



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE ACARREO EN MINERÍA” UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autor:

Rosmel Ayay Chilon

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A mi padre a mi madre y a mi hermano que siempre me apoyaron incondicionalmente y por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

Rosmel

AGRADECIMIENTO

A Dios por estar conmigo en toda mi carrera universitaria. Por permitirme en tener y disfrutar de una familia maravillosa.

Agradezco al Ing. Daniel Alva, por brindarme el apoyo para sacar adelante este proyecto de investigación.

Rosmel

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	16
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	25
REFERENCIAS	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Detalle de las fuentes de información respecto al título, año de la publicación, título de la fuente, país, objetivo de la investigación.....	14
Tabla 2: Análisis de los hallazgos de investigación referenciando al rendimiento de equipos de acarreo en minería.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de la selección de los estudios.....	16
Figura 2: Año de la publicación de los estudios seleccionados.....	17
Figura 3: lugar de procedencia de los estudios seleccionados.....	18
Figura 4: Repositorio de Universidades de investigación.....	19
Figura 5: Análisis estadístico de los tipos de estudio.....	20
Figura 6: Enfoques metodológico de los estudios Analizados.....	21
Figura 7: Tipos de material de las fuentes Analizadas.....	22

RESUMEN

Para el presente proyecto de investigación se tiene como objetivo realizar el estudio de los rendimientos de equipos de acarreo en minería. Para el cual se realiza un análisis bibliométrico de algunas tesis, artículos y revistas de investigación para conocer la evolución y características de su producción científica. Se analizan 120 documentos publicados entre 2013 y 2018 a partir de indicadores como título, año de publicación, tipo de fuente, país donde tuvo lugar el estudio, objetivos de la investigación. La información se obtuvo de la versión electrónica de las revistas y para conseguir otros indicadores bibliométricos relacionados con las citas que recibe, autores más citados, índice de impacto, envejecimiento, así como especialidades y revistas de Scielo y Redalyc Google académico, Repositorios institucionales (UPN). En los resultados se observa información específica sobre su producción científica, y sus puntos positivos y negativos. Se discuten los aspectos más relevantes que hay que potenciar y otros que es necesario mejorar para que las revistas.

PALABRAS CLAVES: Rendimiento, equipos, acarreo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad con los nuevos avances tecnológicos que se vienen dando se han solucionado temas de rendimiento de maquinaria en minería, logrando reducir sus tiempos o incluso evitarlos, esto gracias a la aplicación de métodos modernos y tecnologías recientemente conocidas. En los equipos de carguío en minería se han aplicado procedimientos de predicción de fallas implementando planes de mantenimiento preventivo con el uso de tecnologías predictivas de fallas. Saavedra, J (2014)

En las grandes minas, la extracción de los minerales y material se realiza con el uso de las palas hidráulicas, las cuales con pocas lamponadas pueden llenar un camión gigante o de gran tonelaje, siendo por ello que las palas hidráulicas gigantes y camiones de acarreo son elementos de gran importancia ya que si estas se detuvieran por falla se paralizaría la extracción de material lo cual interrumpiría la producción afectando intereses económicos Rodríguez (2013)

El rendimiento de una maquinaria es el número de trabajo que realiza en la unidad de tiempo generalmente por hora. Esta unidad de trabajo o de obra está relacionada con el movimiento de tierra en m³ o tonelada no siendo estas las únicas Bello y Álvarez (2015)

Pizan, C (2013) Evaluación de rendimientos en el movimiento de Tierras con maquinaria pesada para los minados cerro negro y carachugo en yanacocha – Cajamarca

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

[Consultado: 27 de abril. de 2020]

Eficiencia en el campo de maquinaria por concepto es lo similar que la capacidad teórica, aunque es este casi es considerando las pérdidas de trabajo expresado en velocidad de producción generados por las vueltas en cabeceras, atascamientos, averías, superposición de trabajo, llenado de tolvas, patinamiento de las ruedas entre otras (Rodríguez 2017).

Malpica, C (2014) Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha– Cajamarca.

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6653>

[Consultado: 27 de abril. de 2020]

Rendimiento de maquinaria

El rendimiento de una maquinaria es el número de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente por hora. Esta unidad de trabajo o de obra está relacionada con el movimiento de tierra en m³ o tonelada no siendo estas las únicas (Bello y Álvarez 2015).

Eficiencia en el campo de maquinaria

Por concepto es lo similar que la capacidad teórica, aunque es este casi es considerando las pérdidas de trabajo expresado en velocidad de producción generados por las vueltas en cabeceras, atascamientos, averías, superposición de trabajo, llenado de tolvas, patinamiento de las ruedas entre otras (Rodríguez 2017).

De esta manera con anterioridad se formula la siguiente pregunta: ¿Cuál es el rendimiento de equipos de acarreo en minería? Para dar respuesta a ello se ha seleccionado una serie de papers en un periodo de tiempo determinado y así realizar una investigación profunda del tema.

Con estas revisiones sistemáticas se tienen como objetivo: Determinar el rendimiento de equipos de acarreo en minería.

Determinando los valores del rendimiento real en campo para luego poder ser comparados en el rendimiento estipulado por el fabricante obteniendo valores como el ciclo de acarreo, m^3 de material trasportado entre otros.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación teórica es del tipo revisión sistemática de la literatura científica, para ello se utilizaron las técnicas y herramientas para recopilar y analizar información que son propias de una revisión sistemática; la cual es de suma relevancia en la actualidad debido a su credibilidad en la búsqueda, recolección y análisis de las investigaciones tal como se hace mención al respecto: un método sistemático permite explicar, identificar, evaluar y resumir los más importantes avances o estados de arte de un trabajo realizado por investigadores, académicos y profesionales. (Fink, 2015).

2.2. Fundamentación de la Metodología

Según Herrera, J (2013). el presente trabajo se abordan los conceptos que guardan una estrecha relación con los paradigmas de investigación en ciencias sociales (cuantitativo, cualitativo o mixto), su oportunidad de elección en cada caso y los análisis realizados en relación con el tipo de metodología empleada. Además, se expone una justificación razonada de la elección de los instrumentos de recogida de datos usados en la investigación, fundamentalmente la entrevista y los sistemas de búsqueda de las bases de datos en las que se ha explorado y analizado la presencia en trabajos científicos de términos clave en la temática del proyecto realizado: multicultural, intercultural, diversidad, socialización, etc. Por último, se realiza una reflexión acerca de la importancia que actualmente tienen las bases de datos en la definición conceptual y empírica de los tópicos de investigación, particularmente aquí en el de la socialización y la multi e interculturalidad.

2.3. Proceso de recolección de información

Las descripciones de la base de datos consultados son:

Google Académico: Es un buscador orientado a la búsqueda de temas científico-académicas.

Redalyc: es un proyecto académico para la difusión en acceso abierto de la actividad científica editorial que se produce en y sobre Iberoamérica.

Repositorio institucional UPN: es una herramienta en la cual hay acceso a recursos de aprendizaje, investigación, memoria institucional generado por la comunidad académica UPN.

ScienceDirect: es un sitio web que proporciona acceso por una suscripción a una gran base de datos de investigación científica y médica, alberga más de 12 millones de contenidos de 3 500 revistas académicas y 34 mil libros electrónicos.

2.4. Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron artículos originales publicados en bases de datos científicos indexadas, en idioma inglés y español, entre los años 2013 al 2018 que describieran un enfoque y/o estrategias para el análisis de rendimientos de equipos de acarreo en minería. En cuanto a esta designación, para registrar los datos se utilizó un protocolo que permitió organizar la información de cada artículo. (Tabla 1). El procedimiento para procesar la información de los siguientes campos es: Título, año de publicación, tipo de fuente, país donde tuvo lugar el estudio, objetivos de la investigación.

Según Herrera, J (2013). Estos autores definen los siguientes tipos de metodologías: revisiones, estudios descriptivos e investigaciones experimentales, cuasiexperimentales y cualitativas.

Quedaron excluidos 19 de los 30 artículos y tesis revisados entre ellos porque no cumplían con las normas para poder artículo científico o también los artículos fueron sacados de páginas no confiables que son estrictamente académicas, de la misma manera se excluyeron a las que no cumplían con el esquema de artículo o revista científica, como también las que no aportaban información coherente, sencilla y puntual, ya que no servían para realizar la revisión sistemática y por último se excluyeron los artículos que no tenían que ver del todo con el tema de investigación.

Tabla 2:

detalle de las fuentes de información respecto al título, año de la publicación, título de la fuente, país, objetivo de la investigación

Titulo	Año	Título de la fuente	País	Objetivo de la investigación
Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha – Cajamarca	2018	Repositorio Institucional de la Universidad Privada de Norte	Perú	Evaluar los rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado Cerro Negro Yanacocha.
Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 01,03 y 07 del tajo constancia empresa especializada stracon gym s.a.	2017	Repositorio Institucional de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	Perú	Presentar la metodología usada para lograr que la disponibilidad de los equipos auxiliares optimice la productividad del carguío y acarreo en los tajos de la mina Constancia bajo condiciones severas de operación, tomando en cuenta los factores de seguridad.
Estudio sobre la productividad sobre los ciclos de carguío y acarreo define a la productividad	2017	Repositorio Institucional de la Universidad de Piura	Perú	Determinar la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción o también definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos
Estudio de cálculo de flota de camiones para una operación minera	2017	Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería	Perú	Realizar el cálculo correcto de la flota de camiones de acarreo.
Evalaucion de medidas para la ejecución de obras de movimiento de tierras, para la Construcción de carreteras, pistas, ferrovías, represas, vías urbanas, para la Fundación de edificios sector minero.	2016	Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Perú	Seleccionar los equipos adecuados para cada uno de los trabajos a realizar para cumplir con el plazo de ejecución establecido.

Evaluación del ciclo de Acarreo y Transporte en Mina Subterránea	2016	Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Centro del Perú	Perú	Determinar disponibilidad mecánica y eficiencia de trabajo
Indicadores clave de desempeño de equipo pesado para control de rendimiento y productividad.	2015	Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte	Perú	Determinar los indicadores de desempeño del equipo pesado
Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres	2015	Google académico	Ecuador	Realizar la propuesta efectiva en base a la disponibilidad de flota
Rendimiento de maquinaria	2014	Google académico	Santo Domingo	El rendimiento de una maquinaria es el número de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente por hora. (Bello y Álvarez 2015).
Eficiencia en el campo de maquinaria	2013	Google académico	México	Por concepto es lo similar que la capacidad teórica, aunque es este casi es considerando las pérdidas de trabajo expresado en velocidad de producción (Rodríguez 2017).
Capacidad efectiva real	2013	ScienceDirect	Chile	Es la capacidad calculada después que la maquinaria ha realizado la labor en campo. Esta toma la producción alcanzada y el tiempo que se requirió para obtener dicha producción.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Proceso de selección de estudios

Según la búsqueda de información en las diferentes bases de datos se encontró estudios como: actas, artículos, blogs, manuales, noticias, paper, proyecto de tesis, revistas, tesis (posgrado y pregrado) se identificaron 45 estudios que tenían relación con el tema de investigación, de los cuales no se tuvo acceso a su visualización a 10, por lo que descartamos. Luego de 35 restantes se eliminaron 5 estudios que se encontraban duplicados en las fuentes de búsqueda. Asimismo, se descartó 19 artículos debido a que no guardaban relación directa con el objetivo de la investigación. Finalmente, la base de fuentes quedo conformada por 11 estudios científicos, tal como se muestra en la siguiente figura 1.

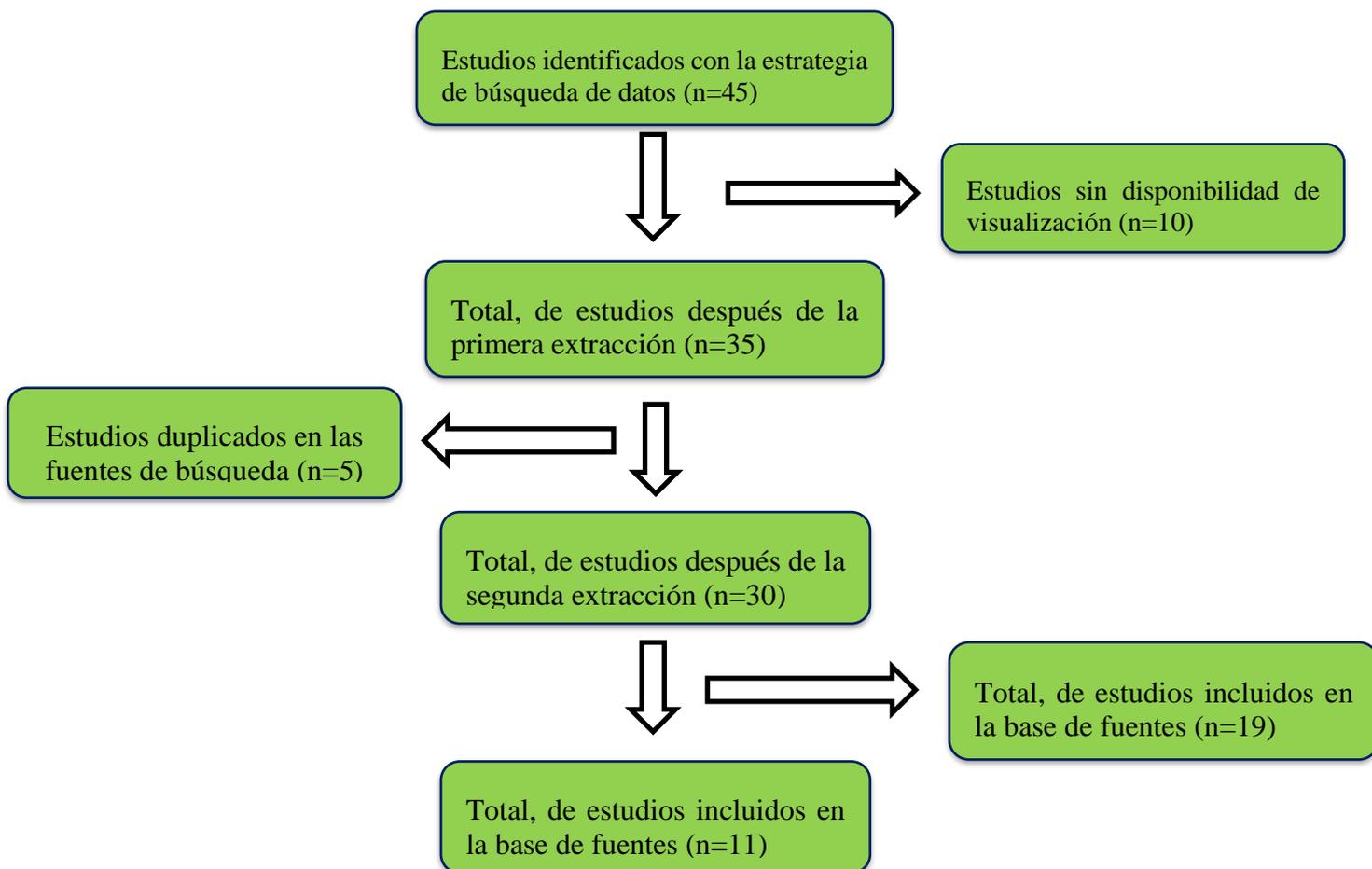


Figura 8: Diagrama de flujo de la selección de los estudios.

3.2. Características de los estudios

En la fase de análisis consideramos que los 11 estudios han sido seleccionados entre los años 2013 al 2018 relacionados con el tema de investigación; de los cuales podemos observar que en el año 2017 hay una mayor cantidad de publicaciones con 3 estudios (30%), mientras que, en los años 2013, 2015 y 2016 hay 2 estudios en cada año y cada uno representa un 20%, finalmente en los 2014 y 2018 se encuentran 1 estudio en cada uno representando un 10% cada uno.



Figura 9: Año de la publicación de los estudios seleccionados

3.3. Análisis Global de los estudios

3.3.1. Análisis estadístico de lugar de procedencia de los estudios relacionados con tema de investigación de rendimiento de equipos en minería.

En los estudios del análisis de las características de rendimientos de equipos de acarreo en minería entre los años 2010 y 2019, se observó que 7 se realizaron en Perú, 1 en Chile, 1 en Ecuador, 1 en México, 1 Santo Domingo, representando el 60%, 10% ,10%,10% y 10%, respectivamente.

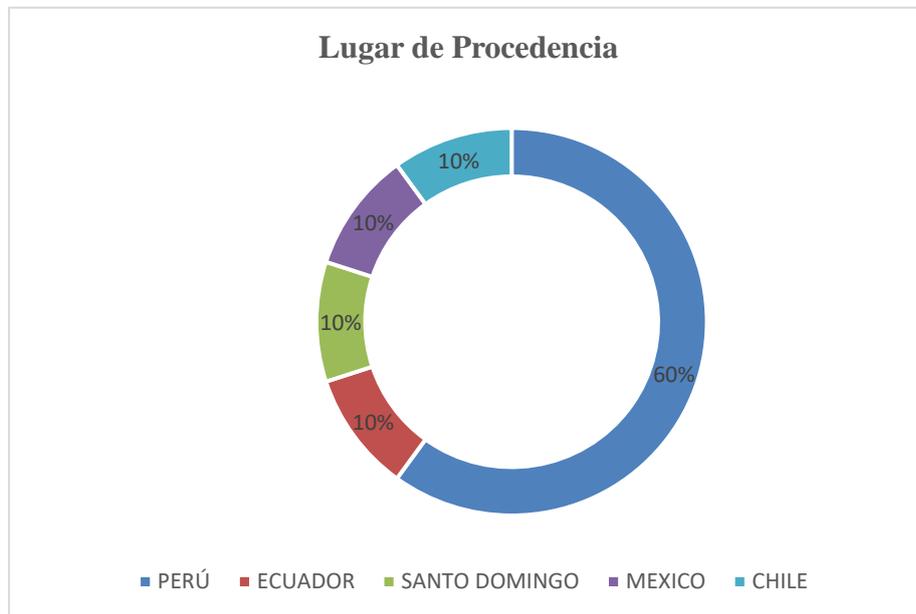


Figura 10: lugar de procedencia de los estudios seleccionados

Además, de la investigación de las características del rendimiento de equipos de acarreo en minería el título de los estudios empíricos fue a través de 5 repositorios de las siguientes universidades:

Universidad Nacional De Arequipa (35%)

Universidad Privada de Norte (35%)

Universidad Nacional de Ingeniería (10%)

Universidad Nacional del Centro del Perú (10%)

Universidad de Piura (10%)

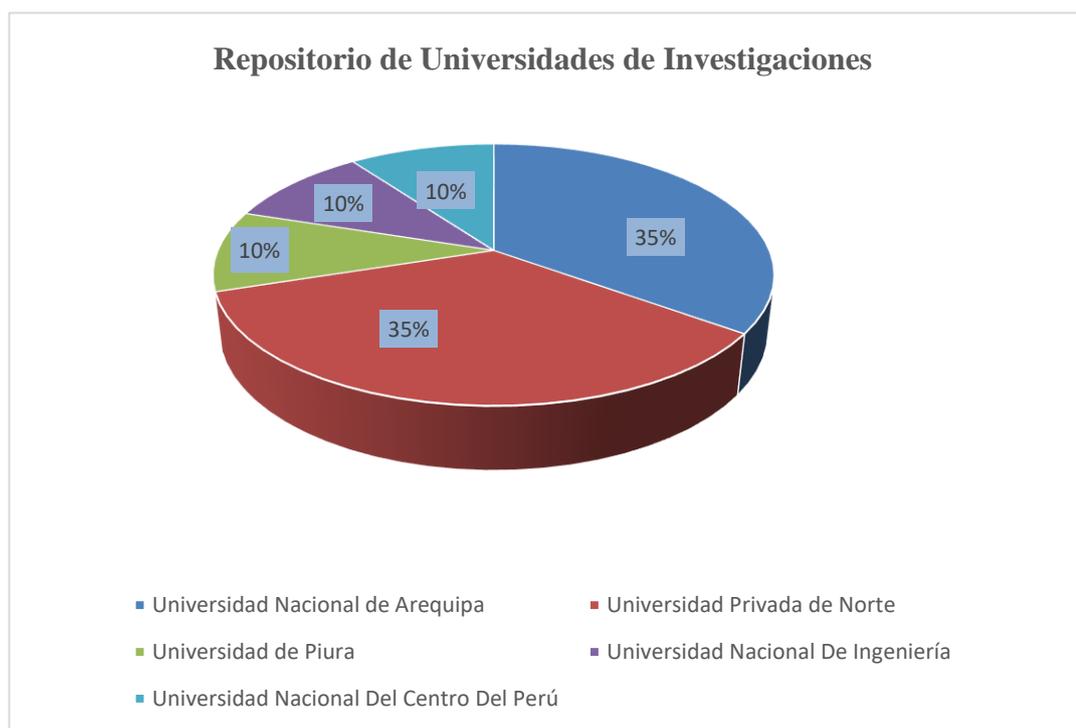


Figura 11: Repositorio de Universidades de investigación.

3.3.2. Análisis estadístico del tipo y enfoque de estudio

De 7 estudios tipo tesis, 4 estudios empíricos cuentan con estudios descriptivos (60%) y 2 estudios con estudios exploratorios (30%). Pero, hay una investigación que no especifica el tipo de investigaciones analizadas, representando 10% de los estudios empíricos.

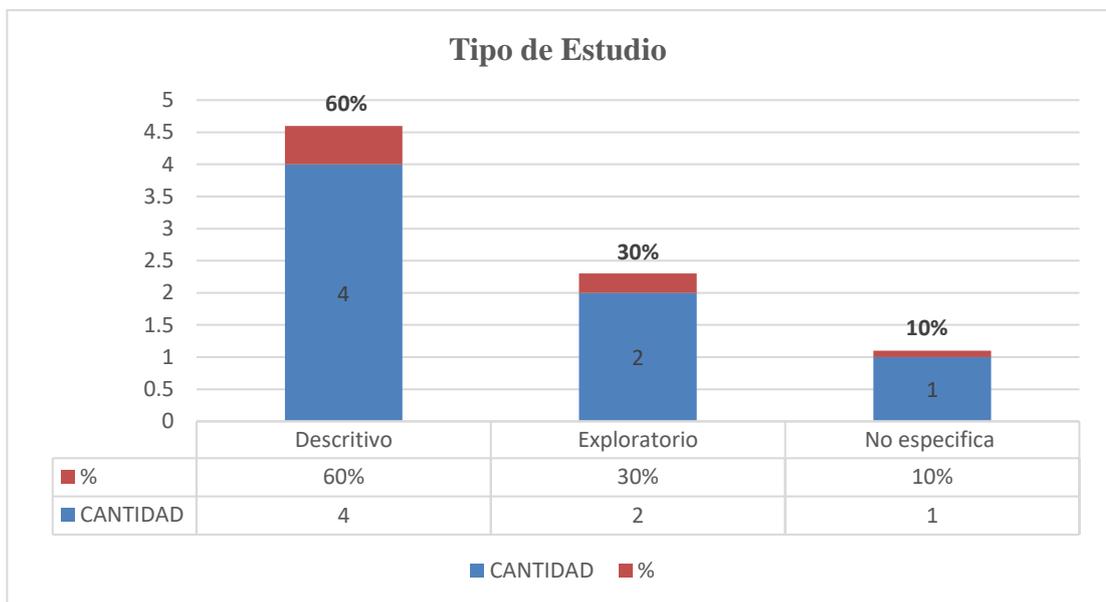


Figura 12: Análisis estadístico de los tipos de estudio

De acuerdo con la metodología de los estudios, 2 fuente cuenta con un enfoque de estudio cuantitativo experimental (20%), así como también 3 tienen un enfoque cuantitativo, no experimental (25%). Además, el enfoque metodológico cualitativo experimental también se desarrolló 1 estudios (10%). Asimismo, 3 artículos con enfoque de no experimental, representando el 25%, También, 1 artículo con enfoque cualitativo, no experimental (10%). Finalmente, 1 artículos no especifican el enfoque metodológico que se desarrolló representando un (10%).

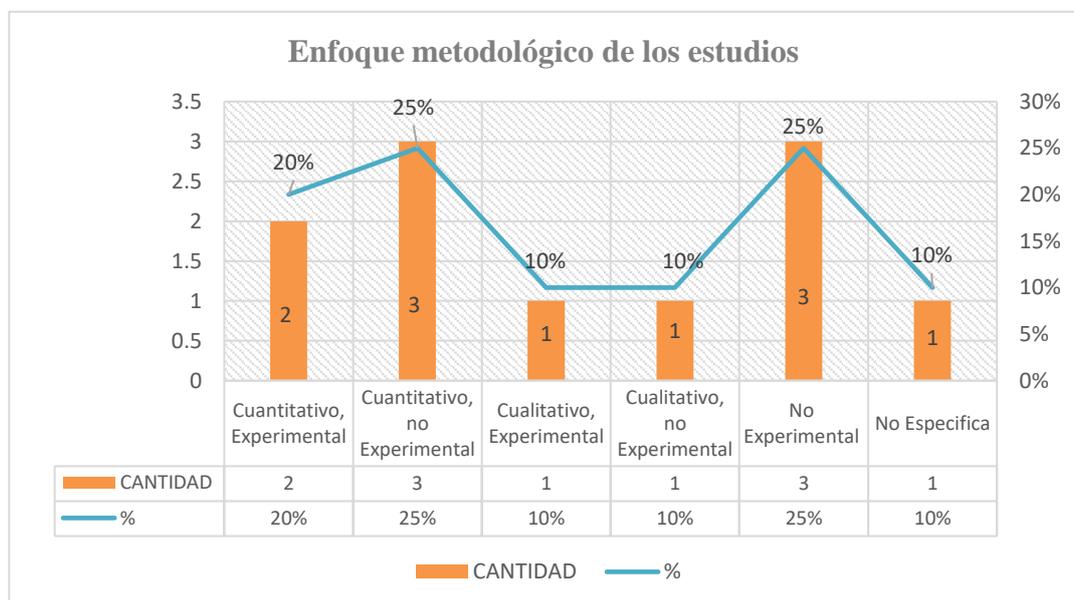


Figura 13: Enfoques metodológico de los estudios Analizados

3.3.3 Análisis estadístico del tipo de material de los artículos de investigación.

Del total de las fuentes: 60% con 7 estudios empíricos pertenecen al grupo de Tesis, 10% con 1 artículos pertenecen al grupo de revistas, 10% con 1 estudios pertenecen al grupo de artículos, 10% con 3 artículos pertenecen al grupo de paper y con un 10% con 1 artículos pertenecen al grupo de libros.

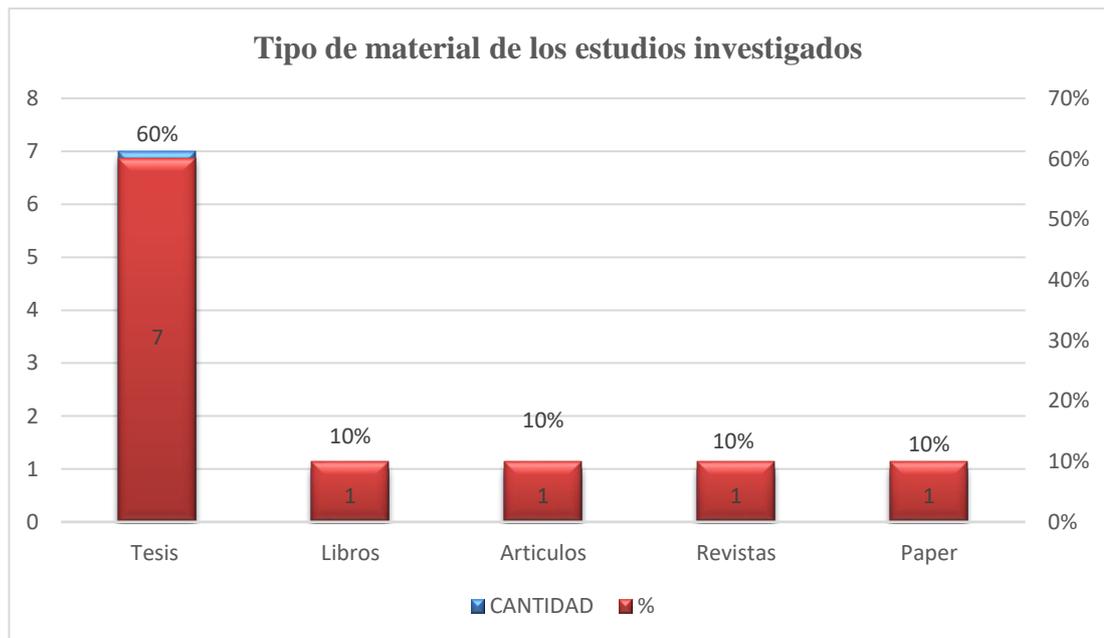


Figura 14: Tipos de material de las fuentes Analizadas

3.3.4. Hallazgos de la investigación

Según los artículos y estudios de investigación que fueron explorados, desarrollados y analizados, se continuó a responder la pregunta de investigación sobre ¿Cuál es el rendimiento de equipos de acarreo en minería? Por ello, se elaboró un cuadro de comparación para poder inferir y precisar según los criterios establecidos.

Tabla 2:

Análisis de los hallazgos de investigación referenciando al rendimiento de equipos de acarreo en minería.

Autor	Rendimiento de equipos de acarreo	incremento de productividad	incremento económico
Alvarez, V.	Cálculo de la productividad y dimensionamiento de flota para optimizar operaciones de acarreo.	11.76%	34%
Riveros, J.	Medición de tiempos y aplicación de fórmulas para la determinación de la producción horaria de los equipos de acarreo.	28.38%	34.63%
Ortiz, O.	Aplicación de herramientas del modelo de colas para minimizar los tiempos improductivos de los equipos de carguío y acarreo en el punto de carguío en la interior mina y descarga en la superficie.	no registra	19.52%

Según el cuadro presentado, se puede inferir el impacto que tiene el rendimiento de los equipos de acarreo en minería en la productividad y eficiencia del transporte de mineral para el cual tenemos la comparación de los siguientes estudios.

Cálculo de la productividad y dimensionamiento de flota para optimizar operaciones de acarreo aumenta la productividad en un 11.76%, lo cual genera un incremento económico de 34%. El estudio de medición de tiempos y aplicación de fórmulas para la determinación de la producción horaria de los equipos de acarreo incrementa la producción en 28.38% y los beneficios en 34.63%. La Aplicación de herramientas del modelo de colas para minimizar los tiempos improductivos de los equipos de

carguío y acarreo en el punto de carguío en interior mina y descarga en la superficie resalta un incremento económico de 19.52%.

La productividad del transporte minero influye directamente en las tarifas unitarias, ya que depende del grado de eficiencia de los equipos usados. El estudio de las características es una solución efectiva para optimizar el proceso Rendimiento-capacidad-maniobrabilidad, que está limitada principalmente a la necesidad de minimizar los costos de infraestructura y por ende se tendrá un mayor beneficio económico para las empresas mineras.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación teórica acerca del rendimiento de equipos de acarreo en minería el cual tiene un impacto en el sistema de transporte de mineral en las mineras en los últimos años tiene como importancia y finalidad conocer el rendimiento que tiene en relación al incremento de producción y beneficios económicos de las empresas mineras.

Se analizaron 11 estudios en total ellos, 7 tesis, 1 libros, 1 artículos, 1 revistas, 1 paper. A fin de otorgar solución a la pregunta de investigación establecida. Dentro de los estudios analizados brindaron distintos entendimientos sobre el estudio de tiempos, aplicaciones y métodos en relación con los rendimientos de equipos de acarreo en mi minería y su productividad en el sistema de transporte de mineral. Se revisó los instrumentos desarrollados en las tablas 1 manteniendo relación con el tema de investigación.

Por último, en la revisión sistemática se examinó los hallazgos dando como resultado de la tabla 2, el cálculo de la productividad y dimensionamiento de flota incremento la productividad un 11.76% generando un incremento económico de 34%, mientras que la medición de tiempos y aplicación de fórmulas para determinar la producción incremento la productividad en un 28.38% generando un incremento económico del 34.63%, La Aplicación de herramientas del modelo de colas para minimizar los tiempos improductivos de los equipos de carguío y acarreo en el punto de carguío en interior mina y descarga en la superficie resalta un incremento económico de 19.52%.

Finalmente, una de las limitaciones de esta revisión sistemática fue la de no encontrar muchos artículos de estudios que mantengan relación directa con el tema de investigación.

REFERENCIAS

- Alvarez, V. (2014). *Calculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte - unidad minera de arcata*. (Tesis pregrado)Universidad Nacional de San Agustín;Arequipa, Peru
- Bazán A. (2016). *Cálculo del número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Genaro, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha*. (tesis pregrado). Universidad Continental. Huancayo, Perú
- Chiriboga, M. (2015). *Rendimiento de equipo pesado para la explotación de una cantera a cielo abierto*. (tesis pregrado). Escuela Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Gómez, G (2017). *Disponibilidad de equipos auxiliares para optimizar la productividad en el carguío y acarreo de las fases 01,03 y 07 del tajo constancia empresa especializada stracon gym s.a*. (Tesis pregrado) Universidad nacional de San Agustín de Arequipa, Perú
- Malpica (2014). *Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado cerro negro Yanacocha– Cajamarca*. (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú.
- Marín, C. (2015). *Incremento de la productividad en el carguío y acarreo en frentes que presentan altos contenidos de arcillas al utilizar un diseño de lastre adecuado, Minera Yanacocha*. (tesis pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

- Pizan, C (2013). *Evaluación de rendimientos en el movimiento de Tierras con maquinaria pesada para los minados cerro negro y carachugo en Yanacocha*. (tesis pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Riveros, J. (2016). *Cálculo de la productividad máxima por hora de los volquetes en el transporte minero subterráneo en la unidad minera Arcata*. (tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Trabajo Carguio y Transporte Minería Subterránea*. (18 de septiembre de 2019). Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/365337882/Trabajo-Carguio-y-Transporte-Mineria-Subterranea>
- Vidal, L. (2010). *Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto*. (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.