

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES DE  
TRANSPORTE UTILIZANDO LA TEORÍA DE  
COLAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN EN  
LA EMPRESA MINERA EL PROGRESO SRL -  
CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autores:**

Wilmer Omero Acuña Bazan

Héctor Hoyos Gil

**Asesor:**

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

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

Cajamarca - Perú

2023

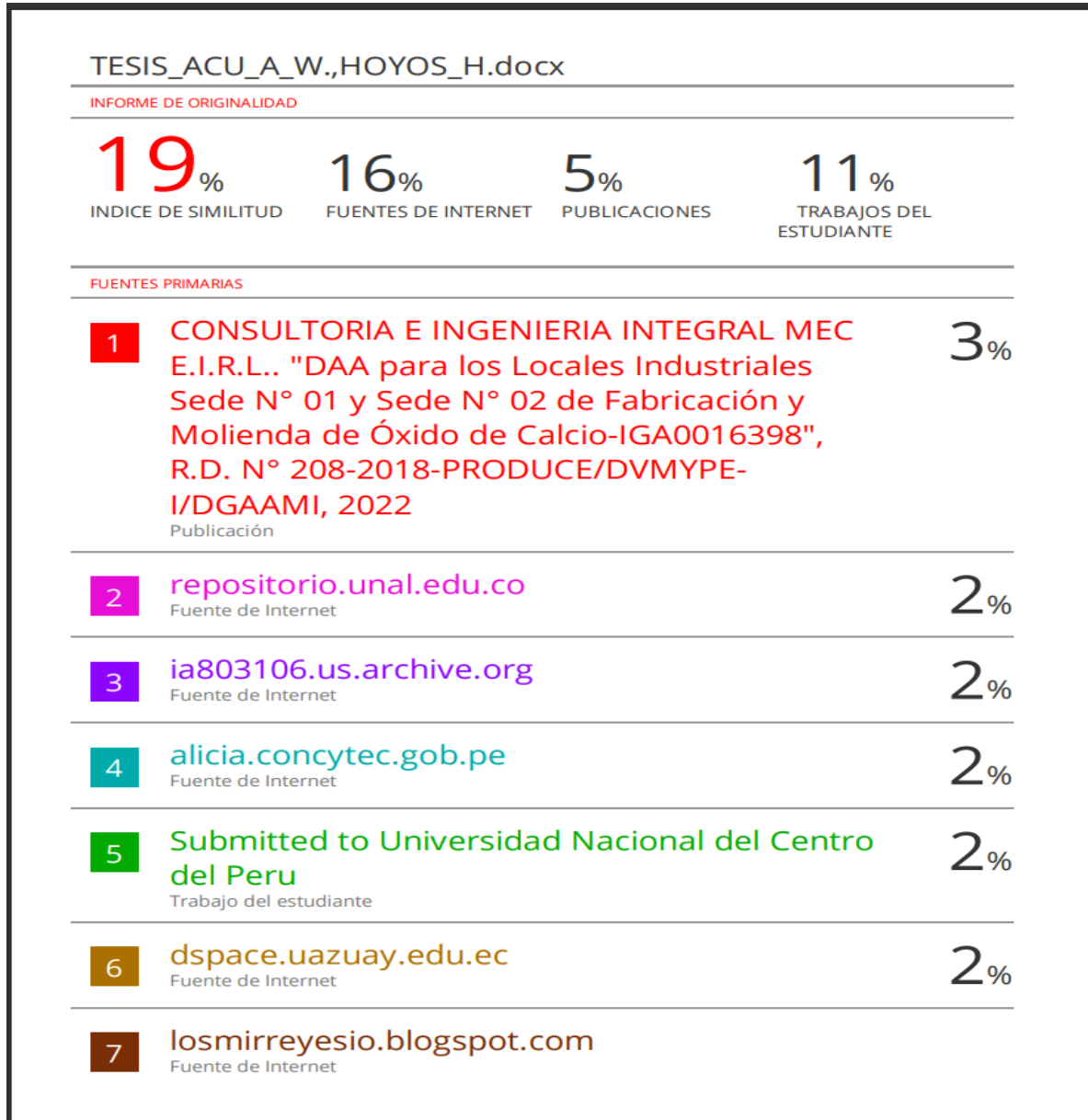
**JURADO EVALUADOR**

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

Jurado 2	<b>Rafael Napoleón Ocas Boñon</b>	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Danyer Stewart Girón Palomino</b>	30675947
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD



## DEDICATORIA

El estudio está dedicado a Dios que ha sido mi guía, mi amigo en mi andar de cada día de la vida. Con mucha gratitud a mis padres por el apoyo de parte de ellos.

A mi familia, mi esposa, mis hijas, por el inmenso apoyo que recibí y que en todo momento son fuente de esmero y superación, por ser mi apoyo, mi fuerza y mi motivación has mismas que han hecho posible el logro de un nuevo objetivo en mi vida y durante todos los años de carrera profesional.

**Wilmer Acuña**

A mis padres por haberme permitido llevar una carrera, por el inmenso apoyo incondicional que me han dado y por estar siempre conmigo durante este proceso de la investigación.

A mis docentes, por brindarme consejos y enseñanzas que me han ayudado para mi formación como profesional.

**Héctor Hoyos**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres a quienes les debo todos mis logros. A mi Familia por ser el soporte diario por quien es todo este esfuerzo.

Un agradecimiento especial a nuestros docentes de nuestra Universidad por habernos brindado sus conocimientos y consejos en esta dura tarea de hacernos excelentes profesionales de la carrera de Ingeniería de Minas.

**Wilmer Acuña**

Agradezco a Dios, por guiarme hacia el buen camino, protegerme y darme fuerzas para seguir adelante, impulsándome a seguir cumpliendo mis objetivos.

También a todos mis docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por compartirme sus conocimientos y consejos brindados, durante el desarrollo de la carrera profesional.

**Héctor Hoyos**

## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>11</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>24</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>25</b>
1.3.1. Objetivo general	25
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b>	<b>25</b>
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>25</b>
<b>1.5. Justificación del problema</b>	<b>25</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	27
CAPÍTULO III: RESULTADOS	31
<b>3.1. Diagnosticar las operaciones de transporte para mejorar la producción en la Empresa Minera el Progreso SRL</b>	<b>31</b>
<b>3.2. Identificar los tiempos y rutas de los equipos de transporte durante el mes de noviembre</b>	<b>35</b>

<b>3.3. Diseñar un modelo basado en la teoría de colas para el proceso de transporte</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>46</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> .....	29
<b>Tabla 2</b> .....	35
<b>Tabla 3</b> .....	36
<b>Tabla 4</b> .....	37
<b>Tabla 5</b> .....	38
<b>Tabla 6</b> .....	39
<b>Tabla 7</b> .....	40
<b>Tabla 8</b> .....	41
<b>Tabla 9</b> .....	42
<b>Tabla 10</b> .....	43
<b>Tabla 11</b> .....	44
<b>Tabla 12</b> .....	44



## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Diagrama de Ishikawa .....	32
<b>Figura 2:</b> Diagrama de Pareto.....	34

## RESUMEN

Las empresas mineras realizan sus operaciones de forma empírica en sus procesos de producción y transporte de mineral, la minera el Progreso no es ajena a este problema, por lo tanto, con el propósito de contribuir con la empresa, realiza la presente investigación proponiendo el objetivo de estudio, determinar el modelo de teoría de colas en las operaciones de acarreo para mejorar la productividad, en la Empresa Minera el Progreso SRL, Cajamarca – 2022. En la metodología de estudio, el tipo de investigación aplicada, descriptiva, de enfoque cuantitativo, con diseño pre experimental.

Se diseño un modelo aplicando la teoría de colas en las operaciones de transporte, estimando que el tiempo de espera sería de 16.04 minutos y la cantidad de semi trailers en espera 2, por lo tanto, cada uno tendría un tiempo de espera estimado en 8.02 minutos. Además, el tiempo residual del ciclo aplicando la teoría de colas sería de 4.53 minutos. La probabilidad de que permanezca ocupado el servidor según el modelo planteado es del 71%.

Debido al incremento de la capacidad del servicio, de acuerdo con el modelo de Teoría de Colas, la producción de las operaciones de transporte se verían incrementadas en hasta 1300 Tn.

**PALABRAS CLAVES:** Transporte, colas, producción, tonelaje, modelos.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La extracción de minerales y compuestos metálicos y no metálicos es para la industria y la economía mundial, la actividad más importante para la economía, la sociedad, el medio ambiente y para la misma empresa (Mendoza, 2018). El transporte en todo el mundo es un elemento esencial en la actividad socioeconómica de las ciudades, pero también produce un impacto importante en las mismas, ya que contribuyen de manera significativa en la congestión, y en el costo de operación generados por esperas innecesarias en las unidades móviles (Exquerro, 2020). Las diferentes empresas mineras en las operaciones de transporte generalmente buscan soluciones rápidas en la toma de decisiones y utilizan modelos empíricos que afectan negativamente a la empresa, generando pérdida de dinero y sobre todo tiempo, y costos adicionales al producto (Morales, 2019).

En Chile la extracción de minerales es un segmento que moviliza más de 350.000 tn al año, las operaciones de acarreo cuentan con sistemas de optimización y manejo de flota. En el resto del mundo, algunos países en vías de desarrollo, es deficiente el uso de sistemas de optimización para el transporte de minerales (Cornejo, 2016). Los costos de carguío, transporte de mineral y desmonte representan una cantidad considerable en los costos de producción del mineral (Lins, Cano y Arroyo, 2018). La disponibilidad del equipo corresponde a una variable de suma importancia dentro de la función de productividad esperada del sistema y no puede pasarse por alto (Molina, 2021).

Estudios realizados en el Perú sobre teoría de colas en el transporte de minerales, afirman que dentro de las incertidumbres operativas están los tiempos muertos de la carga y transporte que corresponden a interrupciones sobre aquellos sistemas para el cual no usan

sistemas auxiliares para optimizar el transporte de materiales (Molina, 2021). La deficiente o casi nula utilización de modelos, como el modelo de colas para determinar los tiempos de espera o tiempos improductivos de transportadores de operación minera, genera costos de espera altos con gasto adicional de US \$ 369,860 por año constituyendo el 19.52 % del costo del acarreo de minerales en minas de tajo abierto en Perú (Ortiz y Canchari, 2015). La producción en la empresa minera generalmente ocasiona cuellos de botella para el transporte, tiempos improductivos con presencia de colas, generando problemas para la empresa (Manrique, 2021).

Los sistemas empíricos de transporte de minerales en la Provincia de Cajamarca, crean la necesidad de investigar. La Empresa Minera el Progreso SRL no es ajena a la manera tradicional o empírica de operar las unidades de carga, no cuenta con registros de carga, las esperas que se visualizan generan tiempos muertos para la movilidad, creando colas, generando deficiente productividad, ocasionando gastos ingentes de dinero y tiempo para la empresa.

El marco teórico, define a la Teoría de Colas, de acuerdo con García (2016), como un conjunto de unidades de acarreo que llegan a un sistema buscando el carguío y transporte de minerales, tienen un lapso de espera cuando no está listo, y dejan el sistema una vez han sido atendidos. En ciertos casos se podríamos decir que los cuellos de botella de la producción de mineral, ocasionan colas en el acarreo creando largas esperas.

El estudio de líneas de espera o colas tiene que ver con el número cuantificado del fenómeno observado, ponerse en marcha con acciones representativas, tales como longitud promedio de la cola, tiempo en espera valor medio en la cola, y el uso promedio de la instalación de la empresa minera (Taha, 2012).

Este modelamiento de sistemas de espera fue en sus orígenes un trabajo práctico. La

primera aplicación fue hecha por el matemático danés Erlang sobre conversaciones de telefonía en 1909, para el cálculo de tamaño de centralitas. Se convirtió luego en un concepto que consiguió un gran desarrollo, para convertirse años después en un concepto de aplicación, aun cuando requiere de un considerable trabajo de análisis para convertir las fórmulas en realidades, o viceversa (García, 2016).

Para la definición del diseño del modelo de optimización, consiste en reproducir la realidad del acarreo del mineral de la forma más fiel posible, tratando de entender cómo se comporta realmente y obteniendo las respuestas que pueden esperarse de determinadas acciones. En la investigación se utilizará el modelo M/M/1 como modelo adecuado para reproducir la realidad para obtener una solución satisfactoria a un problema real. Se utilizará el modelo de decisión como un vehículo para resumir el problema de decisión en forma tal que haga posible la identificación y evaluación sistemática de todas las alternativas de decisión del problema del acarreo en la empresa minera el Progreso SRL. El modelo presentado es una abstracción de la realidad. El modelo se define como una función objetivo y restricciones que se expresan en términos de dimensiones (alternativas) de decisión del acarreo de minerales. El modelo propuesto en el estudio, será útil porque ofrece una representación adecuada de la situación del acarreo en la minera (Tornos y Lova, 2016).

Las características de los sistemas de colas, se utiliza para describir adecuadamente un sistema de colas es el patrón de llegada, el patrón de asistencia de los servidores, disciplina de cola, la competencia del sistema de acarreo que tiene la minera el Progreso SRL, el número de canales de servicio, y el número de etapas de servicio (García, 2016).

La teoría de colas se basa en la notación de Kendall, y tiene la siguiente forma Distribución de llegadas/Distribución de tiempos de servicio/Número de canales de servicio abiertos (CUCEA, 2018). Donde: M = Distribución de Poisson del número de ocurrencias,

D = Tasa constante (determinística), G = Distribución general con media y varianza conocidas, Ek = Distribución Erlang con parámetro k, GI = Distribución general independiente, H = Distribución hiperexponencial, s = Número de servidores, d = Orden de atención a los clientes.

Así, un modelo de un sólo canal con llegadas de Poisson y tiempos de servicio exponenciales se representaría de la siguiente manera: M/M/1. Para agregar un segundo canal se expresa de la siguiente manera: M/M/2 (CUCEA, 2018).

La base PEPS (Primeras Entradas Primeras Salidas). Cada unidad de transporte que llega, espera a ser atendida independientemente de la cantidad de vehículos, es decir, no se elude ni se rehúsa salir de la cola. Las llegadas son independientes de las llegadas anteriores, pero su número promedio no cambia a lo largo del tiempo. Las llegadas se describen con una distribución de probabilidad de Polisson y provienen de una población infinita o muy grande. Los tiempos de servicio en la empresa minera el Progreso, varían de acuerdo a la cartera de clientes que maneja la empresa y son independientes entre sí, pero se conoce su tasa promedio. Los tiempos de acarreo ocurren de acuerdo con una distribución de probabilidad exponencial negativa (CUCEA, 2018).

El diseño se basa en los elementos del modelo de colas, los protagonistas en una situación de colas son el cliente o unidad de acarreo y el servidor. Los camiones llegan a la instalación (servicio) desde de sus bases de operaciones. Al llegar, el volquete puede ser su atención al instante o esperar en la cola en caso esté ocupada la instalación. Cuando una instalación completa un servicio, "jala" de forma automática a un cliente que está esperando en la cola, si lo hay. Si la cola está libre, la instalación o producción se detiene hasta que llega un nuevo cliente. Desde el punto de vista del análisis de colas, la llegada de los clientes está interpretada por el tiempo entre llegadas (tiempo entre llegadas sucesivas), y el servicio

se valora por el tiempo de servicio que brinda la empresa minera el Progreso. El tamaño de la cola cumple un papel en el análisis de colas. Puede ser finito (como en el área intermedia entre dos máquinas sucesivas), o, para todos los casos prácticos, infinita (como en las instalaciones de pedidos por correo), se analizará en el diseño del modelo en la presente investigación. La disciplina en colas, figura el orden en que se seleccionan los clientes en una cola, es un factor importante en el análisis de modelos de colas. La disciplina más común es la de ser primero en llegar, primero en atenderse (FCFS, por sus siglas en inglés). El último en llegar primero en ser atendido (LCFS, por sus siglas en inglés) y la de servicio en orden aleatorio (SIRO, por sus siglas en inglés), es donde las unidades de transporte también pueden ser elegidos de entre la cola, con fundamento en algún orden de prioridad. El comportamiento en colas ejerce un papel en el análisis de líneas de espera. Los clientes o unidades de acarreo pueden cambiarse de una cola más larga a una más corta para reducir el tiempo de espera, pueden desistir del todo de hacer cola debido a la larga tardanza anticipada, o salirse de una cola porque han estado esperando demasiado tiempo. La configuración del centro de servicio puede incluir servidores paralelos. Los servidores pueden ser secuenciales (por ejemplo, máquinas que procesan trabajos secuencialmente) o conectados (enrutadores en una red automática) la fuente de creación de clientes puede ser limitada o ilimitada. Una fuente limitada frena la cantidad de clientes que llegan. Una fuente ilimitada es, para todo propósito práctico, por siempre abundante (Taha, 2012).

Se considera como patrón de llegada, en situaciones de cola comunes, la llegada estocástica, es decir la llegada depende de una cierta variable aleatoria, en este caso es necesario conocer la distribución probabilística entre dos llegadas de cliente sucesivas. Además, puede ser importante considerar si los clientes llegan individual o simultáneamente. En el segundo caso (es decir, si llegan grupos) puede ser necesario definir la distribución

probabilística de éstos (García, 2016).

La cantidad de canales del servicio de acarreo, a menudo resulta más eficiente utilizar sistemas multiservidor o múltiples cargadores frontales con una única línea de espera para todos que con una cola por cada uno. Por tanto, cuando se habla de canales de servicio paralelos, se habla generalmente de una cola que alimenta a varios servidores mientras que el caso de colas independientes se asemeja a varios sistemas con sólo un servidor (García, 2016).

La aplicación de la teoría de colas considera desarrollar la notación básica para el diseño de la teoría de colas es:  $\lambda$ = Número de llegadas por unidad de tiempo,  $\mu$ = Número de servicios por unidad de tiempo si el servidor está ocupado,  $c$ = Número de servidores en paralelo,  $\rho = \lambda / \mu c$  : Congestión de un sistema con parámetros:  $(\lambda, \mu, c)$ ,  $N(t)$ : Número de clientes en el sistema en el instante  $t$ ,  $N_q(t)$ : Número de clientes en la cola en el instante  $t$ ,  $N_s(t)$ : Número de clientes en servicio en el instante  $t$ ,  $P_n(t)$ : Probabilidad que haya  $n$  clientes en el sistema en el instante  $t = \Pr\{N(t)=n\}$ ,  $N$ : Número de clientes en el sistema en el estado estable,  $P_n$  : Probabilidad de que haya  $n$  clientes en estado estable  $P_n = \Pr\{N=n\}$ ,  $L$  : Número medio de clientes en el sistema  $L_q$  : Número medio de clientes en la cola,  $T_q$  : Representa el tiempo que un cliente invierte en la cola,  $S$  : Representa el tiempo de servicio,  $T = T_q + S$ : Representa el tiempo total que un cliente invierte en el sistema,  $W_q = E[T_q]$ : Tiempo medio de espera de los clientes en la cola,  $W = E[T]$ : Tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema,  $r$ : número medio de clientes que se atienden por término medio,  $P_b$ : probabilidad de que cualquier servidor esté ocupado (García, 2016).

Los resultados y relaciones de la Teoría de Colas, Si  $\rho \geq 1$  el sistema tenderá a crecer inexorablemente. El número de clientes en el instante  $t$ ,  $n(t)$ , es el número de llegadas que han ocurrido hasta  $t$  menos el número de servicios completados hasta  $t$ .



El número medio de clientes en el sistema y en la cola se puede calcular de diferentes maneras:  $L = E [n] = \sum_{n=0}^{\infty} [n * P_n]$  ó  $L_q = E [n_q] = \sum_{n=0}^{\infty} [n * P_n]$

Little, en su fórmula conocida, establece una relación entre la longitud de la cola y el tiempo de espera:  $L = \lambda W$  ó  $L_q = \lambda * W_q$

El tiempo de estadía de un cliente en el sistema se relaciona con el tiempo de espera de un cliente en la cola,  $W = W_q + 1/\mu$ .

El número de clientes que por término medio se atienden en cualquier momento es:  $r = L - L_q = \lambda \cdot (W - W_q) = \lambda/\mu$

En un sistema de un único servidor:  $L - L_q = \sum_{n=0}^{\infty} n * P_n - = \sum_{n=0}^{\infty} [(n-1) * P_n] = \sum_{n=0}^{\infty} p_n = 1 - p_0$

La probabilidad de que un sistema de un único servidor esté libre es  $p_0 = 1 - \rho$ . La probabilidad de que un servidor (de un sistema de c servidores en paralelo) esté ocupado en el estado estable es:  $p_b = \rho = \lambda / (c * \mu)$  (García, 2016).

El Modelo de Colas (M/M/1): (GD/N/), este modelo difiere de (M/M/1) : (GD/q/q) en que hay un límite N en el número en el sistema (longitud máxima de la cola  $5 N 2 1$ ). El modelo para definir en el estudio se realizará luego del diagnóstico, este permitirá el diseño u utilización del modelo. De acuerdo con las características del acarreo en la minera el Progreso se presupone el modelo M/M/1, donde no se permiten nuevos volquetes cuando la cantidad está siendo atendida, debido a la capacidad de carga de la mina. Por lo tanto,  $\lambda_n = \{\lambda, n = 0, 1, \dots, N-1\}, \lambda_n = \{0, n = N, N + 1\}, \mu_n = \mu, n = 0, 1, \dots$

Utilizando  $\rho = \lambda / (\mu)$ , el modelo generalizado de la sección,  $p_n = \{p_n * P_0 ; n \leq N,$   
 $p_n = \{p_n * P_0 ; n > N.$

El valor de  $\rho = \lambda / (\mu)$  no puede ser menor que 1 en este modelo, porque el límite N controla las llegadas al sistema. Esto significa que  $\lambda_{efec}$  es la tasa que importa, debido a que

los clientes se pierden cuando hay N en el sistema (Taha, 2012)

Acerca de la productividad se hará el cálculo eficiente de las unidades de acarreo, los tiempos muertos por espera, además del trabajo de los agentes que intervienen en el proceso de transporte del mineral, los materiales, la información de la producción del proceso de extracción y producción del mineral. Para incrementar la producción a partir de cualquier factor, se aplican modelos de optimización, estos determinan las deficiencias en las operaciones de los procesos de producción u otras operaciones conexas al rubro de la empresa (Sladogna, 2017). La productividad está determinada por la comercialización de la empresa minera, el efecto que puede implicar en la producción y procesos que realiza la empresa minera el Progreso, la espera ocasionada por la cola. La que considera la cantidad de camiones de acarreo (salida) y la cantidad de unidades físicas ingresadas a la cola (entradas) creando largas esperas, tiempos innecesarios ocasionando pérdidas económicas en la empresa (Sladogna, 2017)

Las métricas de rendimiento se basan en los tiempos muertos de la cola, que presenta los camiones de acarreo, de acuerdo, a las oportunidades, representado en términos porcentuales, se clasifican según el rendimiento tradicional (Yield), el rendimiento a la primera vez (FTY), la continuidad de salida sin colas (Rolled Throughput Yield RTY), y el rendimiento normalizado (NY), mostrando la eficacia, eficiencia y efectividad del producto o servicio (Pérez, Peláez y Carrión, 2014)

A nivel internacional, de acuerdo Molina (2021). "Modelo de optimización de un sistema pala-camión en una mina de carbón a cielo abierto", concluye de los resultados obtenidos de la validación del algoritmo evolutivo propuesto (AGMO). Las reducciones de ciclo mínima luego de utilizar el AGMO, es de 1,22 y máxima de 4,3 minutos que corresponden a un aumento de 2,3 bcm/h. En la segunda muestra a 2,5 km se arroja una

muestra de 70 posibles ganadores que arrojaron una optimización de 185 bcm/h ya que tenemos en promedio una reducción del ciclo hasta un máximo de 5,3 minutos y un mínimo de 1,36 minutos y se determinó el factor camiones que arroja un 108% por ciento que relaciona una sobre estimación de flota de camiones del 8%. La cantidad de camiones en el ejercicio de aplicación a una distancia de 2,5 km según los datos en campo es mayor de 4 camiones con la herramienta del algoritmo evolutivo mono objetivo determinamos que en promedio el número de camiones asignado debe ser de 3,8 que llevamos a un modelo económico podría arrojar las reducciones de costos asociados (combustible, reparación respuestas) El tonelaje extraído por los datos de campo es menor que por el algoritmo planteado ya que con los 3,8 camiones se encuentra por encima del tonelaje extraído que con los 4,3 camiones, en otras palabras, con el aumento de camiones la producción se mantiene estable ya que esta al máximo el rendimiento de las maquinas. (p. 110)

Así mismo, Mendoza (2018), “Evaluación y propuesta de optimización del proceso de extracción de caolín y feldespatos en el Área Minera María”, concluye que la propuesta de optimización reducen costos de producción. El arranque de caolín y feldespatos que se realiza en cada frente se debe realizar con dos excavadoras Caterpillar 320 BL, empleando 5,5 horas a un solo costo de USD\$ 638,58 cuando se tiene alta producción, de la misma forma cuando se tiene baja producción estos dos equipos trabajarán 4,7 horas a un costo de USD\$ 545,88. El acarreo se realizara con una Excavadora Caterpillar 320 BL y un Tractor Caterpillar D6, serán utilizados tanto para producciones altas y bajas, donde se emplearán 27 horas a un costo de USD\$ 3186 y 23,05 horas a un costo de USD\$ 2719,9 respectivamente. Las actividades de carga se realizarán mediante la implementación de dos excavadores Caterpillar 320 BL, que emplean 5,23 horas a un costo de USD\$ 617,14 en alta producción, y 4,48 horas por un costo de USD\$ 520 al tener baja producción. El transporte

tiene disponibles seis volquetes que trabajaran regularmente cuando se tiene producción alta o producción baja, trabajando 5,5 horas cada uno generando un costo de USD\$ 1636,15 con alta producción, de la misma forma cuando tenga producción baja trabajaran 4,73 horas lo cual generara un costo de USD\$ 1405,9. (p. 73)

Para Retamal (2018) en el estudio “Propuesta de un modelo de optimización estocástica para programar la flota de camiones en compañía minera los Pelambres”, concluye resultados importantes para la toma de decisiones como son las toneladas transportadas en nuestro primer envío al destino botadero (104.514 ton), al stock pail (105.743 ton) y la planta (114.832 ton), demuestra por lo tanto que disponer de más camiones para el destino con más mineral desde el origen. El escenario de mayor producción la distribución de camiones por cada frente de trabajo es de 21 en el origen 1, 20 en el origen 2 y 19 en el origen 3, lo que da una suma total de 60 camiones, con lo que tendrá que contar la empresa, donde el costo promedio en transporte es de 1.537.425 dólares diarios. En la minería los recursos minerales disponibles son variables, al igual que las demandas y sus precios, por lo que se justifica utilizar un modelo de programación estocástica para modelar este tipo de problemas, donde es posible enfrentar distintos escenarios, dada la incertidumbre del sistema estudiado. (p. 28)

De acuerdo con Palma (2017) en el estudio “Cuantificación económica de demoras operacionales en el proyecto minero Chuquicamata subterráneo, Macro Bloques N1-S1 Codelco”, concluye que, por congestiones del sector, estas representan un total de 458 baldadas, cifra que mediante un diseño no interrumpa la producción de equipos confines, puede disminuir a las 66 baldadas, en otras palabras, un 85,59%. Donde para conseguir el máximo beneficio (MUSD CP), es importante operar a 17 kph, dejando un área entre las curvas del gráfico (Área A) de velocidades de operación que generarán pérdidas, cuyo límite

inferior contiene valores de 7 kph y 11 kph para el proceso de cargado y descargado. Operar a grandes velocidades en el sistema implica además un mayor desgaste apresurado de neumáticos, por tanto, generando ganancias por VAN, pero se pierde la disponibilidad física del equipo dada las horas mantenimiento del equipo. Además, el riesgo que significa para la operación a grandes velocidades para las infraestructuras y equipos. Ya que al tener un balde más grande. La mayor demora se produce por combustible, aunque podría disminuir si se establece un criterio menor al 50% de combustible que queda en el estanque para ir a repostar combustible. Sin embargo, la congestión es evidente por sobre las colgaduras, dando en evidencia el primer punto tratado en el diseño del nivel.

A nivel nacional, Ramos y Salomón (2021), en la investigación, “Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua”, concluye que, en la situación actual, el número de espera de volquetes es de 1, el tiempo de carguío es de 8.41 minutos y el tiempo en la cola es de 3.91 minutos, el cual genera pérdidas productivas y económicas. Por otro lado, en la situación óptima, el número de espera de volquetes es de 0, el tiempo de carguío es de 4.81 minutos y el tiempo de espera en la fila es de 0.36 minutos, lo cual es óptima sin ningún equipo parado en espera respectivamente y el tiempo de espera de 0.36 minutos refleja la concordancia de mejora en el carguío, transporte y descarga de mineral. El costo total por la operación minera del carguío y transporte por kilómetro es de 1.20 \$/t-km. Esto nos dice que para la unidad minera Andaychagua en la ruta 1 de la veta Salvadora a la parrilla Roberto Letts y la ruta 2 de la veta Adriana a la parrilla Roberto Letts, nos da ese mismo costo respectivamente. La optimización del costo de carguío y transporte de la veta Salvadora en 6 \$/t, esto reflejado en el tonelaje programado por veta se tendría una optimización de 4,324 \$/t-día, para los 3 volquetes y 1 scooptram. La optimización del costo de carguío y transporte

de la veta Adriana en 5.76 \$/t. Esto reflejado en el tonelaje programado por veta tendría una optimización de 4,151 \$/t–día para los 3 volquetes y 1 scooptram.

De acuerdo con Manrique (2021), en el estudio, “Evaluación de los equipos de carguío y transporte para el incremento de la productividad aplicando la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal Junín”, concluye que los efectos de la producción tendrán un incremento de 3500 TMD a 3750 TMD con ello se mejora la productividad de empresa minera San Cristóbal -Junín. Dicha tendencia de colas del mes de agosto a diciembre del 2020, toneladas transportadas promedio fue de 3500 Ton, y sin colas del mes de agosto a diciembre del 2020 transportadas promedio fue de 3750, lo cual equivale en un incremento de un 7.14%. x El incremento de la productividad mayor fue en el mes de noviembre de 3900 ton del 2020 y menor de 3600 ton en el mes de octubre del 2020 en la Unidad Minera San Cristóbal. x El número de viajes de mineral se incrementó de 60 a 64 en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín. x La reducción de flota de transporte de mineral de la zona 3 fue de 14 a 12 volquetes en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín aplicando la teoría de colas. Se determinó necesario plantear un estudio de tiempos completos en todos los procesos que estén relacionados directamente con el carguío y transporte, para que el funcionamiento de los procesos sea óptimo, la gerencia realice cíclicamente consultorías externas, orientadas a incrementar ganancias y disminuir costos, con la finalidad de reconocer las debilidades y fortalezas e implementar y desarrollar planes de acción necesarios para lograr un excelente desempeño.

Por otro lado, Pardo (2019), en el estudio “Optimización del transporte de desmonte con volquetes mediante la teoría de colas en Sociedad Minera Corona S.A.”, concluye que Yauricocha es un yacimiento polimetálico. La explotación del mineral es por el método de minado sub level caving en el cual se recupera mineral aplicando las operaciones de

perforación con taladros largos y posterior voladura. El desmonte producto de la preparación de estos tajos son transportados por los volquetes volvo FMX 440 de 20 m<sup>3</sup> de capacidad que son cargados con un cargador frontal 966H CAT y son trasladados a tres puntos; la zona del dique para la quinta etapa de la relavera, relleno para el tajo central y relleno para el tajo victoria, la distancia promedio del recorrido es de 8,53 km. Con la Aplicación de la Teoría de colas en las operaciones unitarias de carguío y transporte se logró aumentar en un 10% (288 m<sup>3</sup> /h – 320 m<sup>3</sup> /h) la producción del cargador frontal CAT 966H. Los costos de las operaciones unitarias de carguío y transporte se redujeron con la aplicación de la Teoría de Colas, en carguío el costo de espera a 377,7 US\$/Día y en transporte a 4635,36 US\$/Día, resultando representativas, puesto que el volumen de desmonte transportado es considerable tomando en cuenta dos turnos por día, con lo que se alcanzó el objetivo de reducir costos en la Sociedad Minera Corona SA. La producción de desmonte incrementó favorablemente; de 37,547 TM/mes a 41,301 TM/mes.

De acuerdo con los antecedentes locales Calua (2019) en la tesis propuesta “Minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache S.A.”, concluye que la minimización de tiempos improductivos logra la disminución de horas de demora en carguío y acarreo, siendo la reducción a un tiempo menor o igual a 3 min. Aumentamos la producción y beneficios en equipos de carguío y acarreo. En cada volquete un aumento de 98.5 TM/día lo que equivaldría a 14.33 \$/día, en la Exc. CAT 390 DL el aumento es de 32.1 TM/día equivalente a 11.95 \$/día y en la Exc. CAT 374 DL un aumento de 163 TM/día equivalente a 130.46 \$/día. El porcentaje de utilización aumentó en 3% (374 DL) y 10% (390 DL) en carguío y 3% en acarreo. Permitted reactivar el sistema de despacho para carguío y acarreo y hacer una contrastación y análisis de los datos del sistema y los obtenidos en campo, esto para tener un mejor monitoreo de las

operaciones, además de contar con controladores de tiempos y producción durante el carguío y acarreo, los que comuniquen a los jefes de guardia, áreas de operaciones y planeamiento mina para informar de la producción horaria, demoras y cualquier incidente en las operaciones, e implementar un ranking mensual en relación a la productividad de cada operador (carguío y acarreo) siendo este un indicador de mejora, pero con seguridad.

Haciendo referencia a Cerdán y García (2021), en su estudio “Aplicación de la teoría de colas para mejorar la producción del carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca, 2020”, Determinando el rendimiento de carguío y acarreo para los equipos: Volquete FMX 440 R = 66,56m<sup>3</sup>/h y para la excavadora 336 FL CAT el rendimiento en campo el de 326,27 m<sup>3</sup> /h estimación comparada con el manual de fabricante que da un valor de 396 m<sup>3</sup> /h. siendo multiplicado por la eficiencia mecánica obteniendo un valor como rendimiento real de 356,4 m<sup>3</sup> /h lo que denota que la excavadora está trabajando en un 91,55% de su máximo rendimiento. En consecuencia, luego de aplicar la Teoría de colas en las operaciones unitarias de carguío y acarreo incrementó en un 9% (326 m<sup>3</sup> /h – 356 m<sup>3</sup> /h) la producción de los equipos de carguío, en cuanto a la producción para los equipos de acarreo es de (60.49 m<sup>3</sup> /h – 66.56 m<sup>3</sup> /h). Concluyendo, los costos de las operaciones unitarias de carguío y acarreo al aplicar la teoría de colas se redujo en un promedio de 1,09% (Carguío; 21.79 \$/Tm – 21.05 \$/Tm), (acarreo; 81.43 \$/Tm – 80.11 \$/Tm). Al evaluar los costos obtenidos luego de la aplicación de la teoría de colas lo cual se tiene ahorro por día de \$ 6,624.00, mes \$198,720.00 y año \$198,720.00. Siendo sin duda la indicación de una mejora en la economía de esta empresa minera.

## 1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la aplicación de la teoría de colas en las operaciones transporte mejorará la producción, en la Empresa Minera el Progreso SRL, Cajamarca – 2022?



### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar las operaciones de transporte utilizando la teoría de colas para mejorar la producción en la empresa minera El Progreso SRL en Cajamarca, 2022.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar las operaciones de transporte para mejorar la producción, en la Empresa Minera el Progreso SRL en Cajamarca, 2022.
- Identificar los tiempos y rutas de los equipos de transporte durante el mes de noviembre.
- Diseñar un modelo basado en la teoría de colas para el proceso de transporte.

### **1.4. Hipótesis**

La presente investigación no presenta hipótesis. Las investigaciones cuantitativas no relacionales, no se plantean hipótesis. El hecho de no formular hipótesis depende de un factor esencial, el alcance inicial del estudio. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

### **1.5. Justificación del problema**

La presente investigación se justifica dado que la Empresa Minera el Progreso SRL, no consideran la optimización del transporte de los minerales, como herramienta para mejorar las líneas de espera, la productividad. Los tráileres y semitrailers llegan de forma simultánea y tienen que esperar la disponibilidad de los equipos de carguío, generalmente este equipo se encuentra realizando otras operaciones en la mina. Exquerro (2020) menciona en su investigación que actualmente la empresa usa para el transporte aproximadamente el 30% las zonas de carga y descarga de manera incorrecta. Es necesario diseñar un modelo

para la toma de decisiones, que apoyen la gestión de la carga y transporte de minerales para mejorar la productividad en la empresa. Ortiz y Canchari (2015) suscriben que el modelo de colas permite ponderar en forma simple y rápida y a bajo costo la magnitud del ahorro esperado en el sistema de carga y transporte de minerales.

Es importante la presente investigación debido a que la Minera el Progreso SRL no aplican modelos de optimización para mejorar sus procesos de transporte, lo realiza empíricamente las operaciones de acarreo, para minimizar costos de operación y mejorar la productividad. Los resultados de la presente investigación permitirán conocer las métricas de rentabilidad que se lograría si se mejora los cuellos de botella, las pérdidas de tiempo en las esperas, incrementando la productividad del mineral que extrae la minera el Progreso SRL.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Esta investigación es aplicada, el modelo de teoría de colas permitirá optimizar el proceso de acarreo, para aumentar la productividad de la empresa minera en horas/hombre, horas/máquina, utilizando las métricas de productividad de la empresa de acuerdo con el modelo M/M/1, información relevante para la gestión de la empresa el Progreso SRL y mejorar su productividad Maya (2014).

Además, es descriptiva, obedece al orden propuesto por los objetivos para su desarrollo, según Behar (2008). El alcance del estudio es transversal. La evaluación económica financiera, mejora el alcance en el tiempo. El resultado del estudio está limitado en el tiempo por el año 2022.

El enfoque es cuantitativo, permite obtener la productividad de la operación de acarreo de la empresa, utiliza los modelos matemáticos como el M/M/1 para obtener dicho resultado, realiza el análisis matemático para determinarlo según las métricas propuestas. Fernández, y Baptista, (2014) mencionan que los estudios cuantitativos pretenden confirmar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos. Significa que la meta principal es la formulación y demostración de teorías.

El diseño es pre experimental, pretende desarrollar el diagnóstico antes de, luego diseñar el modelo para evaluar el rendimiento después de realizado el estudio, determinar las capacidades de productividad, evaluando el modelo M/M/1. Sobre el diseño pre experimental, Arias (2006) afirma que este diseño es una especie de prueba o ensayo que se realiza durante el desarrollo del modelo de teoría de colas, antes del experimento verdadero para evaluar la productividad.

El diseño pre – experimental, permitirá conocer si existe correlación del modelo de teoría de colas desarrollado para evaluar las operaciones de acarreo y el rendimiento operativo de la empresa minera el Progreso SRL.

La población de estudio en la presente investigación es finita, son los seis camiones con los que cuenta la empresa para realizar las operaciones de acarreo de mineral, hacia el destino final. Arias (2006) la población es finita es accesible al estudio realizado por el investigador, los camiones ocasionan líneas de espera, la productividad es deficiente para la capacidad de transporte, se tiene acceso a la población objetivo observada y de la cual se extrae una muestra representativa. El tamaño de la población debe ser accesible depende del tiempo y de los recursos para desarrollar la investigación (Álvarez y Cortés, 2017). De acuerdo al estudio no existe muestreo, y la muestra no utiliza formula, la población es finita, el investigador tiene acceso a toda la muestra, por lo tanto, la muestra está representada por toda la población objeto de investigación.

El método es deductivo, permitirá describir los resultados de la productividad de las operaciones del acarreo antes del modelo y después del modelo, las diferencias existentes, una es consecuente una después de la otra, según Hernández, Fernández, y Baptista, (2014) afirma: analizar las relaciones del modelo y la productividad de acuerdo con la hipótesis a desarrollar los objetivos, diagnosticar las operaciones de acarreo, diseñar el modelo, determinar la productividad obedece a un paradigma deductivo.

Investigación de técnica documental, servirá para recolectar datos, los cuales se sustenta según Álvarez, y Cortés, (2017) como: los trabajos cuya técnica de investigación se centra en la recopilación de datos en forma documental. Siendo investigaciones cuya

recopilación de datos de carácter exclusivo utilizan documentos que aportan antecedentes sobre el tema en estudio.

**Tabla 1**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Técnica	Instrumento
Documental	Reportes de gestión del sistema de la empresa Progreso SRL
Observación	La ficha

Nota: La técnica del estudio es documental. La ficha se llenará el formato de acuerdo a los reportes de la empresa Progreso SRL.

En la presente investigación se utilizó las fuentes primarias y fuentes secundarias para su desarrollo. En cuanto a la recolección de datos se presenta en la ficha en Anexo 1. Las fuentes primarias: la fuente primaria es la empresa minera el Progreso SRL, los datos recabados mediante la técnica documental del sistema de reportes de operaciones y producción de la empresa, el tiempo de espera se determina de estos reportes, la productividad se determinará mediante el modelo utilizado M/M/1, aplicado en la presente investigación. Las fuentes secundarias: son libros de gestión de operaciones, tesis sobre teoría de colas y productividad, artículos científicos relacionado con la teoría de colas, se utilizó para el desarrollo el Libro de Taha para el análisis de Colas, según se demuestra en las bases teóricas.

El análisis utilizó el Software SPSS Versión 24 para elaborar el diagnostico, usando el diagrama de Ishikawa, para evaluar las causas y consecuencias de las operaciones de acarreo de la empresa; la cuantificación de las consecuencias se desarrollará mediante el

diagrama de Pareto, una vez que se determinó el diagnóstico, se elabora el diseño utilizando el modelo M/M/1 de la teoría de colas, se utilizará el Excel para su desarrollo de la espera, la probabilidad para determinar el coeficiente de espera en cada operación de acarreo, luego de determinar el modelo, se aplica el diseño y se utiliza el diseño pre experimental para evaluar la producción de las operaciones. La presente investigación no presenta hipótesis, por lo tanto, no existe estadígrafo que demostrara algún tipo de relación en las variables de estudio.

La presente investigación se apega a las normas APA para la documentación, utiliza citas directas y parafraseadas, con su respectiva bibliografía, para dar crédito al autor. Además, sigue los protocolos y normas de UPN, además de las normas de ética para la documentación establecida por la universidad.

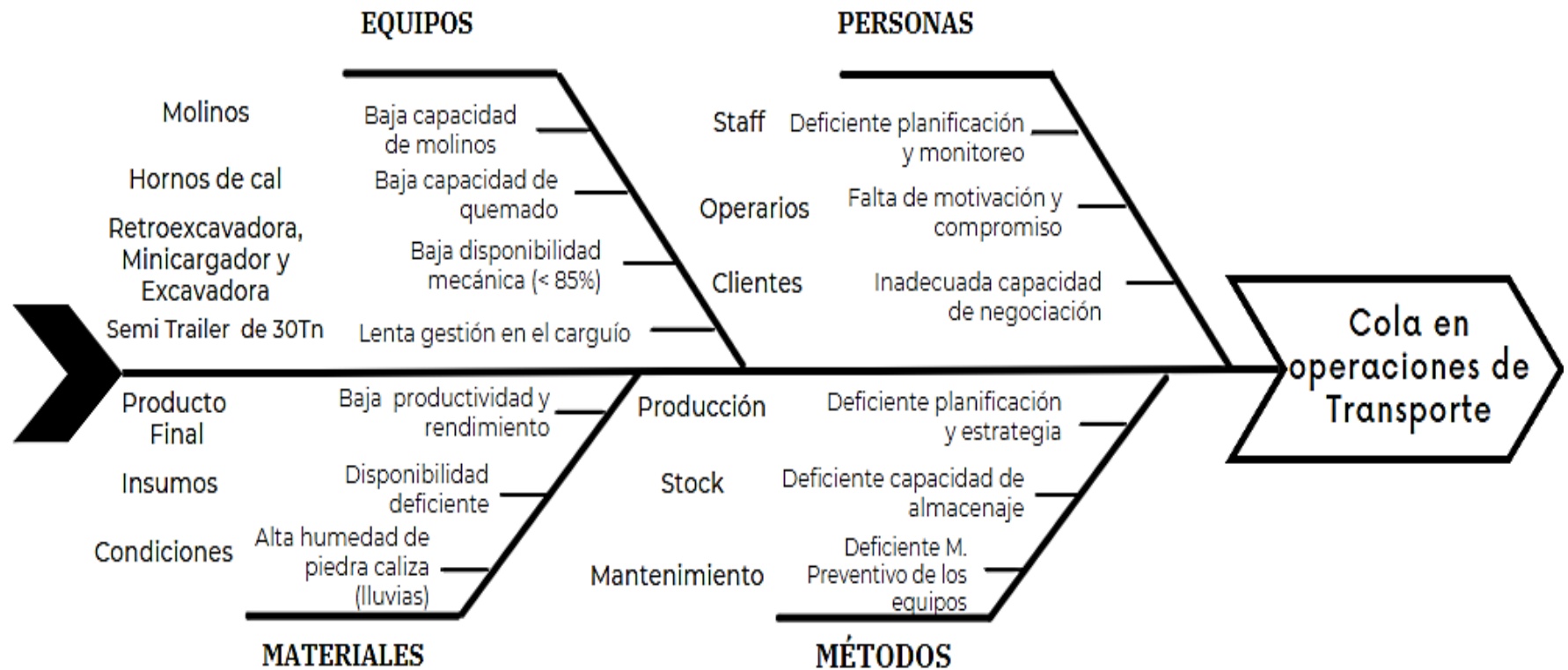
## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### **3.1. Diagnosticar las operaciones de transporte para mejorar la producción en la Empresa Minera el Progreso SRL**

Se realizó el diagnóstico, utilizando el diagrama de Ishikawa para conocer el efecto y luego ponderar mediante Pareto, permite identificar las causas importantes, el que servirá para evaluar el proceso de operación de acarreo utilizando la distribución discreta de probabilidad de llegada Markoviano, el tiempo de servicio Markoviano, para optimizarlo.

**Figura 1**

*Diagrama de Ishikawa*



Fuente: Elaboración propia (2022)



Se realizó el diagnóstico utilizando el diagrama de Ishikawa, se identificó las causas como posible generador de la espera o cola en la Empresa el Progreso SRL, observándose en primera línea la causa equipos. La sub causa, la capacidad de operación. Con respecto a las retroexcavadoras 420F2, el Mnicargador 246D-CAT, la Excavadora 320NG, se evalúa la disponibilidad y la velocidad de carga, se presenta como sub causa al Semi Trailer, considerando posible responsable de la espera debido a la capacidad de carga, y el tiempo de acarreo.

Con respecto a la causa material se observó como posible sub causa la humedad de la piedra caliza ocasionada por las lluvias, insumo principal para la producción de cal, las inundaciones provocando más trabajo en producción; además se considera como sub causa los insumos en la deficiente procura y disponibilidad; se considera además como sub causa la baja productividad y menos rendimiento del producto, por lo antes mencionado, siendo esta una causa en la generación de espera en la operación de acarreo en la Minera el Progreso.

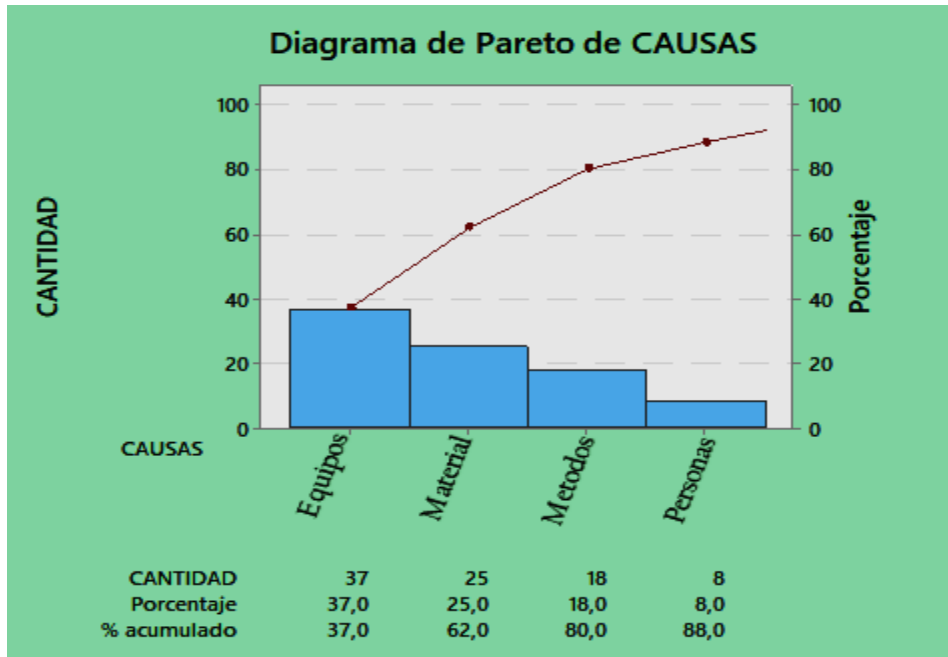
Con respecto a la causa personas, se analizó como sub causa problema a la deficiente planificación y monitoreo del Staff; además se considera para evaluar mediante el Diagrama de Pareto al compromiso y motivación de los operarios, además se considera la sub causa a la capacidad de negociación de los clientes.

Para la causa métodos, se evalúa la deficiente planificación del mantenimiento preventivo, predictivo de los equipos, Semi Trailer, el Minicargador, y la Retroexcavadora, se evalúa la capacidad de almacenaje del producto final, de los insumos; en la sub causa producción puede ser causa de la cola o línea de espera, debido a la deficiente planificación y deficiente estrategias para gestionar adecuadamente la operación de acarreo en la Empresa el Progreso SRL.

A través de la metodología de Pareto se identifica las causas importantes y las triviales que generan la cola en las operaciones de acarreo del mineral en la Empresa Progreso SRL.

**Figura 2**

*Diagrama de Pareto*



Fuente: Empresa Minera El Progreso

Pareto, se basa en los datos del Diagrama de Ishikawa, asignando valores a las causas y sub causas de la operación. De acuerdo al resultado de figura se evaluaron las causas tomando en cuenta los equipos, presentando estos un 37% de causa importante para su análisis en la presente investigación. de acuerdo con la evaluación de la metodología; en la causa material 25%, además se evalúa los métodos utilizados como causa importante, para originar la cola o línea de espera en las operaciones de acarreo de la Empresa Progreso SRL, sumando estas tres causas se llega a un 80% de causas generando el estudio de optimización en la relación del presente estudio.

### 3.2. Identificar los tiempos y rutas de los equipos de transporte durante el mes de noviembre

La empresa minera en el mes de noviembre realizó 03 envíos de óxido de calcio (cal) a las empresas Yanacocha, La Zanja y Coimolache, las hojas de ruta se describen a continuación.

**Tabla 2**

*Descripción de la hoja de ruta Yanacocha - 02 noviembre*

---

**HOJA DE RUTA PARA EL TRANSPORTE DE OXIDO DE CALCIO (CAL)  
EMPRESA MINERA EL PROGRESO SRL. (EMEPRO) - MINERA  
YANACOCHA**

---

<b>RUTA PRINCIPAL:</b>	PLANTA DE DESPACHO EMEPRO SRL., BASE EMEPRO , FRUTILLO ALTO, LA TAHONA, COLQUIRRUMI (OFIC), COLQUIRRUMI, PAS. AMB., HUALGAYOC, ABRA COIMOLACHE, GRIFO BURGA, EL COBRO, ZONA DE LAGUNAS, CRUCE A ALTO PERÚ, LA SHOCLLA, GARITA HUANDOY MINERA YANACOCHA.
<b>RUTA ALTERNA:</b>	Por evaluar
<b>Bambamarca - Hualgayoc:</b>	Zona de regular afluencia de tráfico, la vía presenta dos carriles; zona con pendientes, la vía presenta curvas - asfaltada - presencia de peatones y animales en la vía (sobre todo en zonas urbanas); buena señalización vial.
<b>Hualgayoc - El Cobro:</b>	Zona de regular afluencia de tráfico, vía de un carril; zona con pendientes, la vía presenta curvas - vía asfaltada - tramos sin asfaltar, presencia de peatones y animales en la vía (sobre todo en zonas urbanas); buena señalización vial.
<b>El Cobro - Huandoy (Minera Yanacocha):</b>	Zona urbana, con gran afluencia de tráfico, la vía presenta dos carriles, la ruta se desarrolla en vía asfaltada, pequeños tramos sin asfaltar; buena señalización vial.
<b>VISIBILIDAD:</b>	En época de verano hay una buena visibilidad, en época de invierno la visibilidad disminuye, esto debido a la presencia de lloviznas y nubosidad.

---

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

**Tabla 3**

*Velocidades, Distancia recorrida, progresivas y tiempo establecidos de la Hoja de Ruta 01 - Ida*

<b>IDA - RUTA: BASE DE EMPRESA MINERA EL PROGRESO SRL (LA LUCMA BAMBAMARCA) - GARITA HUANDROY</b>				
1	Base Emepro - Frutillo alto	35 Km/Hr	6 Km	1380.1 al 1374.0 00.12
2	Frutillo Alto - La Taona	35 Km/Hr	8.4 Km	1374.0 al 1365.7 00.18
3	La Taona - Oficinas CIA Colquirrumi	35 Km/Hr	2 Km	1365.7 al 1363.7 00.07
4	Oficinas Colquirrumi - Pasivos Ambientales CIA Colquirrumi	35 Km/Hr	2.8 Km	1363.7 al 1360.9 00.09
5	Pasivos Ambientales CIA Colquirrumi - Hualgayoc	35 Km/Hr	3.3 Km	1360.9 al 1357.6 00.05
6	Hualgayoc - Abra Coimolache	35 Km/Hr	7.5 Km	1357.6 al 1350.1 00.20
7	Abra Coimolache - La Posada (Grifo Burga)	40 Km/Hr	3.0 Km	1350.1 al 1347.1 00.08
8	La Posada Grifo Burga - El Empalme	40 Km/Hr	9.2 Km	1347.1 al 1338.0 00.16
9	El Empalme - El Cobro	45 Km/Hr	5.9 Km	1338.0 al 1332.0 00.12
			<b>Restaurante el</b>	
10	<b>DESCANSO - CONTROL DE FATIGA Y DESAYUNO</b>		<b>Cobro</b>	<b>Km. 1332 = Km 61 00.40</b>
11	El Cobro - Quebrada Honda	40 Km/Hr	5.7 Km	1332.0 al 1326.3 00.17
12	Quebrada Honda - Zona de Lagunas	40 Km/Hr	2.5 Km	1326.3 al 1323.8 00.08
13	Zona de Lagunas - cruce a Alto Perú	45 Km/Hr	3.0 Km	1323.8 al 1320.8 00.03
14	Cruce a Alto Perú - Centro Poblado la Shoclla	45 Km/Hr	6.5 Km	1320.8 al 1314.3 00.07
15	Centro Poblado la Shoclla - Garita Huandoy	45 Km/Hr	8.0 Km	1314.3 al 1306.3 00.18
			<b>Distanc. 73.8 Km</b>	<b>200 min.</b>

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

**Tabla 4**

*Velocidades, Distancia recorrida, progresivas y tiempo establecidos de la Hoja de Ruta 01 - Retorno*

<b>RETORNO - RUTA: GARITA HUANDOY - BASE DE EMPRESA MINERA EL PROGRESO SRL. (LA LUCMA BAMBAMARCA)</b>					
16	Huadoy - Centro Poblado. La Shoclla	50 Km	8 Km	1306.3 al 1314.3	00.16
17	Centro Poblado La Shoclla - cruce a Alto Perú	50 Km	6.5 Km	1314.3 al 1320.8	0.05
18	Cruce a Alto Perú - Zona de Lagunas	50 Km	3 Km	1320.8 al 1323.8	0.03
19	Zona de Lagunas - Quebrada Honda	45 Km	2.5 Km	1323.8 al 1326.3	00.07
20	Quebrada Hoda - Centro Poblado El Cobro	45 Km	5.7 Km	1326.3 al 1332.0	00.16
21	<b>DESCANSO: ALMUERZO OPCIONAL</b>	<b>Restaurante el Cobro</b>	<b>Km. 1332 = Km 61</b>		0.40
22	Centro Poblado el Cobro - El Empalme	45 Km	5.9 Km	1332.0 al 1337.9	00.12
23	El Empalme - La Posada (Grifo Burga Vásquez)	45 Km	9.2 Km	1337.9 al 1347.1	00.11
24	La Posada Grifo Burga Vásquez - Abra Coimolache	45 Km	3 Km	1347.1 al 1350.1	00.08
25	Abra Coimolache - Hualgayoc	45 Km	7.5 Km	1350.1 al 1357.6	00.20
26	Hualgayoc - Pasivos Ambientales CIA. Colquirrumi	40 Km	3.3 Km	1357.6 al 1360.9	00.04
27	Pasivos Ambientales CIA. Colquirrumi - Oficinas CIA. Colquirrumi	40 Km	2.8 Km	1360.9 al 1363.7	00.08
28	Oficinas CIA. Colquirrumi - La taona	40 Km	2 Km	1363.7 al 1365.7	00.06
29	La Taona -Frutillo Alto	40 Km	8.4 Km	1365.7 al 1374.0	00.17
30	Frutillo Alto - Base EMEPRO La Lucma	40 Km	6 Km	1374.0 al 1380.1	0.15
				<b>Distan. 73.8 Km</b>	<b>188 min.</b>

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

El tiempo empleado en la ruta a la empresa Yanacocha entre ida y retorno de 73.8 km suma un total de 388 minutos (06 h. y 28 min.)

**Tabla 5**

*Descripción de la hoja de ruta La Zanja - 16 noviembre*

---

**HOJA DE RUTA PARA EL TRANSPORTE DE OXIDO DE CALCIO (CAL) EMEPRESA MINERA EL PROGRESO (BAMBAMARCA) - MINERA LA ZANJA**

---

<b>RUTA PRINCIPAL:</b>	PLANTA DE PROCESAMIENTO EMEPRO SRL., BASE EMEPRO -, FRUTILLO ALTO, LA TAHONA, OFICINAS COLQUIRRUMI, COLQUIRRUMI PASIVOS AMBIENTALES, HUALGAYOC, ABRA COIMOLACHE, GRIFO BURGA, CENTRO PABLADO EL EMPALME, CENTRO POBLADO UCHUQUINUA, CRUCE MINA SIPAN, CENTRO POBLADO GORDILLOS, CENTRO POBLADO BANCUYOC, PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO MINERA LA ZANJA.
<b>RUTA ALTERNA:</b>	Por evaluar
<b>Bambamarca - Hualgayoc:</b>	Zona de regular afluencia de tráfico, la vía presenta dos carriles; zona con pendientes, la vía presenta curvas - asfaltada - presencia de peatones y animales en la vía, sobre todo en zonas urbanas, presenta buena señalización vial.
<b>Hualgayoc - Centro poblado El Empalme:</b>	Zona de regular afluencia de tráfico, en un tramo presenta vía de un carril; zona con pendientes, la vía presenta curvas asfaltadas y tramos sin asfaltar, presencia de peatones y animales en la vía, sobre todo en zonas urbanas, con buena señalización vial.
<b>C. P. El Empalme, cruce mina Sipán, C.P. Gordillos, parqueo Minera la Zanja. VISIBILIDAD:</b>	Carretera afirmada sin asfaltar, presenta tramos de zonas urbanas, con regular afluencia de tráfico, la vía presenta dos carriles, en algunos tramos presenta vía reducida a un solo carril, en la vía existen curvas con poca visibilidad, existe buena señalización vial, en época de invierno hay presencia de neblina. En época de verano hay una buena visibilidad, en época de invierno la visibilidad disminuye, esto debido a la presencia de lloviznas y nubosidad

---

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

**Tabla 6**

*Velocidades, Distancia recorrida, progresivas y tiempo establecidos de la Hoja de Ruta 02 - Ida*

**IDA - RUTA: BASE EMEPRO (LA LUCMA) - MINERA LA ZANJA**

1	Base Emepro - Frutillo alto	35 Km/Hr	6 Km	1380.1 al 1374.1	00.12
2	Frutillo Alto - La Taona	35 Km/Hr	8.4 Km	1374.1 al 1365.7	00.18
3	La Taona - CIA Colquirrumi (Ofi.)	35 Km/Hr	2 Km	1365.7 al 1363.7	00.07
4	Colquirrumi (ofi.) - Pasivos Ambientales CIA Colquirrumi	35 Km/Hr	2.8 Km	1363.7 al 1360.9	00.09
5	Pasivos Ambientales CIA Colquirrumi - Hualgayoc	35 Km/Hr	3.3 Km	1360.9 al 1357.6	00.05
6	Hualgayoc - Abra Coimolache	35 Km/Hr	7.5 Km	1357.6 al 1350.1	00.20
7	Abra Coimolache - La Posada (Grifo Burga)	40 Km/Hr	3.0 Km	1350.1 al 1347.1	00.08
8	La Posada Grifo Burga - El Empalme	40 Km/Hr	9.1 Km	1347.1 al 1338.0	00.16
	Distancia desde Base EMEPRO. Hacia C.P. el Empalme, existe numeración en hitos de vía			<b>42.2 Km.</b>	
9	Pasar por Centro Poblado El Empalme	20 Km/Hr	1.0 Km	1.0 Km	00:03
10	El Empalme - Centro Poblado Uchuquinua	40 Km/Hr	4.0 Km.	5.0 Km	00.15
11	Al pasar por Centro Poblado Uchuquinua	20 Km/Hr	0.5 Km	5.5 Km	00.02
12	Centro Poblado Uchuquinua - Cruce a los Angeles	40 Km/Hr	5.0 Km	10.5 Km	00.10
	<b>Parada Técnica, control de fatiga y desayuno</b>				00:50
13	Cruce a los Ángeles - Cruce a minas Sipán	40 Km/Hr	9.4 Km	19.9 Km	00.20
14	Cruce Minas Sipán - Cruce a Centro Poblado Gordillos	30 Km/Hr	5.3 Km	25.2 Km	00.17
15	Centro Poblado Gordillos - Parqueo Minera la Zanja	30 Km/Hr	7.3 Km	32.5 Km	00:18
	Distancia de C.P el Empalme hasta Minera le Zanja - no existe hitos con numeración de vía			<b>74.7 Km.</b>	<b>230 min.</b>

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

**Tabla 7**

*Velocidades, Distancia recorrida, progresivas y tiempo establecidos de la Hoja de Ruta 02 – Retorno*

<b>RETORNO - RUTA: MINERA LA ZANJA - BASE EMEPRO (BAMBAMARCA)</b>				
<b>En el viaje de retorno el almuerzo es opcional, dependiendo de la hora de salida.</b>				
16	Parqueo Minera la Zanja - Centro Poblado Gordillos	30 Km/Hr	7.3 Km	1.0 al 7.3 00:16
17	Centro Poblado Gordillos - Cruce a Minas Sipan	30 Km/Hr	5.3 Km	7.3 al 12.6 00:16
18	Cruce Minas Sipán - Centro Poblado Uchuquinua	40 Km/Hr	14.4 Km	12.6 al 27.0 00:28
19	Al pasar por Centro Poblado Uchuquinua	20 Km/Hr	0.5 Km	27.0 al 27.5 00:01
20	Centro Poblado Uchuquinua - Centro Poblado el Empalme	40 Km/Hr	4.0 Km	27.5 al 31.5 00:10
21	Pasar por Centro Poblado el Empalme	20 Km/Hr	1.0 Km	31.5 al 32.5 00:02
22	El Empalme - La Posada (Grifo Burga Vásquez)	45 Km/Hr.	9.2 Km	1338.0 al 1347.1 00:11
23	La Posada Grifo Burga Vásquez - Abra Coimolache	45 Km/Hr.	3 Km	1347.1 al 1350.1 00:08
24	Abra Coimolache - Hualgayoc	45 Km/Hr.	7.5 Km	1350.1 al 1357.6 00:20
25	Hualgayoc Pasivos Ambientales CIA. Colquirrumi	40 Km/Hr.	3.3 Km	1357.6 al 1360.9 00:04
26	Pasivos Ambientales CIA. Colquirrumi - Oficinas CIA. C	40 Km/Hr.	2.8 Km	1360.9 al 1363.7 00:08
27	CIA. Colquirrumi (oficinas) - La taona	40 Km/Hr.	2 Km	1363.7 al 1365.7 00:06
28	La Taona -Frutillo Alto	40 Km/Hr.	8.4 Km	1365.7 al 1374.1 00:17
29	Frutillo Alto - Base EMEPRO La Lucma	40 Km/Hr.	6 Km	1374.1 al 1380.1 00:18
			<b>74.7 Km.</b>	<b>165 min.</b>

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

El tiempo empleado en la ruta a la empresa La Zanja entre ida y retorno de 74.7 km suma un total de 395 minutos (06 h. y 35 min.)



**Tabla 8**

*Descripción de la hoja de ruta Coimolache - 27 noviembre*

---

**HOJA DE RUTA PARA EL TRANSPORTE DE OXIDO DE CALCIO (CAL) EMEPESA MINERA EL PROGRESO (BAMBAMARCA) - CIA MINERA COIMOLACHE**

---

<b>RUTA PRINCIPAL:</b>	PLANTA DE PROCESAMIENTO EMEPRO SRL., BASE DE LA EMPRESA MINERA EL PROGRESO (EMEPRO), LA LUCMA BAMBAMARCA -, FRUTILLO ALTO, LA TAHONA, OFICINAS COLQUIRRUMI, COLQUIRRUMI PASIVOS AMBIENTALES, HUALGAYOC, ABRA COIMOLACHE, GRIFO BURGA, CAMPAMENTO AMERICA, GARITA COIMOLACHE.
<b>RUTA ALTERNA:</b>	Por evaluar
<b>Bambamarca - Hualgayoc:</b>	Zona de regular afluencia de tráfico, la vía presenta dos carriles; zona con pendientes, la vía presenta curvas -asfaltada - presencia de peatones y animales en la vía, sobre todo en zonas urbanas, presenta buena señalización vial.
<b>Hualgayoc - cruce a CIA. Tantahuatay</b>	Zona de regular afluencia de tráfico, en un tramo presenta vía de un carril; zona con pendientes, la vía presenta curvas asfaltadas y tramos sin asfaltar, presencia de peatones y animales en la vía, sobre todo en zonas urbanas, con buena señalización vial.
<b>Grifo Burga hacia garita Tantahuatay.</b>	Carretera afirmada sin asfaltar, con regular afluencia de tráfico, la vía presenta dos carriles, en algunos tramos presenta vía reducida a un solo carril, en la vía existen curvas con poca visibilidad, en época de invierno hay presencia de neblina.
<b>VISIBILIDAD:</b>	En época de verano hay una buena visibilidad, en época de invierno la visibilidad disminuye, esto debido a la presencia de lloviznas y nubosidad.

---

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

**Tabla 9**

*Velocidades, Distancia recorrida, progresivas y tiempo establecidos de la Hoja de Ruta 03 - Ida*

<b>IDA - RUTA: BASE EMEPRO (LA LUCMA) - CIA MINERA COIMOLACHE</b>					
1	Base Emepro - Frutillo alto	35 Km/Hr	6 Km	1380.1 al 1374.1	00.12
			8.4		
2	Frutillo Alto - La Taona	35 Km/Hr	Km	1374.1 al 1365.7	00.18
3	La Taona - CIA Colquirrumi (Ofi.)	35 Km/Hr	2 Km	1365.7 al 1363.7	00.07
			2.8		
4	Colquirrumi (ofi.) - Pasivos Ambientales CIA Colquirrumi	35 Km/Hr	Km	1363.7 al 1360.9	00.09
			3.3		
5	Pasivos Ambientales CIA Colquirrumi - Hualgayoc	35 Km/Hr	Km	1360.9 al 1357.6	00.05
			7.5		
6	Hualgayoc - Abra Coimolache	35 Km/Hr	Km	1357.6 al 1350.1	00.20
			3.0		
7	Abra Coimolache - La Posada (Grifo Burga)	40 Km/Hr	Km	1350.1 al 1347.1	00.08
	Distancia desde Base EMEPRO. Hacia Cruce Grifo Burga, existe numeración en hitos de vía			<b>33.00 Km.</b>	
	<b>Vía de Ingreso a Cia Coimolache - Parada Técnica, control de fatiga e Inspeccion de carga</b>				00:15
			2.1		
8	La posada grifo Burga - Campamento America	30 Km/Hr	Km	2.1	00:06
			5.4		
9	Campamento America - Garita CIA Minera Coimolache	30 Km/hr	Km	7.5 Km	00:20
				<b>40.5 Km.</b>	<b>120 min.</b>

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

**Tabla 10**

*Velocidades, Distancia recorrida, progresivas y tiempo establecidos de la Hoja de Ruta 03 – Retorno*

<b>RETORNO - RUTA: CIA MINERA COIMOLACHE - BASE EMEPRO (BAMBAMARCA)</b>					
10	Garita CIA Minera Coimolache - Campamento America	30 Km/Hr	5.4 Km	5.4 Km.	00:20
11	Campamento America -La Posada Grifo Burga	30 Km/Hr	2.1 Km	7.5 Km.	00:06
12	La Posada Grifo Burga Vásquez - Abra Coimolache	45 Km/Hr.	3 Km	1347.1 al 1350.1	00.08
13	Abra Coimolache - Hualgayoc	45 Km/Hr.	7.5 Km	1350.1 al 1357.6	00.20
14	Hualgayoc Pasivos Ambientales CIA. Colquirrumi	40 Km/Hr.	3.3 Km	1357.6 al 1360.9	00.04
15	Pasivos Ambientales CIA. Colquirrumi - Oficinas CIA. C	40 Km/Hr.	2.8 Km	1360.9 al 1363.7	00.08
16	CIA. Colquirrumi (oficinas) - La taona	40 Km/Hr.	2 Km	1363.7 al 1365.7	00.06
17	La Taona -Frutillo Alto	40 Km/Hr.	8.4 Km	1365.7 al 1374.1	00.17
18	Frutillo Alto - Base EMEPRO La Lucma	40 Km/Hr.	6 Km	1374.1 al 1380.1	00.18
				<b>40.5 Km</b>	<b>107 min.</b>

Fuente: Empresa Minera El Progreso SRL.

El tiempo empleado en la ruta a la empresa Coimolache entre ida y retorno de 40.5 km suma un total de 227 minutos (03 h. y 47 min.)

### 3.3. Diseñar un modelo basado en la teoría de colas para el proceso de transporte

A continuación, se presenta los datos obtenidos del modelo diseñado aplicando la teoría de colas en las operaciones de transporte de la empresa El Progreso SRL.

**Tabla 11**

*Datos – Input*

<b>DATOS</b>		
Llegada Semi Trailer prom. Frente carguío	$\lambda$	17.77
Tiempo carguío	$T\mu$	4.53
Máx semi trailer en cola	k	3
N° Servidores actuales	s	1
Factor tiempo	ft	60

Fuente: Elaboración propia (2022).

**Tabla 12**

*Resultados del modelo diseñado – Output*

<b>Output</b>			
Velocidad de servicio	$\mu$	13.25	
N° mínimo de servidores	s min	1.34	2 servidores
Rendimiento	$\rho$	0.67	
Legada de semi trailer	$\lambda$	17.47	
Semi trailer de salida	$\lambda - \lambda'$	0.30	
Tiempo medio en el sistema	w	20.57	minutos
Tiempo medio de espera de semi trailer en cola	wq	16.04	minutos
Semi trailer en espera	Lq	1.77	

Fuente: Elaboración propia (2022).

Según los resultados presentados tenemos que el tiempo de espera sería de 16.04 minutos y la cantidad de semi trailers en espera 2, por lo tanto, cada uno tendría un tiempo de espera estimado en 8.02 minutos. Además, el tiempo residual del ciclo aplicando la teoría de colas sería de 4.53 minutos. La probabilidad de que permanezca ocupado el servidor según el modelo planteado es del 71%. Se recomienda implementar la operación de transporte con 01 servidor adicional, adquiriendo un Minicargador, y un polipasto para instalarlo en el puente grúa.

Debido al incremento de la capacidad del servicio, de acuerdo con el modelo de Teoría de Colas, la producción de las operaciones de transporte se vería incrementadas en hasta 1300 Tn. Sin considerar el incremento de los hornos, debido a que actualmente no se trabajaba en la máxima capacidad de procesamiento de acuerdo a las condiciones de operaciones.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados presentados del diagnóstico utilizando el diagrama de Ishikawa, identificaron las posibles causas que generan la espera o cola en la Empresa el Progreso SRL, se considera la baja disponibilidad y velocidad de carga Mini cargador 246D-CAT. En el diagrama de Pareto se identificó que las deficiencias en los equipos de transporte asumen un 37% de causas que posiblemente generen colas.

Los resultados presentados tenemos que el tiempo de espera sería de 16.04 minutos y la cantidad de semi trailers en espera 2, por lo tanto, cada uno tendría un tiempo de espera estimado en 8.02 minutos, estos valores nos permiten hacer una comparación con lo señalado por Ramos y Salomón (2021), en la investigación, “Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua”, llega a la conclusión, que en la actualidad, el número de espera es de 1 volquete, el tiempo para el carguío es de 8.41 minutos y el tiempo en la cola es de 3.91 minutos, el cual genera pérdidas tanto productivas como económicas.

Además, el tiempo residual del ciclo aplicando la teoría de colas sería de 4.53 minutos, estos valores permiten realizar una comparación con los hallazgos obtenidos por Molina (2021) en su tesis “Modelo de optimización de un sistema pala-camión en una mina de carbón a cielo abierto”, concluye de los resultados obtenidos de la validación del algoritmo evolutivo propuesto (AGMO). Las reducciones de ciclo mínima luego de utilizar el AGMO, es de 1,22 y máxima de 4,3 minutos que corresponden a un aumento de 2,3 bcm/h.

Se recomienda implementar la operación de transporte con 01 servidor adicional, adquiriendo un Minicargador, y un polipasto para instalarlo en el puente grúa. Debido al incremento de la capacidad del servicio, de acuerdo con el modelo de Teoría de Colas, la producción de las operaciones de transporte se verían incrementadas en hasta 1300 Tn. Estos resultados permiten hacer una comparación con lo señalado Manrique (2021), en el estudio, “Evaluación de los equipos de carguío y transporte para el incremento de la productividad aplicando la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal Junín”, concluye que los efectos de la producción tendrán un incremento de 3500 TMD a 3750 TMD con ello se mejora la productividad de empresa minera San Cristóbal -Junín. Dicha tendencia de colas del mes de agosto a diciembre del 2020, toneladas transportadas promedio fue de 3500 Ton, y sin colas del mes de agosto a diciembre del 2020 transportadas promedio fue de 3750, lo cual equivale en un incremento de un 7.14%.

La empresa el Progreso SRL, tiene como limitación, la capacidad de gestión empírica de las operaciones de acarreo, la resistencia al cambio, la deficiente capacidad para manejar las líneas de espera, los gastos, y la baja productividad. La limitación de la empresa es que solamente cuenta con un mini cargador para realizar las operaciones de carguío de los semi tráiler en la empresa el Progreso SRL.

## **Conclusiones**

- Se realizó el diagnóstico de las operaciones de transporte utilizando el diagrama de Ishikawa, identificando las posibles causas generadoras de la espera o cola en la Empresa el Progreso SRL, se consideró al Mini cargador 246D-CAT, como posible causa de la cola debido a su bajo porcentaje de disponibilidad y baja velocidad de carga. De acuerdo con el diagrama de Pareto, se evaluaron las causas de colas

tomando como uno de los ítems de análisis a los equipos, presentando un 37% de causa importante.

- Se identificaron los tiempos y rutas de las operaciones de transporte de óxido de calcio, siendo el tiempo empleado en la ruta a la empresa Yanacocha entre ida y retorno de 73.8 km suma un total de 388 minutos (06 h. y 28 min.), en la ruta a la empresa La Zanja entre ida y retorno de 74.7 km suma un total de 395 minutos (06 h. y 35 min.), y en la ruta a la empresa Coimolache entre ida y retorno de 40.5 km suma un total de 227 minutos (03 h. y 47 min.).
- Se diseñó un modelo aplicando la teoría de colas en las operaciones de transporte, estimando que el tiempo de espera sería de 16.04 minutos y la cantidad de semi trailers en espera 2, por lo tanto, cada uno tendría un tiempo de espera estimado en 8.02 minutos. Además, el tiempo residual del ciclo aplicando la teoría de colas sería de 4.53 minutos. La probabilidad de que permanezca ocupado el servidor según el modelo planteado es del 71%.
- Se recomienda implementar la operación de transporte con 01 servidor adicional, adquiriendo un Minicargador, y un polipasto para instalarlo en el puente grúa. Debido al incremento de la capacidad del servicio, de acuerdo con el modelo de Teoría de Colas, la producción de las operaciones de transporte se vería incrementadas en hasta 1300 Tn.



## Referencias

- Calua, F. (2019). "*Propuesta de minimización de tiempos improductivos para una mayor producción en carguío y acarreo en Cia. Minera Coimolache S.A. Cajamarca, Perú*": Universidad Nacional de Cajamarca . Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3114/TESIS%20FREDDY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cerdan, A. y García, E. R. (2021). *Aplicación de la teoría de colas para mejorar la producción del carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca, 2020*. Cajamarca, Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27122/TESIS%20FINAL%20ALEX%20Y%20RONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cornejo, E. (2016). Sistema de optimización de transporte para la mediana minería. *Sonami*. Obtenido de <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/10.-SISTEMA-DE-OPTIMIZACION-DE-TRANSPORTE-PARA-LA-MEDIANA-MINERIA.pdf>
- CUCEA. (2018). *Modelos de teorías de colas y líneas de espera*. Jalisco, México. Obtenido de [http://repositorio.cucea.udg.mx/jspui/bitstream/123456789/467/3/Teorias\\_colas.pdf](http://repositorio.cucea.udg.mx/jspui/bitstream/123456789/467/3/Teorias_colas.pdf)
- Exquerro, S. (2020). *Modelos para una planificación y gestión eficiente del transporte urbano de mercancías*. Cantabria, España. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=290497>

García, J. P. (2016). *Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones*. España.

Obtenido de

<http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/teoriadecolasdoc.pdf>

Lins, O., Cano, A. E. y Arroyo, C. E. (2018). *Dimensionamiento de flota en las operaciones de carguío y transporte usando modelos de simulación de sistemas*. Brasil . doi:doi:

10.26439/interfases2018.n011.2952

Manrique, J. L. (2021). *Evaluación de los equipos de carguio y transporte para el incremento de la productividad aplicando la teoría de coas en la Unidad Minera San*

*Cristobal - Junin.* Cusco, Perú. Obtenido de

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6134/253T2021031>

[3\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6134/253T2021031_3_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Manrique, J. L. (2021). *Evaluación de los equipos de carguío y transporte para el incremento de la productividad aplicando la teoría de colas en la Unidad Minera*

*San Cristóbal Junín.* Arequipa, Perú. Obtenido de

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6134>

Mejía, C. A. (2015). *Indicadores de efectividad y eficacia*. Colombia .

Mendoza, A. E. (2018). *Evaluación y propuesta de optimización del proceso de extracción de caolín y feldespató en el Área Minera María*. Cuenca, Ecuador : Universidad del

Azuay. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8340/1/14061.pdf>

Molina, S. I. (2021). *Modelo de optimización de un sistema pala-camión en una mina de carbón a cielo abierto*. Perú. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79649/49790178.2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Morales, M. A. (2019). *Modelamiento y simulación del minado y remanipulación de mineral en una mina a tajo abierto*. Perú. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/233005378.pdf>

Ortiz, O. y Canchari, G. (2015). *Aplicación del modelo de colas al acarreo minero. Caso Mina Magistral* (Vols. ISSN-L:1561-0888). Perú: Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM vol 20 n° 40, 2017: 32 - 41.

Palma, M. I. (2017). *Cuantificación económica de demoras operacionales en el proyecto minero Chuquicamata subterráneo, Macro Bloques NI-SI Codelco*. Chile. Obtenido de [https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/5724/a121556\\_Palma\\_M\\_Cu  
antificacion\\_economica\\_de\\_demoras\\_operacionales\\_2017\\_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/5724/a121556_Palma_M_Cu%20antificacion_economica_de_demoras_operacionales_2017_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)


Pardo, K. (2019). *Optimización del transporte de desmonte con volquetes mediante la teoría de colas en Sociedad Minera Corona S.A.* Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6271/LISTO\\_TESIS  
%20PARDO%20NAVARRO%20KENNEDY.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6271/LISTO_TESIS%20PARDO%20NAVARRO%20KENNEDY.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pérez, M. L., Peláez, J. S. y Carrión, A. (2014). *La capacidad de procesos como métrica de calidad para características cualitativas*. Colombia. Obtenido de [https://www.rlcu.org.ar/recursos/ponencias\\_IX\\_encuentro/Perez\\_Urrego\\_Pelaez\\_Zuniga\\_Carrion\\_Garcia.pdf](https://www.rlcu.org.ar/recursos/ponencias_IX_encuentro/Perez_Urrego_Pelaez_Zuniga_Carrion_Garcia.pdf)

- Ramos, M. J. y Salomon, E. (2021). *Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua*. Perú: Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10193>
- Retamal, G. C. (2018). *Propuesta de un modelo de optimización estocástica para programar la flota de camiones en compañía minera los Pelambres*. Concepción, Chile. Obtenido de [https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/15521/a125483\\_Retamal\\_G\\_Propuesta\\_de\\_un\\_modelo\\_de\\_2019.pdf?sequence=1](https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/15521/a125483_Retamal_G_Propuesta_de_un_modelo_de_2019.pdf?sequence=1)
- Sladogna, M. G. (2017). *Productividad - definiciones y perspectivas para la negociación colectiva*. México. Obtenido de <http://www.relats.org/documentos/ORGSladogna2.pdf>
- Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones* (Novena edición ed.). México: Pearson. Obtenido de <https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/investigacic3b3n-de-operaciones-9na-edicic3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>
- Tornos, P. y Lova, A. (2016). *Investigación operativa para ingenieros*. Valencia, España: Universitat Politècnica de València. Obtenido de [https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/fc771bd4-a1b8-44c8-835d-ae8f1a900d0c/TOC\\_0591\\_02\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/fc771bd4-a1b8-44c8-835d-ae8f1a900d0c/TOC_0591_02_01.pdf?guest=true)

### Anexos

#### ANEXO N° 1. Ficha de espera de la operación de acarreo

	<b>TESIS:</b>	<b>EMPRESA :</b>		
<b>Test Funcional</b>				
Locación:				
Descripción:				
Dirección:			Fecha:	
Ficha No.: -----		Hora de Inicio: -----		
	<b>SERVICIO</b>	<b>Hora inicio</b>	<b>Hora fin</b>	<b>Tiempo medio de servicio (1/μ)</b>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
<b>COMMENTS:</b> -----				
<b>Investigador 1</b>		<b>Investigador 2</b>		<b>Administrador</b>
Nombre:		Nombre:		Name:
Firma:		Firma:		Signature:
Fecha:		Fecha:		Fecha:

## ANEXO N° 2. Galería Fotográfica





