

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACION DE RENDIMIENTOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO PARA EL MOVIMIENTO DE MINERAL EN UNA EMPRESA MINERIA DE CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Requelmer Burga Gallardo

Asesor:

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

<https://orcid.org/0000-0003-4920-2204>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Daniel Alejandro Alva Huamán	43006890
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Rafael Napoleón Ocas Boñón	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Al culminar con una etapa de mi vida quiero agradecer primero a Dios, que día a día me guía, mi Padre, que hace poco tuvo que partir para guiarme desde el cielo, mi Madre, Hermanos y a mi hijo Sebastián, que como en todos mis logros siempre está presente, Gracias a ustedes por demostrarme que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere.

Requelmer Burga.

AGRADECIMIENTO

Quiero manifestar mi agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas por su dedicación y aportes en mi formación profesional, a mis amigos y compañeros de labores que, con su colaboración, información y nuestras vivencias de campo como equipo de trabajo han contribuido en la consolidación del conocimiento y experiencia en mi vida profesional.

Requelmer Burga.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	9
1.3. Objetivos	9
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO III: RESULTADOS	22
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	27
REFERENCIAS	30
ANEXOS	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores que afectan el rendimiento.....	22
Tabla 2. Disponibilidad y utilización mecánica.....	23
Tabla 3. Distancias recorridas.....	24
Tabla 4. Rendimiento diario de carguío.....	25
Tabla 5. Rendimiento diario de acarreo.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ficha para cálculo de distancias ponderadas.....20

Figura 2: Ficha de campo del controlador.....20

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado Evaluación de rendimientos para incrementar la productividad en equipos de carguío y acarreo para el movimiento de mineral en una empresa minera de Cajamarca 2022. Investigación que tubo como objetivo principal el Realizar la evaluacion de rendimientos para incrementar la productividad en equipos de carguio y acarreo para el movimiento de mineral en una empresa mineria de cajamarca 2022.

Entre los resultados se lograron identificar los factores que afectan el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en el cual la principal razón es la voladura, 74.6%, esto debido a que las empresas encargadas de la perforación y del disparo prohíben el ingreso a esta zona, reduciendo así el área de trabajo y la libre circulación de los equipos, asimismo se calculo la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo con la finalidad que la operación tenga cada vez más tiempo el equipo disponible y que éste pueda realizar su función en la operación, teniendo una disponibilidad del 90%, referente al carguío y del 87%, al acarreo, finalmente se realizar la evaluación de rendimientos de los equipos de carguío y acarreo para el carguío tiene un rendimiento promedio de 187.94 m³/hora de horas efectivas y 143.19 m³/hora con horas totales y una distancia promedio de acarreo de 2.31 Km. lo que permitió mayores velocidades en el transporte del material y por ende mejor productividad.

PALABRAS CLAVES: Rendimientos, productividad, carguío, acarreo, mineral.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Cuando se refiere al rendimiento de equipos en el carguío y acarreo se presentan constantes problemas que generar pérdidas económicas altas ya que se lleva un inadecuado control de las flotas; por ello, realizar la evaluación de estos equipos es de vital importancia debido a que se podrán eliminar tiempos muertos, baja utilización del equipo y demoras, con la finalidad de disminuir los costos generados en esta área (Castillo, 2016).

En minas a cielo abierto, el proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno y con maquinaria pesada de gran tamaño. En el caso del carguío, existen 2 tipos de equipos: estáticos, que utilizan como medio de tracción orugas y permanecen en un mismo sitio por largos periodos de tiempo; y movimiento, que posee ruedas para su traslación y realiza varios movimientos para llenar el equipo de acarreo. Ya para el caso del acarreo mineral, es muy variado ya que depende de las distancias, el tipo de material, entre otros (Izan, s.f.). Además, Smith, J. (s.f.) menciona que los equipos de carguío y acarreo tienen rangos en la producción que varían de acuerdo a la configuración de la cuchara, el tamaño del área de descarga, las habilidades del operador y las condiciones del área de carga.

Los rubros con mayor demanda en minería a cielo abierto son el carguío y acarreo, por ello la falta de conocimiento en el rendimiento de los equipos utilizados trae consigo el no poder realizar propuestas reales para proyectos mineros, y no cumplir con lo programado en la ejecución del proyecto.

Tal es el caso de Pizán, C. (2013) que evalúa los rendimientos reales en los equipos de carguío y acarreo, realizando una comparación entre estos y los rendimientos reales. Se ayuda de diferentes factores como son: zona de trabajo bastante reducida, camino con poca accesibilidad, demora al momento de la voladura, antigüedad de las máquinas, fallas mecánicas, indisponibilidad de los equipos.

En la tesis denominada “Mejoramiento de producción del carguío y transporte mediante la teoría de colas en la compañía minera Los Andes Perú Gold SAC”. (3) La tesis tiene como objetivo general mejorar la producción del carguío y transporte por el empleo de la Teoría de Colas en “minera Los Andes Perú Gold SAC” para el 2018. Esta prospección se realizó en minera Los Andes Perú Gold SAC, en el proyecto “El Toro”, que está ubicado en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, y fue realizado durante el año 2018. El Toro es un yacimiento aurífero que tiene leyes que están por encima de los 1 g/Tm. La explotación del mineral diseminado es a cielo abierto donde se extrae el mineral mediante las operaciones de perforación y voladura. El mineral fragmentado se carga a los volquetes volvo FMX 440 de 20 m³ de capacidad de tolva mediante cuatro excavadoras 336DL CAT y son llevados a la zona de lixiviación para la recuperación del oro, la distancia 24 promedio del recorrido es aproximadamente 2560 m. Al aplicar la Teoría de Colas en sus operaciones unitarias de carguío y transporte se pudo incrementar en 9% (326 m³ /h – 356 m³ /h) la producción de los equipos de carguío. 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 entidad minera.

En la tesis denominada “Control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristóbal – Volcan compañía minera S. A. A.” (5) Se ha elaborado con el siguiente objetivo de subvencionar a la mejora de la productividad de la entidad minera en las labores de profundización de los 25 niveles 1220, 1270 y 1320. Busca encontrar los diversos factores que afectan el incumplimiento de la producción programada (3000 Tm / día) y más de las labores que se han profundizado en los niveles 1270 y 1320 de las rampas principales -616, 1220_2 y 1220_1 incrementando las distancias e incumpliendo la producción de la zona 3 de la ECM AESA. El sistema de carguío y transporte de la zona 3 y de la ECM AESA verifica que los equipos de carguío LHD (scoop) de 6 yd³ y equipos de acarreo (volquetes) de 25 Tm y 30 Tm que para lo cual se tienen ubicados 10 cámaras de carguío ubicadas de acuerdo a la geometría del yacimiento, al final de cada ciclo el camión debe transportar dicho mineral al nivel 780 donde se ubican 2 parrillas (chute 780 y chute 960) y a superficie a cancha 600 que en total por día se debe transportar 1650 Tm que representa a zona 3 y a la ECM AESA para ser tratado dicho mineral en la planta concentradora de Victoria.

Soto y Tarazona, (2016). Presentaron su Tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, titulada: “Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial”, a la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. El objetivo de esta tesis fue diseñar, validar e implementar una aplicación para la simulación del proceso de acarreo, y un método de control para mantener el ritmo de operaciones. Esta investigación fue de tipo experimental. Se concluyó que en base a las condiciones de operación se determinó un factor de corrección de 90%. La estimación del tiempo de ciclo con el simulador “FPM” haciendo uso del factor de corrección es de 0% y con el simulador “FPC” de 11%. De acuerdo a los datos obtenidos, se demostró que se puede realizar un sacrificio de pase a partir de una carga acumulada de 90 toneladas, el cargar un tonelaje menor no sería económicamente rentable. El mejorar las condiciones de las vías permite ciclos más fluidos, velocidades óptimas, ciclos de carguío más rápidos, mayor duración de componentes del camión. El incremento de cada 1% de resistencia a la rodadura conlleva a un aumento de 7% de tiempo en el ciclo de acarreo, por consiguiente, un incremento en el costo por tonelada transportada.

Riveros, (2016). Presentó su Tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, titulada: “Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016” a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú. El objetivo fue aumentar la productividad de los volquetes en Arcata. Se utilizó la metodología descriptiva tomando como muestra 15 volquetes mineros. Se concluyó que, con la determinación de los ciclos totales de

acarreo y transporte minero subterráneo con 14 volquetes, se pudo calcular la productividad horaria real en la Unidad Operativa de Arcata, siendo esta 10.156 TM/h como promedio y equivalente al 77.9 % de la productividad máxima siendo esta 13.038 TM/h como promedio. Los factores que influyen en el cálculo de la productividad son el tiempo, la eficiencia relacionada al equipo y al personal, además del material a transportar. Con la determinación de la productividad horaria real, se pudo establecer las tarifas unitarias por cada zona de trabajo, las cuales permitan generar un incremento en la facturación de 34.63 % que representa la suma de US\$ 126314.81 hasta fin de año. El cálculo de la productividad horaria real indica que esta constituye el 77.90 % de la producción óptima posible, debido a lo dilatado del tiempo de carguío en los ore pass.

Malpica, (2014). Presentaron su Tesis para obtener el grado de Ingenieros de Minas, titulada: “Evaluación de Rendimientos de Equipos en las Operaciones de Movimiento de Tierras en el Minado Cerro Negro Yanacocha – Cajamarca” a la Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú. El objetivo de esta tesis fue evaluar los rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado Cerro Negro Yanacocha. La metodología ha sido de tipo descriptiva; debido a que se está conociendo las diferentes características a través de una descripción exacta de las actividades que han realizado la maquinaria pesada utilizada. Se concluyó que los rendimientos reales alcanzados en la ejecución, son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación, para las actividades de carguío, empuje, acarreo, corte y nivelación. En la presente investigación se logró

determinar los rendimientos alcanzados por los diferentes equipos analizados. El rendimiento real de los equipos es: Excavadora: 81.17 m³ /hr Tractor: 163.93 m³ /hr Cargador Frontal: 67.91 m³ /hr Volquete: 47.18 m³ /hr Motoniveladora: 0.21 Ha/hr. Se determinó el tiempo de duración de los ciclos de los equipos, siendo los siguientes: Excavadora: 0.33 segundo/ciclo Tractor: 2.5 minutos/ciclo Cargador Frontal: 2.10 minutos/ciclo Volquete: 15.83 minutos/ciclo Motoniveladora: 3.49 horas/ciclo.

Carguío y descarga de mineral. Definición Consiste en la carga de material (mineral o estéril) del material fragmentado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia. Esta etapa del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío (a frentes de carga, posición de 26 equipos de carguío y nivel de pisos) y el destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente. (Manzaneda, 2015)

Factores que afectan la productividad y costo en un sistema de carguío y acarreo La eficiencia y el costo de efectivo de estos sistemas son sensibles a diversos elementos o factores. Éstos factores deben ser comprendidos a cabalidad por los planificadores de mina, porque cada uno de ellos afecta los costos en un mayor o menor grado. La inadecuada combinación de varios factores, aunque ello parezca insignificante, puede resultar costosa en un sistema de transporte y carguío. Los factores son los siguientes (Requejo, 2016)

Equipos de carguío y descarga Si se desea reducir el costo por m³ o tonelada movida, debemos obtener del equipo de transporte la más alta capacidad de producción. El tiempo de parada, como sucede durante la carga debe mantenerse en el mínimo posible. Como norma general y práctica, se considerará una buena relación cuando se utilicen entre 3 y 6 cucharas de la unidad de carga para llenar el equipo de transporte. Cuanto menor sea el número de cubas y su ciclo, menor es el tiempo de parada de la unidad de transporte, siempre y cuando tengamos en cuenta que (Huaroc, 2014)

Definición de términos básicos.

Acarreo o transporte: Transporte de materiales a diferentes distancias en el área de la obra. (Marín, 2015)

Carguío: Constituye una de las etapas que forma parte del proceso de explotación a rajo abierto. Se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento. Ésta se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para la actividad. (Berrocal, 2014)

Control de equipos: Conjunto de técnicas destinadas a regular los equipos y/o maquinarias diversas. (Barreto, 2017)

Descarga: Acción de sacar los materiales transportadas en algún vehículo para entregárselas a su destinatario o almacenarlas en un depósito. (Checya, 2015)

Horas efectivas: Horas reales de trabajo sin tomar en cuenta paradas o demoras ajenas a la labor asignada. (Lagos, 2013)

Minería a cielo abierto (tajo abierto): Actividad de extracción de minerales de las minas con métodos superficiales y con ventilación natural. (Berrocal, 2014)

Minería a cielo abierto (tajo abierto): Actividad de extracción de minerales de las minas con métodos superficiales y con ventilación natural. (Berrocal, 2014)

Tiempos muertos: Tiempo muerto en general es aquel en el que una máquina o equipo no es productivo. (Marín, 2015)

El desarrollo de la tesis se justifica debido a que es un precedente para trabajos de investigación futuros, ya que la evaluación de rendimientos permitirá incrementar la productividad en equipos de carguío y acarreo para el movimiento de mineral en una empresa minera de Cajamarca 2022.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo realizar la evaluación de rendimientos para incrementar la productividad en equipos de carguío y acarreo para el movimiento de mineral en una empresa minera de cajamarca 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Realizar la evaluación de rendimientos para incrementar la productividad en equipos de carguío y acarreo para el movimiento de mineral en una empresa minera de cajamarca 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los factores que afectan el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.
- ✓ Calcular la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo.
- ✓ Realizar la evaluación de rendimientos de los equipos de carguío y acarreo

1.4. Hipótesis

Mediante la evaluación de rendimientos se lograra incrementar la productividad en los equipos de carguío y acarreo para el movimiento de mineral en una empresa minera de Cajamarca 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo Aplicada, Llerena (2019) señala que la investigación Aplicada consiste en mantener conocimientos y realizarlos en la práctica además de mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a posibles aspectos de mejora en situación de la vida cotidiana. En la investigación aplicada, el investigador busca resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. Así mismo, No experimental con diseño descriptivo longitudinal, ya que no se realizará la modificación de ninguna de las variables y solo se evaluará el rendimiento de los equipos de acarreo y el incremento de la productividad en el movimiento de mineral, se considera longitudinal ya que se ha considerado los reportes de productividad y rendimientos de equipos de carguío y acarreo del año en curso.

Participantes

Población: La muestra considerada para la presente investigación son todos los equipos de carguío y acarreo utilizados para movimientos de mineral en una empresa minería de Cajamarca 2022.

Muestra: Se consideran los equipos 2 excavadora CAT 330D L y 2 volquetes 17m³ marca SCANIA utilizados para movimientos de mineral en la empresa minería de Cajamarca 2022.

Técnicas en Instrumentos de recolección de datos:

La técnica empleada para la recolección de información es la observación directa en campo, debido a que se tomará datos in situ del tiempo de ciclo que las maquinarias realizan, también se hará una observación de los equipos que puedan presentar fallos y por ende retrase la producción.

Así mismo, al utilizar el Sistema DISPATCH se podrá conocer la efectividad del trabajo y llevar un control sobre los costos operativos.

Instrumento de recolección de datos:

Fichas de registro.

Cuaderno de notas.

Registro fotográfico.

Procedimiento de recolección de datos.

Para lograr que el trabajo cumpla con los tiempos establecidos y de manera correcta, se programaron las siguientes etapas.

Trabajo de gabinete preexperimentación.

En esta etapa se realiza la búsqueda Bibliográfica consiste en realizar una investigación documental para profundizar en el enfoque teórico de nuestras variables, para ello se hará una revisión en prestigiosas revistas a nivel mundial como Redalyc y Google Académico considerando que las investigaciones encontradas estén relacionadas directamente con nuestras variables y que hayan sido publicadas en los últimos diez años.

Trabajo de gabinete: El controlador anotará las horas efectivas trabajadas in situ, los tiempos trabajados (como horas disponibles no trabajadas u horas no disponibles), según sea el motivo por lo que el equipo dejó de trabajar; todo este trabajo se realiza para cada máquina (Ver figura 1).

Los aspectos éticos que se han considerado reafirman que toda la información proporcionada por la empresa será estrictamente utilizada en el desarrollo de la investigación y no con otros fines que afecten los intereses de la organización. Debido a la alta confidencialidad de los datos, algunos códigos y parámetros han sido modificados. Al desarrollar esta tesis se respetó los derechos de propiedad los autores según las normas establecidas por la Universidad Privada del Norte (APA séptima edición).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Identificar los factores que afectan el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.

En la siguiente tabla se puede apreciar los factores que afectan en el rendimiento de equipos de carguío y acarreo para el movimiento de mineral en una empresa minera.

Tabla 1.

Factores que afectan el rendimiento.

		Horas	Porcentaje
	Horas efectivas	30 208.13	74.6%
Horas disponibles no trabajadas (12.6%)	Voladura	1 715.21	4.2%
	Charlas	902.68	2.2%
	Mal clima	137.66	0.3%
	Sin frente	1 514.65	3.7%
	Movilización	129.84	0.3%
	Interferencia de vías	705.32	1.7%
Horas no disponibles (12.8%)	Eq. No disponible	802.30	2.0%
	Flota incompleta	2 641.97	6.5%
	Falla mecánica	851.95	2.1%
	Abst. Combustible	838.81	2.1%
	Sin operador	40.80	0.1%
	Horas totales	40 489.33	100.0%

3.2. Calcular la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo.

En la siguiente tabla se detalla la disponibilidad y utilización de los equipos de carguío y acarreo.

Tabla 2.

Disponibilidad y utilización mecánica.

SEM	HORAS NO TRABAJADAS EN CARGUÍO			HORAS NO TRABAJADAS EN ACARREO		
	HE	HDNT	HND	HE	HDNT	HND
1	21.17	10.00	14.50	138.52	72.21	111.45
2	158.98	19.28	26.30	1421.66	250.42	196.58
3	220.49	15.31	27.00	2125.90	249.45	334.89
4	162.99	28.34	17.75	1804.67	471.91	320.70
5	164.16	22.49	18.49	1651.33	285.86	211.58
6	55.83	25.83	9.50	561.83	229.74	147.50
7	178.16	19.83	19.25	1930.67	246.50	442.65
8	215.84	24.33	29.17	2136.37	323.89	349.33
9	195.50	27.83	16.33	2136.83	423.81	254.85
10	209.83	21.00	25.01	2364.67	293.54	414.47
11	244.83	21.00	25.16	2483.83	264.51	484.84
12	224.67	13.17	29.66	2432.17	203.04	332.15
13	226.00	29.17	37.01	2356.00	399.83	538.31
14	159.33	21.17	16.00	1542.50	331.17	174.34
15	78.67	13.33	8.00	778.33	159.50	93.83
TOTAL	2516.45	312.08	319.12	25865.27	4205.37	4407.49
	DISPONIBILIDAD		90%		87%	
	UTILIZACIÓN		89%		86%	

De

los resultado según los factores que afectan el rendimiento de los equipos son el tiempo de para de los equipos de carguío, donde la principal razón es la voladura, 74.6%, esto debido a que las empresas encargadas de la perforación y del disparo prohíben el ingreso a esta zona, reduciendo así el área de trabajo y la libre circulación de los equipos y ya los siguientes factores tienen bajo impacto en las horas efectivas; el siguiente factor se detalla en la tabla 2, con lo que se identificaron los tiempos no trabajados y los disponibles no trabajados, de acuerdo a diferentes factores y conociendo el equipo en uso y la actividad que le

corresponde; por último tenemos a la disponibilidad mecánica con la finalidad que la operación tenga cada vez más tiempo el equipo disponible y que éste pueda realizar su función en la operación, teniendo una disponibilidad del 90%, referente al carguío y del 87%, al acarreo.

De igual forma se detalla las distancias recorridas por los equipos de carguío y acarreo.

Tabla 3.

Distancias recorridas.

FECHA	ZONA DE DESCARGA	DISTANCIA	FECHA	ZONA DE DESCARGA	DISTANCIA
1-Jul	Trinchera	4067.86	1-Ago	Trinchera	4057.86
2-Jul	Trinchera	4067.84	2-Ago	Trinchera	4057.76
3-Jul	Trinchera	4067.97	3-Ago	Trinchera	4087.47
4-Jul	Trinchera	3763.69	4-Ago	Trinchera	3773.92
7-Jul	Nikol	3841.38	7-Ago	Nikol	3841.83
7-Jul	Trinchera	3841.38	7-Ago	Trinchera	3841.83
8-Jul	Nikol	4141.00	8-Ago	Nikol	4144.00
8-Jul	Trinchera	3745.00	8-Ago	Trinchera	3746.00
9-Jul	Trinchera	3688.10	9-Ago	Trinchera	3679.80
10-Jul	Trinchera	3688.10	10-Ago	Trinchera	3698.60
11-Jul	Nikol	3623.30	11-Ago	Nikol	3627.60
11-Jul	Trinchera	3679.87	11-Ago	Trinchera	3678.76
12-Jul	Nikol	3679.87	12-Ago	Nikol	3678.76
12-Jul	Trinchera	3689.65	12-Ago	Trinchera	3678.67
14-Jul	Nikol	3689.65	14-Ago	Nikol	3678.67
14-Jul	Trinchera	3745.00	14-Ago	Trinchera	3785.00
15-Jul	Nikol	3592.67	15-Ago	Nikol	3582.78
16-Jul	Trinchera	3622.68	16-Ago	Trinchera	3582.78
17-Jul	Nikol	3622.68	17-Ago	Trinchera	3672.83
17-Jul	Trinchera	3619.64	17-Ago	Trinchera	3616.34
18-Jul	Nikol	3619.64	18-Ago	Trinchera	3616.34
18-Jul	Trinchera	3619.83	18-Ago	Nikol	3649.36
19-Jul	Nikol	3619.83	19-Ago	Trinchera	3649.36
19-Jul	Trinchera	3428.00	19-Ago	Trinchera	3467.00

3.3. Realizar la evaluación de rendimientos de los equipos de carguío y acarreo

Se realizo la evaluación de rendimientos para los equipos de carguío y acarreo los cuales se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 4.

Rendimiento diario de carguío.

FECHA	VOLÚMENES (m3)	HORAS DE CARGUÍO		RENDIMIENTO (m3/hora)		
	CARGUÍO	HORAS EFECTIVAS	HORAS TOTALES	CON HORAS EFECTIVAS	CON HORAS TOTALES	DIFERENCIA
1-Jul	1223.75	7.00	16.33	174.82	74.94	99.88
2-Jul	2178.05	14.17	29.34	153.71	74.23	79.47
3-Jul	4041.74	23.33	29.81	173.24	135.58	37.66
4-Jul	2425.04	14.16	19.99	171.26	121.31	49.95
7-Jul	4850.09	31.50	46.47	153.97	104.37	49.60
8-Jul	6466.79	41.99	51.81	154.01	124.82	29.19
9-Jul	8274.34	48.00	56.48	172.38	146.50	25.88
10-Jul	9329.68	50.16	56.65	186.00	164.69	21.31
11-Jul	10081.90	48.83	56.99	206.46	176.92	29.54
12-Jul	4165.24	19.50	21.67	213.60	192.24	21.36
14-Jul	7421.08	38.67	54.67	191.92	135.74	56.19
15-Jul	9655.27	48.00	55.16	201.15	175.04	26.11
16-Jul	3132.35	15.33	17.67	204.28	177.30	26.98
17-Jul	4838.86	23.33	32.67	207.38	148.13	59.25
18-Jul	7185.32	33.50	37.00	214.49	194.20	20.29
19-Jul	2514.00	11.33	17.34	221.90	145.03	76.87

Tabla 5.

Rendimiento diario de acarreo.

FECHA	DESMONTE			DIST. PONT. (km)	RENDIMIENTO (m ³ -km/hora)		
	VOLÚMENES (m ³)	HORAS EFECTIVAS	HORAS TOTALES		CON HORAS EFECTIVAS	CON HORAS TOTALES	DIFERENCIA
14-Ago	1281.12	41.00	72.00	1.80	54.68	31.14	23.54
2-Jul	1303.80	42.83	53.50	1.80	54.49	43.62	10.87
3-Jul	1847.99	61.50	83.00	1.80	53.79	39.85	13.94
4-Jul	952.34	38.50	191.17	1.90	46.26	9.32	36.94
1-Jul	10963.23	441.50	536.17	1.90	47.93	39.46	8.47
12-Ago	13015.30	504.67	623.65	2.00	51.84	41.95	9.89
13-Ago	10679.80	405.33	475.50	2.00	53.22	45.37	7.85
14-Ago	8264.94	399.67	509.49	2.20	45.08	35.36	9.72
15-Ago	3582.61	177.83	208.00	2.30	45.73	39.10	6.63
16-Ago	7641.39	353.04	558.49	2.30	50.00	31.63	18.37
17-Ago	8605.06	412.50	564.49	2.40	49.02	35.82	13.2
12-Jul	4455.59	177.50	241.18	2.50	62.75	46.19	16.56
11-Jul	7312.60	353.33	468.00	2.50	52.36	39.53	12.83
14-Jul	5033.79	233.33	307.99	2.60	55.88	42.33	13.55
2-Ago	12969.95	494.00	587.99	2.70	71.15	59.78	11.37
3-Ago	12380.40	550.17	667.83	2.80	62.33	51.35	10.98
4-Ago	9648.10	503.83	586.54	2.80	54.38	46.72	7.66
7-Ago	9625.42	416.00	505.87	2.90	66.17	54.42	11.75
1-Ago	7045.46	367.00	528.48	2.90	61.14	42.46	18.68

Los resultados del tiempo de ciclo de cada unidad se muestran en lo obtenido en el cálculo de las distancias recorridas, que fueron útiles para el cálculo de rendimientos en el acarreo (es necesario señalar que se ha calculado distancias ponderadas diarias y diferenciando el material mineral del desmonte); así como la toma de datos en la evaluación de rendimientos tanto de carguío como acarreo, teniendo un rendimiento promedio de 187.94 m³/hora de acuerdo a las horas efectivas y 143.19 m³/hora con horas totales respectivamente y tenemos que el acarreo promedio es de 2.31 Km; además, notamos que a mayor distancia de acarreo, la diferencia disminuye; esto debido a que a mayores distancias, los volquetes pueden tener mayor velocidad. Luego, notamos que los rendimientos en horas efectivas difieren de las horas totales, esto se manifiesta porque hubo tiempos no trabajados, siendo el factor principal tener una flota incompleta.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSION

Del estudio de Pizán, C. (2013) destaca la importancia de evaluar diferentes factores como son: zona de trabajo bastante reducida, camino con poca accesibilidad, demora al momento de la voladura, antigüedad de las máquinas, fallas mecánicas, indisponibilidad de los equipos para conocer los rendimientos reales por máquina. Frente a esto, se puede observar en los resultados, que se tomaron en cuenta los tiempos de para de los equipos, viéndose que la voladura es el factor más importante; también se realizó un cuadro resumen de los reportes del controlador, para conocer las horas efectivas; y la disponibilidad mecánica, donde se obtuvo el desempeño de los equipos, demostrando que el carguío tiene el mayor porcentaje de disponibilidad (90%), comparándolo con el acarreo (87%). Por otro lado, Rodríguez, F. (2019) con los datos de tiempos de ciclos y distancias calculó la cantidad necesaria de camiones y su relación con las palas, para evitar tiempos muertos en las actividades de carguío y acarreo. Demostrando que al conocer estos factores relacionados directamente a la máquina, las empresas podrán mejorar sus equipos y además los factores relacionado a errores humanos, la empresa minera desarrollará estrategias en beneficio a la producción.

En el caso que expusieron Soto, C. & Tarazona, N. (2016), sobresale la herramienta simuladora que se utilizó para estimar el tiempo de cada ciclo de acarreo, afirmando que al conocer el tiempo que se requiere en el ciclo total, se puede evaluar las rutas de acarreo. Por ello, se puede apreciar en los resultados el cálculo de las distancias ponderadas diarias de acuerdo al lugar donde se hizo la descarga del material minado; identificando que podría estar causando pérdidas de tiempo, al comparar los

resultados de los factores que afectan el rendimiento de equipos con el tiempo de ciclo de minado.

En el estudio que realizó Leyva, D. (2020) realizó el control de equipos implementando el Sistema DISPATCH, permitiéndole obtener no solo datos numéricos sino que también se indiquen las dificultades durante los procesos de carguío y acarreo. Frente a ello, se puede apreciar que a pesar de ser una herramienta de mucha ayuda, para este caso en particular, generó pérdidas en la producción. De forma similar, Checya, D. (2015) se enfocó en el control de operación y costos de equipo de movimientos de tierras utilizando el software KPI, utilizándolo para sintetizar la información sobre la eficacia y productividad con el fin de evaluar el rendimiento de la mina. Lográndose conocer la efectividad del trabajo y llevando un control sobre los costos, sin embargo, no fue una herramienta de mucha ayuda. En la presente investigación se lograron identificar los factores que afectan el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en el cual la principal razón es la voladura, 74.6%, esto debido a que las empresas encargadas de la perforación y del disparo prohíben el ingreso a esta zona, reduciendo así el área de trabajo y la libre circulación de los equipos. Se calculo la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo con la finalidad que la operación tenga cada vez más tiempo el equipo disponible y que éste pueda realizar su función en la operación, teniendo una disponibilidad del 90%, referente al carguío y del 87%, al acarreo. Finalmente se realizar la evaluación de rendimientos de los equipos de carguío y acarreo para el carguío tiene un rendimiento promedio de 187.94 m³/hora de horas efectivas y 143.19 m³/hora con horas totales y una distancia promedio de acarreo de 2.31 Km. lo que permitió mayores velocidades en el transporte del material y por ende mejor productividad.

4.2. CONCLUSIONES

- ✓ Se identificaron los factores que afectan el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo en el cual la principal razón es la voladura, 74.6%, esto debido a que las empresas encargadas de la perforación y del disparo prohíben el ingreso a esta zona, reduciendo así el área de trabajo y la libre circulación de los equipos.
- ✓ Se calculó la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo con la finalidad que la operación tenga cada vez más tiempo el equipo disponible y que éste pueda realizar su función en la operación, teniendo una disponibilidad del 90%, referente al carguío y del 87%, al acarreo.
- ✓ Finalmente se realizó la evaluación de rendimientos de los equipos de carguío y acarreo para el carguío tiene un rendimiento promedio de 187.94 m³/hora de horas efectivas y 143.19 m³/hora con horas totales y una distancia promedio de acarreo de 2.31 Km. lo que permitió mayores velocidades en el transporte del material y por ende mejor productividad.

REFERENCIAS

- Checya, D. (2015). *Gestión de la Operación de equipos de movimiento de tierras para mejorar el rendimiento de carguío y acarreo en la mina Antapaccay* (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Recuperado de: [B2-M-18330.pdf](#) (unsa.edu.pe)
- Izan, H. (s.f.). *Carguío y acarreo*. Recuperado de: [\(DOC\) CARGUIO Y ACARREO | Harold Izan - Academia.edu](#)
- Layva, D. (2020). *Implementación del sistema dispatch: control de equipos de carguío y acarreo en minería a cielo abierto para optimizar costos operativos en la compañía minera Shougang Hierro Perú S.A.A. Mina 5 - Marcona – Perú* (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Recuperado de: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4316>
- Pally, C. & Gilmar, G. (2017). *Determinación de la rentabilidad mediante la evaluación de costos unitarios e inversiones en la explotación aurífera de la empresa minera Cori Puno S.A.C.* (tesis para optar el título de ingeniero de minas). Universidad Nacional del Antiplano. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7286>
- Pizán, C. (2013). *Evaluación de rendimientos en el movimiento de tierras con maquinaria pesada para los minados Cerro Negro y Carachugo en Yanacocha - Cajamarca* (tesis para optar el título de ingeniero de minas).

Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de:

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/554>

Riveros, J. (2016). *Cálculo de la Productividad Máxima por Hora de los Volquetes en el Transporte Minero Subterráneo en la Unidad Minera Arcata 2016.*

Tesis para optar el título de ingeniero de minas. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe>

Rodríguez, F. (2019). *Gestión del transporte y acarreo de mineral y desmonte en Mina Cuajone de Southern Perú Copper Corporation* (tesis para optar el título de ingeniero de minas). *Universidad Nacional del Centro del Perú.*

Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4969>

Smith, J. (s.f.). *Acarreo y transporte.* Universidad Nacional del Antiplano.

Soto, C. & Tarazona, N. (2016). *Diseño, validación e implementación de una aplicación de acarreo en minería superficial* (tesis para optar el título de ingeniero de minas).

Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7151>

Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica.* *Revista Educación*, 33 (1), 155-165. Recuperado

de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=440/44015082010>

ANEXOS

Anexos 1. Instrumentos para la recolección de datos.

Tabla 6.

Ficha de disponibilidad mecánica

Equipo	Horas	Horas	Demoras	demoras	operativas	Demoras	Otras	Horas	U (%)
			mecánica	Demoras		fijas	demoras	trabajadas	

Tabla 7.

Ficha de toma de tiempos de transporte de mineral.

Detalle de tiempos	Calificación	Medición de tiempos de ciclo por viaje (Hr)					
		1	2	3	4	5	Prom.
Tiempo productivo	(T.P.)						
Fallas mecánicas	(F.M.)						
Demoras operativas	(D.O.)						
Demoras fijas	(D.F.)						
CICLO TOTAL							

Anexo 2. Ficha técnica excavadora 330 CAT

Especificaciones de la excavadora hidráulica 330 GC

Motor

Modelo de motor	Cat® C7.1	
Potencia neta - ISO 9249	150 kW	201 hp
Potencia del motor - ISO 14396	151 kW	202 hp
Calibre	105 mm	4 pulg
Recorrido	135 mm	5 pulg
Cilindrada	7,1 l	433 pulg ³
Capacidad biodiésel	Hasta B20 ⁽¹⁾	

- Cumple con las normas de emisiones Etapa V de la UE.
- Recomendada para su uso hasta 4.500 m (14.760 pies) de altitud con reducción de potencia del motor por encima de los 3.000 m (9.840 pies).
- La potencia neta se prueba según ISO 9249. Normas vigentes en el momento de la fabricación.
- La potencia neta anunciada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, sistema de admisión de aire, sistema de escape y alternador.
- Velocidad nominal a 2.200 rpm.

⁽¹⁾ Los motores Cat son compatibles con los siguientes biocombustibles* renovables, alternativos y con menor impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero:

- ✓ Hasta biodiésel B20 (FAME)**
- ✓ Hasta 100 % de combustibles renovables HVO y GTL

* Consulte las patatas para una aplicación exitosa. Consulte a su distribuidor Cat o "Recomendaciones de fluidos para máquinas Caterpillar" (SEBU6250) para obtener más detalles.

** Para el uso de mezclas más altas, consulte a su distribuidor Cat.

Mecanismo de giro

Velocidad de giro	11,50 rpm	
Par de giro	105 kN m	77.370 libras/ fuerza-pies

Pesos

Peso de funcionamiento	29.500 kg	65.000 lb
• Tren de rodaje largo, pluma de alcance, brazo R3.2 m (10'6"), cuchara HD 1,54 m ³ (2,01 yd ³) y zapatas de triple garra de 600 mm (24") y contrapeso de 6.700 kg (14.770 lb).		
Peso de funcionamiento	29.400 kg	64.800 lb
• Tren de rodaje largo estrecho, pluma de alcance, brazo R3.2 m (10'6"), cuchara HD 1,54 m ³ (2,01 yd ³) y zapatas de triple garra de 600 mm (24") y contrapeso de 6.700 kg (14.770 lb).		

Via

Ancho opcional de zapatas de cadena	600 mm	24 pulg
Ancho opcional de zapatas de cadena	700 mm	28 pulg
Ancho opcional de zapatas de cadena	800 mm	31 pulg
Número de zapatas (a cada lado)	50	
Número de rodillos de cadena (a cada lado)	9	
Número de rodillos superiores (a cada lado)	2	

Sistema hidráulico

Sistema principal - Flujo máximo - Implemento	560 l/min (280 × 2 bombas)	148 gal/min (74 × 2 bombas)
Presión máxima - Equipo	35.000 kPa	5.075 psi
Presión máxima - Desplazamiento	35.000 kPa	5.075 psi
Presión máxima - Giro	28.400 kPa	4.118 psi
Cilindro de la pluma - Calibre	140 mm	6 pulg
Cilindro de la pluma - Recorrido	1.407 mm	55 pulg
Cilindro del brazo - Calibre	150 mm	6 pulg
Cilindro del brazo - Recorrido	1.646 mm	65 pulg
Cilindro de cuchara - Calibre	135 mm	5 pulg
Cilindro de cuchara - Recorrido	1.156 mm	46 pulg

Capacidades de recarga de servicio

Capacidad del tanque de combustible	474 l	125,2 gal
Sistema de refrigeración	25 l	6,6 gal
Aceite de motor	25 l	6,6 gal
Motor de giro	10 l	2,6 gal
Motor final (cada uno)	5,5 l	1,5 gal
Sistema hidráulico (tanque incluido)	310 l	81,9 gal
Tanque hidráulico	147 l	38,8 gal
Tanque DEF	41 l	10,8 gal

Sistema de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado de esta máquina contiene gas refrigerante fluorado de efecto invernadero R134a (potencial de calentamiento global = 1.430). El sistema contiene 0,9 kg de refrigerante que tiene un equivalente de CO₂ de 1,287 toneladas métricas.

Estándares

Frenos	ISO 10265:2008
Cabina/ROPS	ISO 12117-2:2008
FOGS (opcional)	ISO 10262:1998 Nivel II

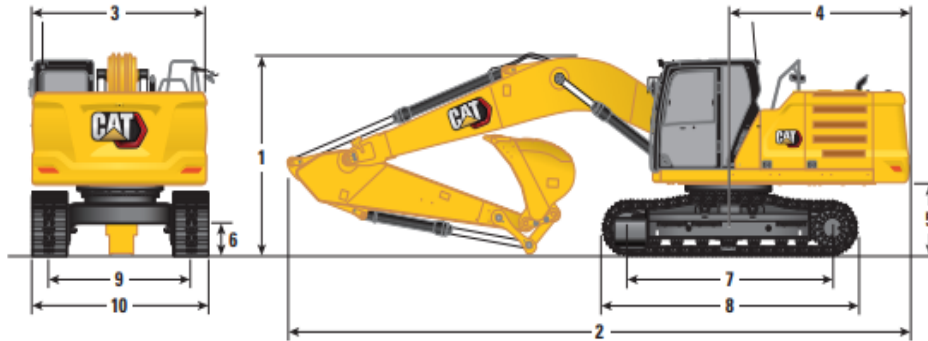
Rendimiento acústico

ISO 6395:2008 (externo)	103 dB(A)
ISO 6396:2008 (interior de cabina)	70 dB(A)

- Puede ser necesario el uso de protección auditiva cuando se opera una cabina desde un puesto abierto (cuando no se haya realizado un mantenimiento correcto o las puertas o ventanas se encuentren abiertas) durante periodos prolongados o en entornos ruidosos.

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas y pueden variar dependiendo de la selección de cuchara.



Opción de pluma	Alcance de la pluma 6,15 m (20'2")			
Opciones de brazo	Brazos de alcance			
	R3.2CB2 (10'6")		R2.65CB2 (8'8")	
1 Altura de la máquina:				
Altura de cabina	3.050 mm	10'0"	3.050 mm	10'0"
Altura FOGS	3.190 mm	10'5"	3.190 mm	10'5"
Altura de los pasamanos	3.050 mm	10'0"	3.050 mm	10'0"
Con pluma/brazo/cuchara instalados	3.400 mm	11'1"	3.450 mm	11'3"
Con pluma/brazo instalados	3.380 mm	11'1"	3.380 mm	11'1"
Con pluma instalada	3.050 mm	10'0"	3.050 mm	10'0"
2 Longitud de la máquina:				
Con pluma/brazo/cuchara instalados	10.420 mm	34'2"	10.420 mm	34'2"
Con pluma/brazo instalados	10.420 mm	34'2"	10.420 mm	34'2"
Con pluma instalada	9.230 mm	30'3"	9.230 mm	30'3"
3 Ancho del bastidor superior	2.940 mm	9'7"	2.940 mm	9'7"
4 Radio de giro de cola	3.130 mm	10'3"	3.130 mm	10'3"
5 Espacio de contrapeso	1.110 mm	3'7"	1.110 mm	3'7"
6 Distancia al suelo	490 mm	1'7"	490 mm	1'7"
7 Distancia entre los centros de los rodillos	3.990 mm	13'1"	3.990 mm	13'1"
8 Longitud de recorrido	4.860 mm	15'11"	4.860 mm	15'11"
9 Ancho de vía	2.590 mm	8'5"	2.590 mm	8'5"
10 Ancho del tren de rodaje:				
Zapatas de 600 mm (24")	3.190 mm	10'5"	3.190 mm	10'5"
Zapatas de 700 mm (28")	3.290 mm	10'9"	3.290 mm	10'9"
Zapatas de 800 mm (31")	3.390 mm	11'1"	3.390 mm	11'1"
Tipo de cuchara	HD		HD	

Anexo 3. Galeria fotografica.



