjamiento del mineral fragmentado

Según Zaga (2011) “El porcentaje de aumento en volumen que ocurre cuando la roca es fragmentada y removida desde su posición inicial. Factor de llenado de la pala: es un ajuste al llenado de la pala”. Y esta se debe a correcciones por:

Angulo de reposo del material (variable y depende del tipo de material a manejar)

Capacidad de formar una pila en la pala

Habilidad del operador al cargar la pala

2.2.7. Factor de esponjamiento del mineral fragmentado

El incremento fraccional del volumen del material que ocurre cuando está fragmentado y ha sido sacado de su estado natural (volumen in situ) y depositado en un sitio no confinado (volumen no confinado). Puede expresarse como una fracción decimal o como un porcentaje (Zaga, 2011).

2.2.8. Índices operacionales en la Unidad Minera Chaparra

Según Vargas (2019), los objetivos de los Índices Operacionales en minería son medir la efectividad de procesos ya existentes es decir Identificar el estado del sistema, comparar diseño/operación y optimizar procesos. La ingeniería de procesos mediante la definición de la flota de equipos. Mantenimiento electromecánico y el reemplazo oportuno y adecuado de equipos mineros. Como una forma de control y evaluación de gestión es necesario conocer los estatus operacionales en que se encuentran los equipos durante el periodo a evaluar, pues será este desglose de tiempos el utilizado para calcular los distintos Índices Operacionales que se requieren para la evaluación. El mismo autor hace mención de tiempos y se define de la siguiente forma:



Tiempo Nominal: Tiempo durante el cual el equipo se encuentra físicamente en faena. *Tiempo Mecánica:* En este ítem se encuentran los tiempos destinados tanto para Mantenciones Programadas y/o Reparaciones Electromecánicas de terreno.

Tiempo Disponible: Tiempo en que el equipo está habilitado y en buenas condiciones electromecánicas para operar.

Tiempo en Reserva: Es aquel tiempo en donde el equipo estando en condiciones mecánicas de operación no es utilizado en labores productivas, ya sea por falta de operador o superávit de equipo en ese momento.

Tiempo Operativo: Corresponde al tiempo que el equipo se encuentra operando en faena (con operador)

Efectivo: Tiempo que el equipo se encuentra realizando labores puras de producción (sin colas). Realiza tarea para la que fue adquirido.

Demoras Programadas (DP): Tiempo de detención Programada, Cambios y Medios Turnos.

Demoras No Programadas (DNP): Tiempo de Detención No Programada, principalmente petróleo (camiones) y acomodados o limpiezas de cancha (palas).

Pérdidas Operacionales (PO): Tiempo de Pérdidas Operacionales, en donde el equipo se encuentra esperando en pala y/o chancado para camión y espera por camión para palas. De la escala de tiempos se determinan las índices operaciones que se muestran a continuación.

2.2.9. Rendimiento del ciclo de carguío y acarreo

El rendimiento involucra una “regla de conducta fundamental para conseguir la mayor satisfacción con el menor costo o fatiga”. Matemáticamente, podemos definir a la



productividad como “el cociente que se obtiene al dividir la producción por uno de los factores de la producción” (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) es decir la productividad es la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados. Es así que este término no es una medida de producción, ni de la cantidad que se ha fabricado, sino es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir con los resultados específicos (Gates & Mamani, 2018).

2.2.10. Tolva

Una tolva es un equipo de almacenamiento de mineral ya sea grueso o fino, la cual se compone de dos partes: Una sección convergente situada en su parte inferior a la que se conoce como boquilla, la cual puede ser de forma cónica o en forma de cuña, y una sección vertical superior que es la tolva propiamente dicha, la cual proporciona la mayor parte del volumen de almacenamiento de mineral (Martínez, 2019).

Para diseñar una tolva de almacenamiento conexas a un sistema de manipuleo de mineral en una Planta Concentradora es fundamental la determinación de las características de flujo mediante el ensayo de una muestra representativa. Una forma práctica de diseñar y dimensionar una tolva es teniendo los siguientes parámetros: Capacidad de almacenaje, toneladas métricas, t. Densidad aparente del mineral en t/m³. Angulo de reposo del mineral. Angulo de la tolva $Y = B + 15^\circ$. Volumen inútil de 15 a 30 % del volumen total. Porcentaje de humedad del mineral. El ángulo de reposo B es el que se forma entre una pila pequeña de mineral y la horizontal y corresponde a cuando el mineral empieza a deslizarse (Martínez, 2019).

2.2.11. Composición de tolvas

Básicamente la tolva se compone por elementos fijos, móviles y una unidad de fuerza. Los elementos fijos se encuentran anclados a la roca misma, en cambio los



elementos móviles forman parte de la estructura y son accionados por cilindros hidráulicos o neumáticos. Los elementos fijos son el socucho, la tolva y la estructura de soporte, y los elementos móviles son las cortinas de cadenas y la boca de descarga (buzón). (Martínez, 2019). Según el autor menciona las siguientes partes:

Socucho: Es un ducto metálico o de hormigón anclado a la roca revestido con piezas de desgaste (acero), que une la chimenea con el buzón.

Tolva: Estructura metálica en forma de canal revestida con piezas metálicas de desgaste, se encuentra fija al soporte y está conectada directamente al socucho. La pendiente de la tolva es levemente inferior a la del socucho. El lecho de la tolva (en su tramo inicial) es un área de impacto del material proveniente de la chimenea, permite la formación de un talud de material, el cual no debe llegar a la boca del buzón (debe mantenerse en su ángulo de reposo).

Estructura de soporte: Básicamente está compuesta por vigas de acero, anclajes a la roca y una base de concreto. También se incluye en ella todo el sistema de operación como pasarelas, barandas, balcones, etc.

Buzón o boca: Esta pieza es la que realiza la descarga del material hacia el equipo de transporte. Está sujeto al extremo inferior de la tolva con un pivote que se mueve entre -30° y 30° aproximadamente (respecto a la horizontal), sube o baja con el accionamiento de cilindros neumáticos o hidráulicos. En algunos casos el buzón puede regular el ancho de descarga con compuertas. El sistema cuenta con un contrapeso que permite mantener el equilibrio y el control de la operación.

Cortinas de cadenas: Estos elementos actúan principalmente como pieza de control de flujo y granulometría. Las cadenas tienen la resistencia y la flexibilidad necesaria para cumplir con este objetivo a diferencia de elementos rígidos cuya vida útil sería menor por



culpa de los impactos y rozamiento propio de la operación. Las cadenas son accionadas por distintos cilindros hidráulicos dependiendo de su función. Las cadenas se sostienen en tres puntos que son un empalme fijo superior, porta cadenas a media altura (accionado por un cilindro hidráulico, que permite regular la sección) y un porta cadenas inferior (accionado por otro cilindro hidráulico, que permite regular el flujo). Los extremos inferiores de las cadenas están libres.

Cilindros: Estos elementos se encuentran dispuestos en distintos puntos del equipo, según la función del mismo. Bajo del buzón se encuentran los cilindros que le dan la movilidad a la boca del buzón para realizar las tareas de descarga de material (A). Sobre una cortina de cadenas se ubican otros cilindros que permiten controlar la granulometría del material (B) y por último los cilindros de control de flujo, que actúan sobre la cortina de cadenas (C).

Debemos destacar que la instalación de un buzón requiere una excavación importante (para el caso de la figura: alto 10 m, largo 20 m y ancho 8 m). Existen otros sistemas de buzones que difieren en la disposición espacial y en algunas características, pero la funcionalidad es la misma. También se requiere fortificación (para cuidar la inversión y garantizar la operación), hay que construir la estructura, montar las piezas, construir el socucho, sellar el sistema chimenea-socucho (por el polvo) y montar el sistema hidráulico o neumático.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

La Empresa Minera Golden River Resources SAC mediante la Unidad Operativa Chaparra se localiza en la Ciudad de Chala, al Sur-Oeste del Perú, en el Distrito de Chaparra, Provincia de Caravelí, Departamento de Arequipa, situado en Latitud $14^{\circ}57'27''S$ y Longitud $73^{\circ}14'42''W$, a una altura de 1930m.s.n.m., sus coordenadas UTM son:

E 607 926 y N 8 242 280

3.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación presenta las características de un enfoque cuantitativo, porque los datos serán procesados e interpretados de manera numérica. Por otra parte Hernandez (2014) señala que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

3.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación tiene un alcance explicativo porque se analiza las causas del bajo rendimiento del acarreo con locomotora y carros mineros U35, así mismo se determina las causas que genera la implementación de una ventana para la cola de carros para el carguío de los carros mineros U35. Del mismo modo Hernandez (2014) manifiesta que los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un



tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación fue de tipo pre experimental considerando el pre experimental porque las mediciones se realizaron en un solo grupo. Así mismo Hernandez (2014), define al diseño pre experimental como la investigación que se realiza al manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que existe un pre test y un post test de un solo grupo.

G: X (pre-test) -----Ventana-----X (post-test)

3.5. POBLACIÓN

Según Hernandez (2014), la población o universo es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. La población para el trabajo de investigación estuvo conformada por 26 tolvas de madera distribuidos en los 3 niveles.

3.6. MUESTRA

Según Hernandez (2014), la muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta. La muestra para el trabajo de investigación fue la tolva 855 del Tj-855, el método de muestreo que se aplicó es de tipo no probabilística según al interés o conveniencia del investigador.

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables independientes (VI).

Implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra



Variables dependientes (VD).

Rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores
Variable independiente: Implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra.	<ul style="list-style-type: none">• Metros lineales = m• Metros cuadrados = m²• Factor de carga = Kg-explosivo/m³
Variable dependiente: Rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra.	<ul style="list-style-type: none">• Metros cúbicos por hora = m³/h• Toneladas métricas por hora = TM/h

3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.8.1. Técnicas

La técnica que fue utilizada en la investigación fue la observación directa para recoger los datos.

3.8.2. Instrumento

Este instrumento que se utilizó es libreta de campo ya que permite tomar los datos necesarios para realizar los cálculos respectivos.



3.9. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Se presenta a continuación las diferentes actividades desarrolladas como método para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación:

- Se realizará un análisis del rendimiento del sistema de carguío y acarreo desde la tolva 855 hasta superficie cancha de mineral.
- Se ejecutará la labor minera “Y” de una sección de 2,40m X 2,10m en la parte final de la galería principal.
- Se realizará nuevamente el análisis del cálculo de rendimiento del sistema de carguío en desde la tolva 855 hasta superficie cancha de mineral.
- Se utilizará el programa SPSS v.25 para la estadística inferencial y poder realizar la prueba “t” de student.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la investigación según a los objetivos específicos y objetivo general de la investigación.

4.1.1. Resultado según el primer objetivo específico

Analizar el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 antes de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra.

Tabla 2.

Tiempo de carguío antes de implementar la ventana

N° de viajes	Tiempo de carguío de carros mineros U-35 (min)												Total
	1°	Te	2°	Te	3°	Te	4°	Te	5°	Te	6°	Te	
1	1,5	1,5	1,4	1,6	1,35	1,5	1,6	1,6	1,45	1,5	1,5	0,5	17
2	1,6	1,5	1,45	1,6	1,41	1,5	1,57	1,6	1,35	1,5	1,52	0,45	17,05
3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,48	1,5	1,58	1,6	1,42	1,5	1,48	0,4	16,96
4	1,65	1,5	1,55	1,6	1,6	1,5	1,61	1,6	1,5	1,5	1,53	0,52	17,66
5	1,48	1,5	1,48	1,6	1,58	1,5	1,48	1,6	1,52	1,5	1,5	0,5	17,24
6	1,55	1,5	1,52	1,6	1,23	1,5	1,45	1,6	1,46	1,5	1,45	0,6	16,96
7	1,52	1,5	1,56	1,6	1,45	1,5	1,5	1,6	1,53	1,5	1,41	0,48	17,15
8	1,62	1,5	1,47	1,6	1,5	1,5	1,36	1,6	1,48	1,5	1,54	0,46	17,13
9	1,58	1,5	1,5	1,6	1,42	1,5	1,62	1,6	1,38	1,5	1,56	0,51	17,27
10	1,53	1,5	1,49	1,6	1,37	1,5	1,54	1,6	1,42	1,5	1,6	0,53	17,18
Total	15,4	15	14,9	16	14,4	15	15,3	16	14,5	15	15,1	4,95	171,6

La tabla 2 muestra los tiempos utilizados durante el carguío o llenado de los carros mineros, las mediciones se realizaron a 6 carros donde cada carro necesita un tiempo de espera (Te), el control de tiempo se realizó durante una guardia de 12 horas (turno día) las mediciones se realizaron en 10 viajes donde se evidencia que el tiempo de espera es muy similar al tiempo que se utiliza para el llenado de los carros mineros U-35.

Seguidamente se obtiene el tiempo del ciclo de acarreo para los 10 viajes de análisis de la locomotora y carros mineros U-35.

Tabla 3.

Tiempo de ciclo de acarreo antes de implementar la ventana

N° de viajes	Tiempo (min.)				
	Carguío	Ida	Descarga	Retorno	T-ciclo
1	17	16	3,6	14	50,6
2	17,05	15,50	4	13,5	50,05
3	16,96	14,80	4,2	14,2	50,16
4	17,66	15,30	4,5	13,6	51,06
5	17,24	15,80	5	13,4	51,44
6	16,96	16,20	3,8	14	50,96
7	17,15	15,50	3,6	14,3	50,55
8	17,13	16,50	4	13,8	51,43
9	17,27	14,50	4,5	14,5	50,77
10	17,18	15,30	4,3	14	50,78
Total	171,6	155,4	41,5	139,3	507,8

La tabla 3 muestra los resultados del cálculo de tiempo de acarreo para los viajes de análisis donde lo más resaltante es que 50,44 minutos es el tiempo máximo utilizado en el acarreo en locomotora y carros mineros U-35 y el tiempo mínimo es 50,05 minutos.

Tabla 4.

Rendimiento de acarreo antes de implementar la ventana

N° de viajes	T-ciclo	U-35	Q	D	δ	FE	Ef	R	P
	min	Und	m ³	m	mineral		%	m ³ /h	TM/h
1	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
2	50,05	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,36	15,00
3	50,16	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,34	14,97
4	51,06	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,25	14,70
5	51,44	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,59
6	50,96	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,26	14,73
7	50,55	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,85
8	51,43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,60
9	50,77	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,28	14,79
10	50,78	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,28	14,78
			Total					52,80	147,83

Posterior a la implementación de la ventana se inicia con la utilización y se realiza el control de tiempo durante una guardia (turno día).

Tabla 5.

Tiempo de carguío después de implementar la ventana

N° de viajes	Tiempo de carguío de carros mineros U-35						Total min
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
1	1,4	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5	9,1
2	1,5	1,4	1,41	1,57	1,5	1,52	8,9
3	1,4	1,5	1,48	1,58	1,5	1,48	8,94
4	1,6	1,55	1,6	1,5	1,5	1,53	9,28
5	1,48	1,48	1,4	1,48	1,6	1,5	8,94
6	1,55	1,6	1,4	1,6	1,46	1,45	9,06
7	1,7	1,56	1,45	1,5	1,4	1,41	9,02
8	1,5	1,47	1,6	1,5	1,48	1,54	9,09
9	1,58	1,6	1,42	1,4	1,38	1,56	8,94
10	1,4	1,49	1,5	1,54	1,5	1,6	9,03
11	1,48	1,4	1,58	1,6	1,52	1,5	9,08
12	1,6	1,5	1,4	1,5	1,6	1,48	9,08
Total	18,2	18,2	17,7	18,3	18	18,1	108,46

La tabla 5 muestra los tiempos utilizados en el carguío o llenado de los carros mineros, se observa que no existe el tiempo de espera, por otra parte, se evidencia un incremento en la cantidad de viajes igual a 12 y el tiempo máximo en carguío es 9,28 minutos y el tiempo mínimo es 8,9 minutos, esto significa que la implementación de la ventana para la cola de carros genera un efecto positivo para mejorar para minimizar los tiempos de carguío de los carros mineros y la eliminación del tiempo de espera.

Así mismo se calcula el tiempo utilizado en el ciclo de acarreo de la locomotora y carros mineros U-35, después de la implementación de la ventana que sere como cola de carros mineros, lo cual podemos observar en la tabla 6.

Tabla 6.

Tiempo de ciclo de acarreo después de implementar la ventana

N° de viajes	Tiempo (min.)				
	Carguío	Ida	Descarga	retorno	T- ciclo
1	9,1	16	3,6	14	42,7
2	8,9	15,50	4	13,5	41,9
3	8,94	14,80	4,2	14,2	42,14
4	9,28	15,30	4,5	13,6	42,68
5	8,94	15,80	5	13,4	43,14
6	9,06	16,20	3,8	14	43,06
7	9,02	15,50	3,6	14,3	42,42
8	9,09	16,50	4	13,8	43,39
9	8,94	14,50	4,5	14,5	42,44
10	9,03	15,30	4,3	14	42,63
11	9,08	15,80	5	13,4	43,28
12	9,08	14,80	4,2	14,2	42,28
Total	108,46	186	50,7	166,9	512,06

La tabla 6 muestra que después de la implementación de la ventana se tiene un incremento en la cantidad de viajes igual a 12 y se evidencia una reducción en el tiempo de carguío y esto a su vez repercute en el tiempo del ciclo de acarreo donde el máximo tiempo utilizado es 43,39 minutos y el mínimo es 41,9 minutos.

Tabla 7.

Rendimiento de acarreo después de implementar la ventana

N° de viajes	T-ciclo min.	U-35 Unid	Q m ³	d m	δ mineral	FE	Ef %	R m ³ /h	P TM/h
1	42,7	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,28	17,58
2	41,9	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,40	17,92
3	42,14	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,36	17,81
4	42,68	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,28	17,59
5	43,14	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,21	17,40
6	43,06	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,43
7	42,42	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,32	17,70
8	43,39	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,18	17,30
9	42,44	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,32	17,69
10	42,63	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,61
11	43,28	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,19	17,34
12	42,28	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,34	17,75
Total								75,40	211,12

La tabla 7 muestra los resultados de los cálculos de rendimiento después de la implementación de la ventana donde se evidencia como primera diferencia en la cantidad de viajes igual a 12, segunda diferencia reducción en el tiempo de ciclo de acarreo, tercera diferencia incremento en el acarreo igual a 75,40 m³/turno, así mismo el incremento en la producción igual a 211,12 TM/turno.

4.1.4 Resultado según el objetivo general

Determinar el porcentaje de mejora de la implementación de una ventana en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra.

Para lograr el objetivo general se tuvo que tomar los reportes de 70 viajes que viene a ser 10 guardias antes de la implementación de la ventana y 70 viajes después de la implementación de la ventana que viene a ser 5,83 turnos. Los datos que se analizaron se encuentran en los anexos 1 y 2.

Tabla 8.

Estadística descriptiva de carguío y acarreo

Parámetros de análisis	Carguío y acarreo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Ciclo de acarreo	Antes	70	51,0333	0,65168	0,07789
	Después	70	42,5030	0,51468	0,06152
Rendimiento	Antes	70	5,2557	0,06524	0,00780
	Después	70	6,3079	0,07610	0,00910
Producción	Antes	70	14,7111	0,18540	0,02216
	Después	70	17,6639	0,21302	0,02546

La tabla 8 muestra la comparación de promedios de los parámetros del ciclo de acarreo, rendimiento y producción, respecto al antes y después de la implementación de la ventana para cola de carros.

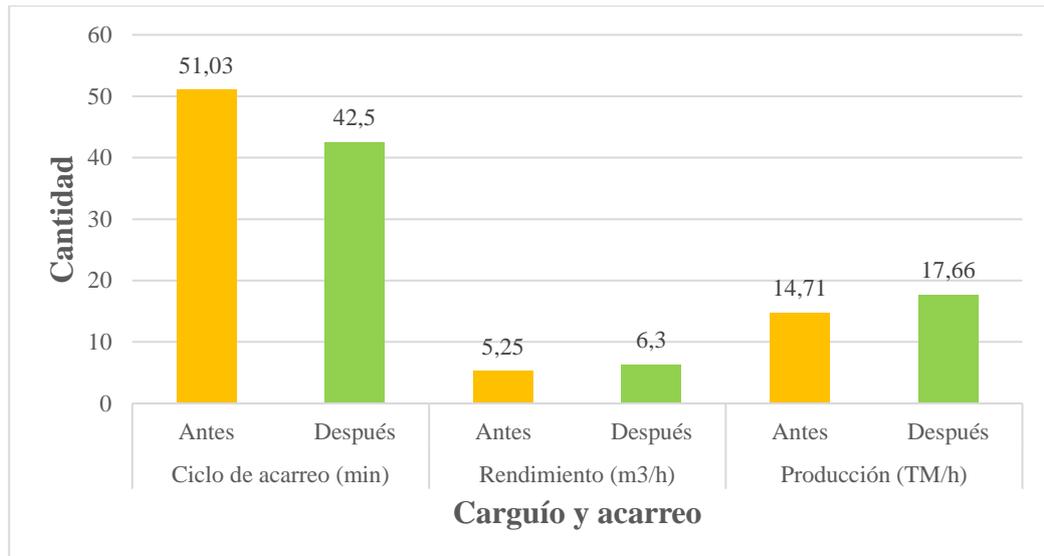


Figura 2. Comparación de resultados antes y después.

La figura 2 muestra la comparación de los promedios entre los dos reportes antes y después de implementar la ventana para cola de carros, donde se evidencia una reducción en el tiempo del ciclo de acarreo, pero existe un incremento en el rendimiento y la producción.

$$5,25 \text{ -----} > 100\%$$

$$X \text{ -----} > 10\%$$

Donde: $X = 0,525$

$$6,3 - 5,25 = 1,05$$

$$5,25 \text{ ----} > 100\%$$

$$1,05 \text{ ----} > Y$$

Donde: $Y = 20\%$

Contrastación de hipótesis

Planteamiento de la hipótesis estadística

H₀: Hipótesis nula

H₁: Hipótesis alterna



H0: La implementación de una ventana no mejora más del 10% en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra

H1: La implementación de una ventana si mejora más del 10 % en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad minera Chaparra.

Nivel de significancia

Alpha =5% = 0,05

95% intervalo de confianza

Prueba estadística

La prueba “t” de student

Criterio de decisión

Si (p-value) < Alpha => rechaza la H₀

Si (p-value) > Alpha => se acepta la H₀

Tabla 9.

Prueba “t” para la igualdad de medias de carguío y acarreo

Parámetros	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Ciclo de acarreo	85,944	130,967	0,000	8,53029	0,09925
Rendimiento	-87,819	134,856	0,000	-1,05214	0,01198
Producción	-87,479	135,421	0,000	-2,95271	0,03375



a) Conclusión estadística

Se observa que el p-valor es igual a 0,00 siendo $<$ a 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), esto quiere decir que la implementación de una ventana si mejora en un rango mayor al 10 % en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad minera Chaparra, así mismo son positivos los resultados en el ciclo de acarreo y producción.

4.2. DISCUSIÓN

De acuerdo con Vargas (2019), los efectos de los tiempos muertos se logra identificar en la presencia de colas en los equipos de transporte, significando una disminución en su productividad y rendimiento. Así mismo en los resultados del primer objetivo específico se logra identificar los tiempos muertos o tiempos de espera en 10 viajes son 15 minutos y los tiempos de llenado de carros mineros son 15,4 minutos donde la diferencia es 0,4 minutos.

Según Gates & Mamani (2018), consideran que es necesario detectar las reglas de negocio como el del cumplimiento de la ruta impactan directamente en el resultado final del transporte de la empresa. De la misma manera los resultados del segundo objetivo específico muestran impactos en la cantidad de viajes que fue igual a 12, otro impacto en el tiempo del ciclo de acarreo y finalmente el impacto en el rendimiento igual a 75,40 m^3 /turno, así mismo incrementó en la producción a 211,12 TM/turno.

Cabe resaltar que Gaimes (2019), optimiza el trabajo de las 5,5 horas efectivas de trabajo a 6,9 horas efectivas disminuyendo los tiempos innecesarios los cuales incrementan una eficiencia de trabajo de 69% a 86.5%. de forma similar Nieto (2010), da a conocer que para reducir los costos de una empresa se trata de reducir el tiempo de ocio de las máquinas y equipos, verificando realmente los procesos de producción o factores



que se vean afectados para mejorar la eficiencia de la empresa. En cambio, en los resultados de la investigación general muestran una mejora en el rendimiento de carguío y acarreo de $5,25 \text{ m}^3/\text{h}$ a $6,3 \text{ m}^3/\text{h}$ de la misma forma la producción se mejoró de $14,71 \text{ TM/h}$ a $17,66 \text{ TM/h}$ y existe una reducción en el tiempo de acarreo de $51,03 \text{ min}$ a $42,5 \text{ min}$.



V. CONCLUSIONES

Para concluir de manera general se logró determinar el porcentaje de mejora de la implementación de una ventana en el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 en la Unidad Minera Chaparra, el rendimiento de carguío y acarreo antes de implementar la ventana a sido en promedio $5,25 \text{ m}^3/\text{h}$ y el nuevo rendimiento de carguío y acarreo es de $6,3 \text{ m}^3/\text{h}$ donde la diferencia es de $1,05 \text{ m}^3/\text{h}$ mayor al 10% de mejora.

Por otra parte, respecto al primer objetivo específico se analizó el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 antes de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra, donde se puede evidenciar el valor máximo igual a $5,36 \text{ m}^3/\text{h}$ y el valor mínimo es $5,21 \text{ m}^3/\text{h}$, esto quiere decir que en un turno se acarrea $147,83 \text{ TM}$ y $52,80 \text{ m}^3$.

Del mismo modo se logra analizar el rendimiento de carguío y acarreo con locomotora y carros mineros U35 después de la implementación de una ventana en la Unidad Minera Chaparra, se evidencia como primera diferencia en la cantidad de viajes igual a 12, segunda diferencia reducción en el tiempo de ciclo de acarreo, tercera diferencia incremento en el acarreo igual a $75,40 \text{ m}^3/\text{turno}$, así mismo el incremento en la producción igual a $211,12 \text{ TM/turno}$.



VI. RECOMENDACIONES

De manera general es necesario observar el proceso de las operaciones mineras, calcular los rendimientos y comparar respecto a los costos operativos, con la finalidad de mejorar y/u optimizar para así tener mejores resultados en las operaciones mineras.

Tener el estudio de tiempos en toda actividad para así calcular y analizar los rendimientos de los equipos, plantear planes y propuestas de mejora en toda actividad donde se reduzca el costo de las operaciones sin afectar la productividad y el rendimiento de los equipos y trabajadores.

Hacer seguimiento a todo cambio que se realiza en las operaciones mineras con los pasos de la mejora continua, planificar, hacer, verificar y actuar, debido a que las operaciones en mina son dinámicas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atapoma, J. M. (2019). *Optimización de las operaciones unitarias de carguio y acarreo en la mina de Tajo Norte de Sociedad minera el Brocal, implementando el sistema de despacho Mine Sense* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1498>
- Barzola-Ceras, R. J. (2018). *Influencia del diseño del pique inclinado en 30° en la profundización Veta Julie 2 en la CIA. Minera Poderosa S.A. Peru: Universidad Continental (Vol. 110)* <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4993>
- Gaimes-Sivana, D. A. (2019). *Optimización del ciclo de minado para incrementar la productividad diaria en la cooperativa Minera Limitada Ltda.* [Universidad Tecnología del Perú]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/95/1/T026_43819957_T.pdf
- Gates-Fernández, R. G., & Mamani-Quispe, R. M. (2018). *Optimización del proceso de carguío de minerales en mina de tajo abierto* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625265>
- Huarocc Ccanto, P. M. (2014). *Optimizacion del carguio Y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.* [Universidad nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1337/“OPTIMIZACION DEL CARGUIO Y ACARREO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Martínez-Aguilar, E. E. (2019). *Mejoramiento de producción del carguío y transporte mediante la teoría de colas en Compañía Minera Los Andes Perú Gold SAC*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4941>
- Nieto-Cisneros, V. R. (2010). *Análisis de costos comparativo en labores de preparación para la explotación convencional y semi - mecanizada de la Unidad Minera torrecillas - Cia minera mundo minerales - Arequipa*. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Sehulsoe, T. C., & Musingnini, C. (2017). Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 117(2), 199–206.
<https://doi.org/10.17159/2411-9717/2017A/117rt2a11>
- Vargas-Flores, K. (2019). *Mejoramiento del sistema de carguio y transporte del mineral marginal en la cancha N°35 – planta pre concentradora, Unidad Minera San Rafael – Melgar Puno*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Zaga-Gómez, J. C. (2011). *Rendimientos en la asignación de locomotoras para el transporte en la U.E.A. Antapite - Cia. de minas Buenaventura S.A.A.* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga].
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2147>



ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de rendimiento antes de la implementación de la ventana.

N de viajes	T-ciclo	U-35	Q	D	δ	E	Eficiencia	R	P
	min	Und.	m3	m	mineral		%	m3/h	TM/h
1	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
2	50,05	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,36	15,00
3	50,16	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,34	14,97
4	51,06	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,25	14,70
5	51,44	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,59
6	50,96	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,26	14,73
7	50,55	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,85
8	51,43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,60
9	50,77	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,28	14,79
10	50,78	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,28	14,78
11	52,2	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,14	14,38
12	50,50	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,31	14,86
13	51,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,25	14,69
14	51,25	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,23	14,65
15	51,4	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,22	14,60
16	51,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,20	14,55
17	50,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,31	14,86
18	50,4	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,32	14,89
19	51	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,26	14,72
20	51,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,18	14,49
21	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
22	50,7	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,29	14,81
23	51,2	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,24	14,66
24	51,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,58
25	50,85	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,27	14,76
26	50,35	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,32	14,91
27	52,2	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,14	14,38
28	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
29	50,54	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,85
30	50,25	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,34	14,94
31	51,3	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,23	14,63
32	51,45	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,59
33	52	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,16	14,44
34	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
35	50,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,28	14,78
36	50,3	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,33	14,92
37	51,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,58
38	52,4	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,12	14,33



39	52	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,8	5,16	14,44
40	51,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,25	14,69
41	50,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,31	14,86
42	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
43	51	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,26	14,72
44	51,4	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,22	14,60
45	52	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,16	14,44
46	52,3	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,13	14,35
47	49,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,38	15,07
48	50	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,36	15,01
49	50,4	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,32	14,89
50	50,7	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,29	14,81
51	51,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,58
52	50,85	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,27	14,76
53	50,35	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,32	14,91
54	52,2	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,14	14,38
55	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
56	50,54	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,85
57	50,25	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,34	14,94
58	51,3	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,23	14,63
59	51,45	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,59
60	52	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,16	14,44
61	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
62	50,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,28	14,78
63	50,3	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,33	14,92
64	51,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,21	14,58
65	52,4	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,12	14,33
66	52	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,16	14,44
67	51,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,25	14,69
68	50,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,31	14,86
69	50,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,30	14,83
70	51	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	5,26	14,72



Anexo 2. Cálculo de rendimiento después de la implementación de la ventana.

N° de viajes	T-ciclo	U-35	Q	d	δ	E	Eficiencia	R	P
	min.	und.	m3	m	mineral		%	m3/h	TM/h
1	42,7	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,28	17,58
2	41,9	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,40	17,92
3	42,14	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,36	17,81
4	42,68	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,28	17,59
5	43,14	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,21	17,40
6	43,06	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,43
7	42,42	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,32	17,70
8	43,39	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,18	17,30
9	42,44	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,32	17,69
10	42,63	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,61
11	43,28	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,19	17,34
12	42,28	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,34	17,75
13	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
14	42,65	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,60
15	43,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,12	17,14
16	42,2	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,35	17,79
17	42,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,62
18	43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,46
19	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
20	41,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,41	17,96
21	41,35	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,48	18,15
22	43,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,22	17,42
23	42,55	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,30	17,64
24	41,7	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,43	18,00
25	43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,46
26	43,05	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,44
27	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
28	42,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,37	17,83
29	41,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,41	17,96
30	42	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,38	17,87
31	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
32	42,65	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,60
33	43,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,12	17,14
34	42,2	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,35	17,79
35	42,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,62
36	43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,46
37	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
38	41,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,41	17,96
39	43,05	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,44
40	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
41	42,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,37	17,83



42	41,7	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,43	18,00
43	43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,46
44	43,05	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,44
45	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
46	42,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,37	17,83
47	41,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,41	17,96
48	42	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,38	17,87
49	43,05	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,44
50	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
51	42,1	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,37	17,83
52	41,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,41	17,96
53	42	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,38	17,87
54	42,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,62
55	42,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,26	17,54
56	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
57	42,2	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,35	17,79
58	42,6	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,29	17,62
59	43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,46
60	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
61	41,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,41	17,96
62	42,55	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,30	17,64
63	41,7	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,43	18,00
64	43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,46
65	43,05	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,44
66	43,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
67	43	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,23	17,46
68	42,5	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,31	17,66
69	41,8	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,41	17,96
70	42,55	6	0,99	1870	2,8	1,13	0,85	6,30	17,64

Anexo 3. Plano de la Ventana de la Unidad Minera Chaparra

