



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

SEDE VALLENAR

**ESTUDIO DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL DE LA
FLOTA PERTENECIENTE A LA EMPRESA UNIÓN
TRANSPORTE CON EL FIN DE OPTIMIZAR LA TAREA
DE CARGUÍO Y TRANSPORTE**

Proyecto de Titulación en conformidad a los requisitos para obtener el título de Técnico
Universitario en Minas

Profesor Guía: Enrique Veragua Guerra

Evans Baez Arancibia

Paolo Muñoz Figueroa

Sergio Rojas Cataldo

Vallenar, Chile 2025

Dedicatoria

Agradezco profundamente a mi familia por darme todo su apoyo en todo momento, apoyo incondicional que valoro demasiado. Todo lo que he logrado hasta este momento ha sido gracias a ellos. Gracias por enseñarme que la disciplina, humildad y la honestidad son la base de todo logro.

Evans Baez

Le dedico este proyecto de titulación a todas las personas que me acompañaron a lo largo de este camino, porque cada uno, desde su lugar, fue parte fundamental de que hoy llegué a esta etapa. En especial, agradezco profundamente a mi familia, que siempre estuvo ahí con su apoyo incondicional, a mis padres que sus palabras de ánimos y confianza que me entregaron incluso en momentos difíciles. Sin su cariño, su paciencia y su fuerza, este logro no habría sido posible. también dedicar esto a mi novia su compañía y comprensión constante me ayudaron a seguir adelante. Gracias por estar, por creer en mí y por sostenerme en cada paso.

Sergio Rojas

Dedico todo el esfuerzo y sacrificio plasmado en este proceso de formación profesional a mi familia que fueron los que me inculcaron valores importantes desde que tengo conciencia y son las personas más trabajadoras que conozco, también se lo dedico a mi novia ya que fue un apoyo esencial y vivió todo el proceso junto a mí, gracias de corazón por todo, esto es para ustedes.

Paolo Muñoz

Agradecimientos

Primero que nada, agradecer a este equipo de trabajo que más allá de ser equipo de trabajo son mis amigos, agradecerles que a pesar de este gran desafío para cada uno nos mantuvimos unidos y fuertes. Agradecer a don Roberts, por darnos la oportunidad y abrirnos las puertas de su empresa para darnos información fundamental. Agradecer a cada integrante de mi familia que me apoyó en cada momento, que me dio ganas de seguir luchando por cada uno de mis metas y sueños, cada logro mío es gracias a ellos. Agradezco que me comprendieron y me apoyaron en cada frustración.

Agradecer a los profesores que me prepararon para ser un buen profesional no solo en el ámbito del trabajo, sino también de la vida.

Evans Baez

Quiero agradecer a mi equipo de trabajo ya que todos nos mantuvimos unidos y al margen de este gran desafío, expresar mi agradecimiento a la empresa Unión Transporte, que nos facilitó la información necesaria para realizar una investigación más completa y precisa. De manera especial, agradezco a mi hermana y a su esposo, quien se desempeña como operador y jefe dentro de la empresa, También estoy muy agradecido de mi familia la cual estuvo presente en cada etapa de este proceso, en especial a mis padres que siempre me entregaron su apoyo incondicional, paciencia y palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante. Asi mismo quiero agradecer a mi novia quien siempre me estuvo animando y acompañando incondicionalmente, finalmente quiero agradecer al profesor Enrique Veragua, cuyas enseñanzas fueron esenciales para nuestra formación y desarrollo de este proyecto. A todos gracias por su apoyo, su confianza y por ser parte de este logro.

Sergio Rojas

Mi agradecimiento está especialmente dirigido a todas esas personas que siempre creyeron en mí, cuando ni yo mismo creía en mí, mis padres Pablo Muñoz y Angelica Figueroa, mi abuelita Sara Henríquez estoy inmensamente agradecido ya que fueron las personas que siempre estaban esperándome detrás de la puerta para abrazarme fuerte y darme su amor, por otro lado, a mi novia y compañera Samira Villalobos la cual siempre me apoyó incondicionalmente y me escuchó cuando más lo necesitaba. Mis amigos y equipo de trabajo, que me sacaron más de una sonrisa, me orientaron y resolvieron mis dudas.

Agradezco a don Roberts por su disposición y compromiso.

Agradezco a cada profesor que pasó por mi vida, ya que ellos fueron esenciales en mi educación.

Paolo Muñoz

INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción:.....	1
1.2 Objetivo general:	2
1.3 Objetivos específicos:.....	2
1.4 Planteamiento del problema:	2
1.5 Antecedentes:	3
1.6 Justificación:	4
1.7 Alcance del proyecto:	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Minería	5
2.3 Carguío y transporte	5
2.3.1 Factores que condicionan el ciclo de carguío y transporte.....	5
2.3.2 Factores para producción	5
2.3.3 Factores de transporte	5
2.4 Ciclo de acarreo o transporte	6
2.4.1 Tiempos de carguío y transporte.....	6
2.4.2 Equipos utilizados en minería cielo abierto	7
2.4.3 Tracto camión	7
2.5 Caracterización de la flota.	8
2.6 Fórmulas	9
2.6.1 El rendimiento horario de los equipos de carguío se puede calcular con la siguiente fórmula.....	9
2.6.2 La Capacidad de llenado de los equipos se puede calcular con la siguiente fórmula	9
2.6.3 El rendimiento del camión se puede calcular con la siguiente formula.	9
2.7 Índices operacionales.....	10
2.7.1 Estructura de tiempo	10
2.7.2 Tiempos cronológicos (TCR)	11

2.7.3 Hora inhábil (HIN).....	11
2.7.4 Hora hábil (HH)	11
2.7.5 (HOP).....	11
2.7.6 Horas de mantención (HMT)	12
2.7.7 Horas de reserva (HRE)	12
2.7.8 Hora efectiva (HEF).....	12
2.7.9 Hora de pérdida operacionales (HPE).....	12
2.7.10 Índices de resultados	12
2.7.11 Eficiencia (E)	12
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo de metodología.....	14
3.2 Diseño de la Investigación.....	14
3.3 Obtención de las características de los equipos	14
3.4 Determinación de las variables.....	15
3.5 Determinar características del material para calcular la capacidad efectiva	17
3.5.1 Entrevista	17
3.5.2 Cómo se aplicó la encuesta	18
3.5.3 Preguntas para los operadores.....	19
3.5.4 Visita a dependencias de la empresa.....	20
CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO.....	29
4.1 Caracterización de la flota.	29
4.2 Características del material transportado.....	30
4.3 Cálculos para Tabla de tiempos parciales del ciclo de transporte de camiones	31
4.3.1 Tiempo de ciclo Los Colorados hacia El Romeral	31
4.3.2 Tiempo de ciclo Los Colorados hacia Magnetita	34
4.4 Tabla norma asarco con horas de la empresa “Unión Transporte”	35
4.5 Análisis de resultado.....	36
4.5.1 Disponibilidad Física (DF)	36
4.5.2 Uso de disponibilidad o utilización (UT).....	36
4.5.3 Aprovechamiento A (%)	37
4.5.4 Factor operacional (FO).....	37

4.5.5 Eficiencia E (%)	38
4.5.6 Fill Factor FF (%)	38
4.5.7 Capacidad efectiva (Ton)	39
4.5.8 Rendimiento camión mina el Romeral (ton/hrs).....	39
4.5.9 Rendimiento camión mina Magnetita (ton/hrs)	39
CAPÍTULO V CONCLUSIÓN	41
5.1 Conclusión	41
CAPITULO VI ANEXO.....	45
6.1 Anexo visita a dependencia.....	45

INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tractocamión	8
Ilustración 2 Norma ASARCO	11
Ilustración 3 Dimensiones tractocamión	29
Ilustración 4 Ruta Los Colorados a El Romeral	31
Ilustración 5 Ruta Los Colorados a Magnetita	33

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables	16
Tabla 2 Norma ASARCO.....	22
Tabla 3 Medida de Rangos	25
Tabla 4 Fill Factor	28
Tabla 5 TC Los Colorados hacia El Romeral.....	31
Tabla 6 TC Los Colorados hacia Magnetita	34
Tabla 7 Norma ASARCO Unión Transporte	35

Resumen

Este estudio evaluó el rendimiento operacional de la flota de camiones de la empresa Unión Transporte, encargada del traslado del mineral de hierro desde la Mina Los Colorados hasta las plantas El Romeral y Magnetita. La investigación surge ante la ausencia de datos precisos sobre la eficiencia de los equipos, lo que dificulta la toma de decisiones operativas y estratégicas.

Se emplea una metodología cuantitativa y descriptiva, basada en entrevistas, encuestas, observación directa y revisión de fichas técnicas. El diseño corresponde a un caso de estudio, concentrado en dos camiones marca international modelo 9200, evaluando variables como capacidad de carga efectiva, tiempo de ciclo, consumo de combustible, disponibilidad operativa y eficiencia de utilización.

El análisis considera la caracterización del mineral transportado (pre concentrado de hierro húmedo), y aplica fórmulas de rendimiento horario y capacidad efectiva según la norma ASARCO. Se construye una tabla ASARCO para clasificar los tiempos operativos en función de los índices cronológicos, hábiles, efectivos y de pérdidas operacionales.

Los resultados obtenidos, entre ellos una disponibilidad del 97%, una utilización del 99%, un Fill Factor del 70% y rendimientos horarios de 5,43 ton/h en El Romeral y 8,39 ton/h en Magnetita, constituyen una base técnica sólida para la toma de decisiones operativas. Mientras la disponibilidad y la utilización reflejan un desempeño eficiente, el Fill Factor evidencia un margen de mejora en la capacidad de carguío, lo que permitirá optimizar aún más la gestión de la flota.

Demostrando la relevancia de incorporar metodologías de análisis operacional basadas en datos precisos y herramientas estandarizadas, como la norma ASARCO, para mejorar la gestión del carguío y transporte en faenas mineras. La evaluación de los camiones permitió no solo identificar problemas en el factor de llenado y en la conformidad con los límites

legales de carga, sino también resaltar el alto desempeño general de la flota. Los resultados obtenidos son una base técnica que puede guiar a futuras decisiones operativas, optimizar la utilización de recursos y fortalecer la productividad de la empresa, convirtiendo este trabajo aplicable a otras operaciones con desafíos similares en la gestión del transporte de mineral.

Abstract

This study evaluates the operational performance of the truck fleet operated by Unión Transporte, responsible for hauling iron ore from the Los Colorados mine to the El Romeral and Magnetita processing plants. The research addresses the lack of precise performance data, a limitation that affects both operational and strategic decision-making. A quantitative and descriptive methodology was applied, incorporating interviews, surveys, direct observation, and technical document review. The case study focuses on two International 9200 trucks, analyzing variables such as effective load capacity, cycle time, fuel consumption, operational availability, and utilization efficiency.

The analysis includes the characterization of the transported material—wet pre-concentrated iron—and uses hourly productivity and effective capacity formulas based on ASARCO standards. An ASARCO classification table was developed to categorize operational time into chronological, effective, productive, and loss-related segments.

The results, which include an operational availability of 97%, a utilization rate of 99%, a 70% fill factor, and hourly productivity values of 5.43 ton/h for El Romeral and 8.39 ton/h for Magnetita, provide a solid technical foundation for future operational decisions. While availability and utilization indicate efficient fleet performance, the fill factor reflects an area of improvement in loading practices.

Overall, the study highlights the importance of data-driven methodologies and standardized analytical tool such as ASARCO in optimizing loading and transportation processes in mining operations. The findings not only reveal opportunities to improve load factors and compliance with legal weight limits but also confirm the strong overall performance of the fleet. This work offers a

practical framework applicable to other operations facing similar challenges in mineral transportation managem

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La minería es uno de los pilares fundamentales en el desarrollo económico de Chile, siendo el transporte de mineral una de las etapas más importantes dentro de la cadena productiva. La eficiencia en esta fase no solo impacta en los costos operacionales, sino también en la competitividad y sostenibilidad de las empresas. Desde mediados del siglo XX, la industria minera ha incorporado flotas de camiones de alto tonelaje para garantizar el traslado correcto de minerales desde los yacimientos hacia las plantas de procesamiento y embarque.

En este caso, la empresa estudiada trabaja con una flota de transporte conformada por dos camiones que transportan mineral de hierro desde la mina Los Colorados, ubicada en la Región de Atacama, hasta El Romeral, en la ciudad de La Serena. Durante este trayecto hay diferentes factores, como los tiempos de carguío, la descarga, el consumo de combustible y la condición de los camiones, los cuales influyen directamente en el rendimiento de ellos.

El problema surge porque la empresa no cuenta con un estudio actualizado y de manera clara, la eficiencia de sus flotas. Esto puede afectar tanto la productividad como los costos operacionales. Por esta razón, es necesario analizar el rendimiento de los camiones y compararlo, para poder identificar oportunidades de mejora y aprovechar mejor los recursos disponibles.

1.2 Objetivo general

Estudiar el rendimiento operacional de la flota que conforma la empresa “Unión Transporte” con el fin de optimizar la tarea de carguío y transporte.

1.3 Objetivos específicos

A) Caracterizar la flota de transporte para determinar las variables operacionales de los equipos.

B) Determinar las características del material a transportar para calcular la capacidad efectiva.

C) Evaluar la eficiencia, rendimiento horario, tiempos de ciclo para determinar acciones de mejora.

1.4 Planteamiento del problema

En la actualidad, la empresa “Unión Transporte” la cual cuenta con un recorrido desde Los Colorados hasta la planta de El Romeral utiliza una flota conformada por dos camiones para cumplir con esta tarea. No obstante, no se cuenta con información clara ni precisa sobre el rendimiento real de estos equipos. Esta falta importante de datos dificulta conocer si los camiones están siendo utilizados de manera provechosa, si existen diferencias de desempeño entre ambos camiones o si se están generando gastos innecesarios en combustible, mantenimiento o tiempo de operación.

1.5 Antecedentes

“En la minería a gran escala, siempre se presentan oportunidades para mejorar los índices de producción. El estudio realizado en esta memoria se lleva a cabo en Minera Los Pelambres, ubicada en la región de Coquimbo, provincia del Choapa. Pelambres se encuentra en un proceso de cambio de la Re portabilidad, ya que se estandarizaron los índices operacionales para todo el grupo minero (AMSA) para identificar buenas prácticas entre las distintas faenas. El presente estudio tuvo como línea de trazo las operaciones de transporte y palas de cable bajo la identificación de desafíos operacionales para lograr aumentos en la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad (UEBD). El trabajo de la memoria se acotó al estudio eléctricas de la operación de carguío” (Meza Maureira, 2016)

“En la gran minería del cobre a cielo abierto son los sistemas pala-camión los más ampliamente usados para realizar la labor de carguío y transporte. Actualmente este ítem abarca cerca del 50% de los costos de operación, donde las principales mejoras se logran a través de una gestión óptima de la disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento del sistema. El principal objetivo de este estudio es encontrar los cambios operacionales que tengan mejores resultados sobre las detenciones programadas de cambio de turno y colación, y cómo estas afectan en la productividad diaria del sistema de carguío y transporte.” (Barrientos gonzales, 2014)

La empresa “Unión Transporte” cuenta en su flota con 2 camiones uno de ellos modelo: International 9200 año 2012, cuenta con una batea marca térmica de 20 cubos. El otro es un International 9200 año 2012, cuenta con una batea Machile

Las toneladas que llevan los camiones dependen de la cantidad de ejes que tengan estos, en este caso los camiones cuentan con 6 ejes, primer eje del chocó puede llevar 7 toneladas el peso total que puede llevar el tender trasero del camión es de 18 toneladas y los puentes de la batea pueden llevar hasta 25 toneladas el total de las toneladas sería de 50 toneladas, pero según el ministerio de transporte solo se pueden transportar máximo 28 ton en carretera.

1.6 Justificación

En la presente investigación debido a la necesidad de no contar con los datos claros y precisos respecto al rendimiento operacional de la flota de camiones en la empresa “Unión transporte” encargados de realizar recorridos transportando mineral desde las Mina Los Colorados hacia las plantas Romeral y Magnetita. La ausencia de estos datos dificulta la toma de decisiones sobre la eficiencia de estos equipos, impidiendo determinar si las máquinas están siendo realmente aprovechadas al máximo o si existen diferencias de desempeño entre estas que puedan estar afectando la productividad. El estudio es de suma importancia ya que permitirá identificar posibles ineficiencias, ya sea en el consumo de combustible tiempo de traslado del mineral y en gastos de mantenimiento, lo cual permitirá optimizar los recursos de la empresa, además, los resultados beneficiaran a la organización al proporcionar información objetiva y medible para mejorar la gestión de la flota, reducir costos y aumentar la productividad y competitividad. Finalmente, la investigación aporta un enfoque práctico y aplicable siendo así más fácil desarrollar la disponibilidad de datos, accesos a los equipos y el interés de la empresa en perfeccionar sus procesos de transporte de mineral.

1.7 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto sería local, porque se estudia el rendimiento del transporte de mineral de una compañía específica (Empresa Unión Transporte) y con el tramo específico que es desde Mina los Colorados luego hacia Mina el Romeral y Mina Magnetita. Sin embargo, los resultados pueden aportar conocimiento útil para otras operaciones de carguío y transporte que enfrenten problemáticas parecidas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En este capítulo se dará a conocer lo necesario para poder considerar la problemática de este proyecto tanto como, lo necesario para saber que es el carguío y transporte.

2.2 Minería

La minería implica la extracción de minerales, metales y otros recursos valiosos directamente de la Tierra y otros cuerpos planetarios. Estos recursos han sido vitales para construir infraestructuras, generar energía y fabricar herramientas esenciales. Sin los minerales y metales que proporciona la minería, muchos de los lujos y necesidades básicas que disfrutamos hoy en día no serían posibles. (de Vicente, 2023)

2.3 Carguío y transporte

El carguío y el transporte son dos de las operaciones unitarias más importantes de la actividad minera, ya que permiten trasladar mineral a las plantas de tratamiento, tales como la molienda, el chancado y para depositar el estéril en las zonas de botadero. Es necesario controlar el procedimiento, así como las áreas de carga y descarga del material, los equipos a utilizar y las vías de acarreo. (Moya, 2015)

2.3.1 Factores que condicionan el ciclo de carguío y transporte

2.3.2 Factores para producción

Buena Fragmentación, propiedades del material, condiciones mecánicas y eléctricas del equipo, velocidades y habilidad y eficiencia del operador.

2.3.3 Factores de transporte

Los factores de transporte o acarreo son: la capacidad de la unidad, distancia

de acarreo, condiciones de la carretera y pendientes, resistencia de rodamiento, resistencia a la pendiente, resistencia al viento, resistencia de fricción interna, ciclo de operación y los factores climatológicos.

2.4 Ciclo de acarreo o transporte

Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el camión inicia su movimiento hacia el cargador para ser llenado, hasta regresar al botadero y está lista para comenzar otro ciclo. Existen 5 componentes del tiempo total requerido para realizar un ciclo de transporte. Cada uno de estos componentes tiene algunos factores que determinan el tiempo que cada uno requiere.

- Carguío
- Transporte
- Descarga
- Retorno
- Demoras/España (Escalante Alvarez, 2018)

2.4.1 Tiempos de carguío y transporte

Tiempos Fijos: Considera a aquellas operaciones con tiempos que no varían de manera significativa.

Por ejemplo: Carguío Balde, Vaciado Balde, Vaciado Tolva, Maniobras.

Tiempos Variables: Considera a aquellas operaciones con tiempos que pueden variar en función de algún factor.

Por ejemplo: Desplazamiento del equipo (depende de la velocidad).

2.4.2 Equipos utilizados en minería cielo abierto

La minería a rajo abierto es una de las técnicas fundamentales en la extracción de minerales y recursos naturales en todo el mundo. Con el avance eficaz de la tecnología, los equipos utilizados en Minas han evolucionado para aumentar la eficiencia y la seguridad en las operaciones. En este capítulo explicaremos algunos equipos más utilizados en minas a cielo abierto. (Opazo Carmona, 2024)

I. Camión de transporte

II. Camión Aljibe

III. Perforadora (DTH; TH)

IV Bulldozer

V. Cargador frontal

2.4.3 Tracto camión

Los camiones de arrastre o tractocamiones son vehículos pesados, diseñados para transportar grandes cantidades de carga a largas distancias. Poseen componentes que facilitan esta labor, como su sistema de frenado, transmisión y sus potentes motores. Son herramientas vitales para movilizar de manera eficaz mercancías de gran tamaño. (García, 2024)

Ilustración 1 Tractocamión



Fuente (SKC,2024)

2.5 Caracterización de la flota.

Una flota de transporte debe brindar un servicio de calidad, eficiente y puntual; esto, en función de que el cliente obtenga la seguridad de que está tratando con una empresa seria, con la que sea factible establecer una relación de fidelidad y duradera. De tal manera, se concibe de suma importancia el diseño óptimo de la flota de transporte, cuya estructura considere las rutas potenciales y los requerimientos de cada organización. En vista a aportar con lo antes expuesto, el presente proyecto consiste en el diseño y evaluación de un modelo metodológico para el diseño de flotas de transporte, tomando como herramienta técnica la optimización de rutas. (Mora Castellanos, 2023)

2.6 Fórmulas

2.6.1 El rendimiento horario de los equipos de carguío se puede calcular con la siguiente fórmula

$$\mathbf{RH = Cap\ nominal \times Densidad\ ap \times FF \times Ef \times \frac{60}{tc}}$$

Rh: Rendimiento horario en toneladas/hora.

Cap ef: Capacidad efectiva en toneladas

Ef: % de eficiencia, se anota en fracción decimal

Tc: Tiempo de ciclo

El rendimiento se determina siguiendo la fórmula descrita por (Conde & Elme, n.d.) y utilizada en estudios de flotas de transporte por (Paz, 2018)

2.6.2 La Capacidad de llenado de los equipos se puede calcular con la siguiente fórmula

$$\mathbf{Cap\ ef = Cap\ nom \times FF \times Densidad\ del\ material}$$

Cap. ef: Capacidad efectiva en toneladas.

Cap. nom: Capacidad nominal en m³.

FF: factor de llenado en fracción decimal.

Densidad del mineral: en toneladas/m³

La capacidad efectiva de los equipos se calcula según la metodología propuesta por (Conde & Elme, n.d.), aplicada en minería chilena por (Paz, 2018)

2.6.3 El rendimiento del camión se puede calcular con la siguiente formula.

$$\mathbf{RH = Cap\ ef \times Ef \times 60\ tc}$$

Rh: rendimiento horario en toneladas/hora.

Cap. Ef: Capacidad efectiva en toneladas.

Ef: % de eficiencia, se anota en fracción decimal.

Tc: Tiempo de ciclo en minutos

El rendimiento de los camiones se calcula según la capacidad efectiva la eficiencia y el tiempo de ciclo, según la metodología propuesta por (Conde & Elme, n.d.) aplicada en la minería (Paz, 2018) y en estudios de tiempos de ciclo por (Carvajal Iribarren, 2015).

2.7 Índices operacionales

Los ingenieros de la empresa norteamericana American smelting and refining company (ASARCO) definieron formalmente una estructura de tiempos y los índices operacionales que permiten evaluar la gestión y la eficiencia de una operación minera. Los objetivos de los Índices Operacionales en minería son medir la efectividad de procesos ya existentes, esto quiere decir, identificar el estado del sistema, comparar diseño/operación y optimizar procesos. La ingeniería de procesos mediante la definición de la flota de equipos. Mantenimiento electromecánico y el reemplazo oportuno y adecuado de equipos mineros. Como una forma de control y evaluación de gestión es necesario conocer los estatus operacionales en que se encuentran los equipos durante el periodo a evaluar, pues será esta la diferenciación de tiempos el utilizado para calcular los distintos Índices Operacionales que se requieren para la evaluación. La norma ASARCO clasifica y describe en detalle cada uno de los estatus en que se encuentran los equipos en operación durante un periodo determinado de tiempo. A continuación, se muestra la escala de tiempo según Norma ASARCO (Gonzales, 2019)

2.7.1 Estructura de tiempo

Para determinar los índices mecánicos y de resultados, se define una estructura de tiempo como la detallada a continuación:

Ilustración 2 Norma ASARCO

T. CRONOLOGICO		
T. HABIL (HH)		T. INHABIL (HIN)
T. DE OPERACIÓN (HOP)	T. RESERVA (HRE)	T. MANT (HMT)
T. EFECTIVO (HEF)	T. PERDIDA OPERACIONAL (HPE)	

(American Smelting and Refining Company, 1899)

2.7.2 Tiempos cronológicos (TCR)

El “Tiempo Cronológico” (TCR), es el intervalo de tiempo horario que se está considerando dentro del estudio, este puede ser de 24 horas o un día, 168 horas o una semana, 720 horas o 744 horas que considera un mes u 8.760 horas que es el año. (Gonzales, 2019)

2.7.3 Hora inhábil (HIN)

Las horas en que la faena suspende sus actividades productivas y/o mantención de sus elementos y/o infraestructura por razones como: Paralizaciones Programadas: Domingos, festivos, vacaciones colectivas, colaciones, etc. (Gonzales, 2019)

2.7.4 Hora hábil (HH)

Horas en que la faena está en actividad productiva y/o en tareas de mantención de sus elementos de producción y/o infraestructura, en estas horas cada instalación o unidad está en “Operación”, “Reserva” o “Mantención”. (Gonzales, 2019)

2.7.5 (HOP)

Las horas en que la unidad de equipo (o la instalación) se encuentra entregada a su(s) operador(es), en condiciones electromecánicas de cumplir su

objetivo o función de diseño y con una tarea o cometido asignado. Este tiempo se subdivide en “Tiempo Efectivo” y “Pérdida Operacional”. (Gonzales, 2019)

2.7.6 Horas de mantención (HMT)

Horas hábiles comprendidas desde el momento en que la unidad de equipo o instalación no es operable en su función objetivo o de diseño por defectos o falla en sus sistemas electromecánicos o por haber sido entregada a reparación y/o mantenimiento, hasta que ha terminado dicha reparación y/o mantenimiento y el equipo está en condiciones físicas de operación normal. (Gonzales, 2019)

2.7.7 Horas de reserva (HRE)

Horas hábiles en que la unidad de equipo o instalación, estando en condiciones electromecánicas de cumplir su función u objetivo de diseño, no lo realiza.

2.7.8 Hora efectiva (HEF)

Son las horas en que el equipo o instalación está funcionando y cumpliendo su objetivo de diseño. (Gonzales, 2019)

2.7.9 Hora de perdida operacionales (HPE)

Horas en que el equipo o instalación, estando en condiciones de cumplir su objetivo de diseño, a cargo de su(s) operador(es) y con tarea o cometido asignado, no puede realizar por motivos ajenos a su funcionamiento intrínseco, como son los traslados, esperas de equipo complementario y en general por razones originadas en la coordinación de las operaciones. (Gonzales, 2019)

2.7.10 Índices de resultados

Estos índices tienen relación al uso y rendimiento de los equipos, los principales índices son los siguientes:

2.7.11 Eficiencia (E)

Indicador proporcional a la demanda efectiva del equipo, e inversamente proporcional a las pérdidas operacionales, a la reserva y la mantención. Su valor

debe ser lo más alto posible. Este es el valor que debería utilizarse para calcular el rendimiento (Gonzales, 2019)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de metodología

La investigación es de tipo cuantitativa y descriptiva, ya que busca analizar el rendimiento operacional de los camiones a través de la medición de variables técnicas como tiempo de ciclo, consumo de combustible y capacidad de carga.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño adoptado corresponde a un estudio de caso, en el cual se recopilan datos directamente desde las propias instalaciones y rutas de operación de la empresa. Se aplicaron técnicas de entrevista estructurada, observación directa, revisión de documentos (fichas técnicas y registros internos) y registro fotográfico de los equipos.

El propósito del diseño es caracterizar los equipos, determinar las variables de operación y calcular los indicadores de rendimiento y eficiencia, que permitan identificar oportunidades de mejora en la gestión de la flota de la empresa unión transporte.

3.3 Obtención de las características de los equipos

La recopilación de información sobre los equipos se realizó mediante un proceso que combinó consulta a operadores, observación directa y revisión de fuentes técnicas confiables. En primer lugar, se tuvo que contactar a uno de los operadores de los equipos mediante WhatsApp para obtener información más “general” sobre los modelos, tipo de batea, capacidad de carga y otras características relevantes.

Los datos obtenidos fueron registrados en un croquis, lo que facilitó su organización y permitió identificar posibles espacios en la información. Para así luego verificarlo y complementar los datos mediante la revisión de fichas técnicas

oficiales de los fabricantes, que se encuentran en la web. Este tipo de enfoque permitió confirmar aspectos como, dimensiones exactas, capacidades, consumo de combustible y especificaciones mecánicas, asegurando la precisión de la información.

El procedimiento adoptado garantiza que los datos recopilados no solo representen la propia experiencia de los operadores, sino que también estén respaldados por información técnica, logrando así una base sólida para la evaluación objetiva de los equipos en la operación.

3.4 Determinación de las variables

La determinación de las variables operacionales se realizó en función del objetivo “Caracterizar la flota de transporte para determinar las variables operacionales de los equipos”. Una vez teniendo todas las características técnicas de los equipos como lo son los modelos de estos, la capacidad de carga, el tipo de batea y el consumo estimado de combustible se realizó el reconocimiento de los factores más importantes del rendimiento operativo.

Para esto, se consideraron los datos que influyen directamente en la eficiencia del equipo y/o el transporte en general, considerando tanto la información técnica obtenida de las fichas técnicas de los equipos, como los datos que fueron dados por los operadores. Ya con esto, se seleccionaron las variables que permiten medir el desempeño de la flota en condiciones reales de operación.

En esta etapa se establece de manera clara cómo se mediría cada variable, estableciendo su forma de medición, unidad correspondiente y fuente de información, garantizando la objetividad del proceso. Estas variables servirán como base para futuras evaluaciones de productividad y eficiencia dentro de la operación minera.

Tabla 1 Variables

Variable	Definición Operacional	Unidad de medida	Fuente de datos
Capacidad de carga efectiva	Peso promedio del material por viaje, según la capacidad nominal de los camiones	Ton/%	Ficha técnica y observación directa
Tiempo de ciclo	Duración total del ciclo de los camiones	Min	Registro de operación y consulta al operador
Consumo de combustible	Volumen del combustible utilizado cada kilómetro por litro	Km/L	Registro de combustible y ficha técnica
Disponibilidad operativa	Tiempo en que el camión se encuentra operativo en relación al tiempo total programado.	—	Reporte de mantenimiento y operación a los operadores
Eficiencia de utilización	Proporción de la utilización real de la capacidad total del camión en las actividades.	%	Ficha técnica y datos de carga
Tipo de batea	Clasificación según el diseño de la batea utilizada por cada camión.	—	Consulta al operador y observación directa

(Elaboración propia)

3.5 Determinar características del material para calcular la capacidad efectiva

Se realizó una visita a la oficina de CMP (Compañía Minera del Pacífico) específicamente la de sindicatos de trabajadores N2, ubicada en calle Serrano 643, en dicha instancia se obtuvo información directa con el personal, quienes proporcionaron las características del material transportado.

3.5.1 Entrevista

Para la recopilación de información se realizaron entrevistas a los operadores de la empresa Unión Transporte, con el objetivo de conocer de manera detallada el funcionamiento de la flota, las condiciones de operación y las características de los camiones utilizados en el transporte del material.

Estas entrevistas fueron planificadas previamente en conjunto por el grupo investigador, con preguntas específicas orientadas en los análisis y dudas del momento teniendo un aspecto mucho más general, pero de igual forma ayudando con los objetivos del estudio. Entre los temas abordados se incluyeron: cantidad de camiones que componen la flota, modelos y capacidades de carga, tipo de batea utilizada, rutas recorridas, material transportado, control en romanas, frecuencia de mantención y condiciones de trabajo en cada jornada.

El proceso se llevó a cabo el día 29 de septiembre de 2025, en las dependencias de la empresa, con la autorización de los operadores. Durante la visita se realizó un recorrido por las instalaciones, observando los equipos y su entorno de trabajo. Al mismo tiempo, se registraron datos relevantes y se tomaron fotografías de los camiones para respaldar visualmente la información obtenida.

La entrevista se realizó de manera presencial y también mediante comunicación digital con los operadores, lo que permitió obtener una visión más completa de la operación. La información fue posteriormente sistematizada y comparada con los datos técnicos de las fichas técnicas de los camiones, asegurando la veracidad de los antecedentes.

3.5.2 Cómo se aplicó la encuesta

Aparte de la entrevista, se realizó una encuesta. Para llevar a cabo dicha encuesta, se optó por el formato digital Google Forms, ya que es una página sencilla y fácil de manejar, siendo creada esta encuesta fue enviada directamente a los operadores de los equipos. Su propósito fue recopilar información complementaria que permitiera darnos respuestas claras sobre sus tiempos reales y cómo esto afecta en su rendimiento.

El cuestionario incluyó preguntas cerradas relacionadas con los tiempos de ciclo, consumo de combustible, velocidad promedio en cada ruta, cumplimiento de la norma ASARCO, frecuencia de mantenimiento, etc. Las preguntas fueron elaboradas con base a las distintas operaciones que nos brindó el estudio, de manera que los resultados pudieran emplearse para calcular indicadores de rendimiento como lo es la eficiencia y el rendimiento horario.

La encuesta fue enviada a los operadores a través de un enlace digital via Gmail, siendo respondida de forma voluntaria. Las respuestas fueron recopiladas automáticamente por la plataforma, revisadas para garantizar su correcto uso y que no hubiera algún tipo de incoherencia en estas, luego utilizadas para abordar los análisis de los datos operacionales.

Este proceso permitió obtener información directa y validada por los trabajadores encargados de la operación, fortaleciendo la precisión de los resultados finales y ayudando con datos fiables y seguros.

3.5.3 Preguntas para los operadores

1. ¿Cuántos camiones componen su flota actualmente?
2. ¿Qué modelo es cada camión?
3. ¿Cuál es la capacidad máxima de cada camión?
4. ¿Cuáles son los modelos de las bateas de estos equipos?
5. ¿Cuántas toneladas se pueden transportar en carretera?
6. ¿Por qué pasan por las romanas?
7. ¿Qué son las romanas?
8. ¿Qué material transportan?
9. ¿Cuáles son las rutas que recorren?
10. ¿Cuáles son los turnos en los que trabajan estos equipos?
11. ¿Cada cuánto les hacen mantenimiento a estos camiones?
12. ¿Cuántos kilómetros por litro dan estos camiones?
13. ¿Cuál es la velocidad máxima que pueden alcanzar estos equipos en vacío y cargados en la ruta 5?
14. ¿Cuál es la velocidad máxima que pueden alcanzar estos equipos en la ruta C-440? (ruta hacia mina los colorados)
15. ¿Cuál es la velocidad máxima que pueden alcanzar estos equipos en la ruta C-397? (ruta hacia magnetita)
16. ¿Cuál es la velocidad máxima que pueden alcanzar estos equipos en la ruta D-165? (ruta hacia mina el romeral)
17. ¿A qué velocidad se puede andar dentro de la mina?
18. ¿En qué horario comienza su turno?
19. ¿Toma desayuno en su casa o en el trabajo?
20. ¿Tiene charla antes de empezar su trabajo? si es así, ¿cuánto dura su charla?
21. ¿A qué hora se toma su hora de colación?
22. ¿Al momento de trasladarse a su trabajo, como lo hace?
23. ¿Dónde deja su camión al terminar su turno?
24. ¿Cuánto tiempo dedica para revisar su equipo al iniciar turno?

3.5.4 Visita a dependencias de la empresa

Para llevar a cabo la visita a la empresa Unión Transporte, se solicitó previamente la autorización de los operadores de los camiones, quienes facilitaron el acceso. La visita se realizó el día 29 de septiembre de 2025, en las dependencias de la empresa ubicadas en Hacienda Compañía, sector norte de la comuna de Vallenar, Región de Atacama.

El recorrido fue guiado por los mismos operadores, permitiendo observar en terreno los camiones utilizados en el transporte del preconcentrado, así como las condiciones. Durante la visita se pudo verificar el estado físico de los equipos, la disposición de las bateas, y el entorno donde se llevan a cabo las labores de mantenimiento, revisión y estacionamiento de la flota.

Se tomaron registros fotográficos de los camiones, el tipo de material transportado y las rutas de salida desde la base hacia los puntos de carga. Esta instancia permitió familiarizarse directamente con la operación, validando la información obtenida en las entrevistas y encuestas previas, y asegurando así la coherencia entre los datos teóricos y la realidad operacional de la empresa.

3.5.5 Aplicar formalismos de capacidad efectiva

Para desarrollar el cálculo de capacidad efectiva de buena manera se utilizó la siguiente fórmula

CAP EF= cap nominal × fill factor × densidad del mineral

En el cual la capacidad nominal fue entregada por la empresa “Unión Transporte”.

El fill factor (FF) se determinó mediante una fórmula:

$$FF = \frac{\text{carga máxima}}{\text{capacidad máxima}} \times 100$$

Estos datos fueron entregados anteriormente por la empresa mediante encuesta.

La densidad del mineral se determinó mediante una investigación externa que incluyó la consulta de datos en las oficinas de CMP (Compañía Minera del Pacífico). Esta entidad poseía registros del mineral movilizado por la flota de camiones. Fue necesario recurrir a esta fuente, ya que la propia empresa no disponía de la cifra requerida.

3.6 Evaluar la eficiencia, rendimiento horario, tiempos de ciclo para determinar acciones de mejora.

3.6.1 Tabla norma asarco con horas de la empresa “Unión Transporte”

La siguiente tabla presenta la clasificación cronológica de los tiempos operacionales según la norma ASARCO, aplicada a los registros de la empresa Unión Transporte.

Tabla 2 Norma ASARCO

T CRONOLÓGICO (TCR)				
T HÁBIL (HH)			T INHÁBIL (HIN)	
T DE OPERACIÓN (HOP)		T RESERV A (HRE)	T MANT (HMT)	
T EFECTIVO (HEF)	T PÉRDIDA OPERACIO NAL (HPE)			

(American Smelting and Refining Company, 1899)

Para cumplir con este objetivo, se realizó un análisis detallado de los tiempos operativos de los conductores y de la flota, considerando los tiempos de carga, descarga, desplazamiento y espera. Esta información fue recopilada mediante entrevistas y encuestas, esto resultó fundamental para la elaboración precisa de la tabla ASARCO, así como para la determinación del tiempo de ciclo por trayecto.

La tabla ASARCO se construyó a partir de encuestas y entrevistas aplicadas al personal operativo, con el propósito de obtener información precisa sobre las rutas de transporte y los tiempos reales en que emplean los camiones en cada etapa de su labor.

Dichos datos fueron incorporados a la tabla ASARCO, herramientas basadas en la norma de la AMERICAN SMELTING & REFINING COMPANY, que permite organizar y clasificar los tiempos operativos de los equipos, diferenciando entre periodos productivos, improductivos y de mantención. (CODELCO, 2005)

Con los ajustes adecuados a la realidad de la empresa, fue posible representar de la manera más fiel el desempeño de los camiones y evaluar su eficiencia operativa. De este modo, la tabla ASARCO no solo facilitó el análisis técnico de los tiempos, sino que también permitió comprender el comportamiento real del sistema de transporte y detectar oportunidades de mejora en la gestión de la empresa.

Posteriormente, se procedió a determinar el rendimiento horario, utilizando la siguiente fórmula:

$$RH = \text{Cap nominal} \times \text{Densidad ap} \times FF \times Ef \times \frac{60}{tc}$$

La capacidad nominal fue entregada por la misma empresa mediante una encuesta.

El fill factor (FF) se determinó mediante una fórmula:

$$FF = \frac{\text{carga máxima}}{\text{capacidad máxima}} \times 100$$

Estos datos fueron entregados anteriormente por la misma entidad.

La densidad del mineral se obtuvo a partir de una investigación exhaustiva, que incluyó en consultas en oficinas de CMP, quien disponía de información sobre el mineral transportado por la flota de camiones, estas gestiones se realizaron de forma externa, ya que la empresa no manejaba con la información exacta sobre la densidad del mineral.

La Eficiencia (EF) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$E (\%) = \frac{HEF}{HH} \times 100$$

En la cual el tiempo efectivo (HEF) y el tiempo hablo (HH) se obtuvieron con precisión gracias a la tabla ASARCO.

Por último, el tiempo de ciclo (TC) se determinó mediante una tabla en la que se analizaron los tramos recorridos, la distancia exacta convertida en metros y la inclinación correspondiente. Estos datos fueron obtenidos a través de GOOGLE EARTH para asegurar la mayor precisión posible. Así mismo, se identificaron las velocidades permitidas en metros por minuto para cada tramo de la flota. Con esa información fue posible aplicar la fórmula correspondiente.

$$\text{Tiempo (minutos)} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}}$$

Una vez determinado en minutos de cada tramo, se realizó la sumatoria total para obtener el tiempo de ciclo.

Con el fin de evaluar de manera objetiva el desempeño de la flota, se establecieron rangos de referencia para los principales indicadores operacionales definidos por la norma asarco. Estos rangos permiten clasificar los resultados obtenidos en tres categorías: “bueno”, “regular” y “malo”, facilitando la interpretación de la eficiencia y la identificación de oportunidades de mejora.

Tabla 3 Medida de Rangos

Indicadores de desempeño	Bueno	Regular	Malo
Disponibilidad física (DF)	$\geq 90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Utilización (UT)	85 - 95%	70 - 84%	$<70\%$
Aprovechamiento (A%)	$>90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Factor operacional (FO)	$>90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Eficiencia (E%)	$\geq 90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Fill Factor	80 - 90%	70 - 79%	$<70\%$

(Rios enzi, 2016)

Disponibilidad Física:

$$\text{Formula: DF (\%)} = \frac{HH - HMT}{HH} \times 100$$

Uso de disponibilidad o utilización (UT):

$$\text{Fórmula: UT\%} = \frac{HOP}{HOP + HRE} \times 100$$

Aprovechamiento:

$$A\% = \frac{HOP}{HH} \times 100 \qquad A\% = \frac{DF\% \times UT\%}{100}$$

Factor operacional (FO):

$$FO (\%) = \frac{HEF}{HOP} \times 100 \qquad = \frac{HOP - HPE}{HOP} \times 100$$

Eficiencia (E%):

$$E (\%) = \frac{HEF}{HH} \times 100$$

Formula rendimiento horario de los equipos:

$$RH = \text{Cap nominal} \times \text{Densidad ap} \times FF \times Ef \times \left(\frac{60}{tc}\right)$$

Fórmula para fill factor:

$$FF = \frac{\text{carga máxima}}{\text{capacidad máxima}} \times 100$$

3.5.5 Determinación de acciones de mejora

De acuerdo con los resultados obtenidos y considerando los rangos establecidos en la tabla de estándares se observa que el fill factor (FF) se encuentra catalogado como “regular” esto confirma que el desempeño en esta variable es deficiente. Sin embargo, es importante señalar que esta condición no necesariamente responde a una mala operación de transporte, sino más bien es una limitación impuesta por la propia operación de Mina Los Colorados. En esta faena, el máximo permitido de carga es de 28 toneladas, restricción establecida para cumplir con la normativa vigente del Ministerio de Transporte respecto al peso máximo permitido en carretera. Esto significa que el bajo factor de llenado no es atribuible a una mala gestión, sino a una condición externa y normativa que limita la capacidad de carga real de los equipos.

Tabla 4 Fill Factor

	Bueno	Regular	Malo
Disponibilidad física (DF)	$\geq 90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Utilización (UT)	85 - 95%	70 - 84%	$<70\%$
Aprovechamiento (A%)	$>90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Factor operacional (FO)	$>90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Eficiencia (E%)	$\geq 90\%$	75 - 89%	$<75\%$
Fill Factor	80 - 90%	70 - 79%	$<70\%$

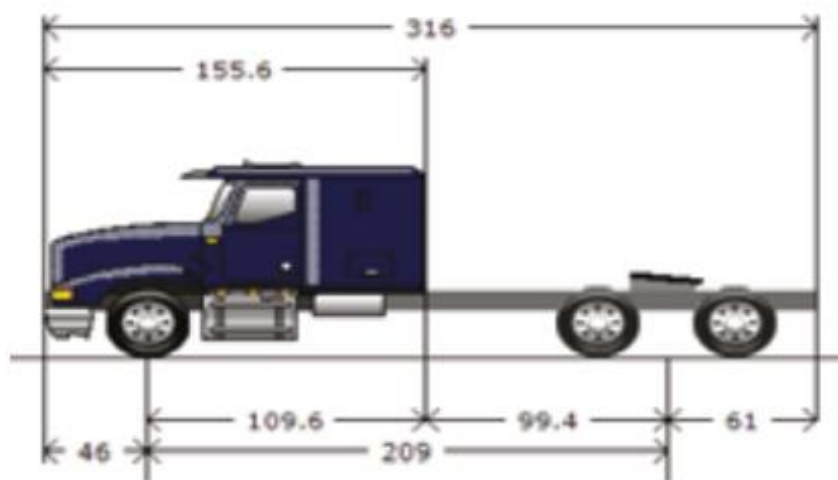
CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO

4.1 Caracterización de la flota.

La flota cuenta con un total de 2 camiones, marca International modelo 9200 año 2012. Sus dimensiones son, 8,2 m de Longitud Total, 3,95 m Largo de Cabina, 5,30 m de Distancia entre ejes. El motor de ambos camiones es de 6 cilindros, modelo CUMMINS ISX 450 con una cilindrada de 14,9 L DIESEL turbo cargado, tiene una potencia de 450 hp con 1650 lb de torque. Su transmisión cuenta con una caja FULLER modelo RTLO(F)169118B con 18 velocidades con doble overdrive, y 3 velocidades de reserva.

Estos con 2 tanques de combustible, ambos de 454L dando un total de 908L de combustible.

Ilustración 3 Dimensiones tractocamión



* Dimensiones expresadas en pulgadas

(International, s.f.)

Ambos camiones poseen bateas de 20m³, Una de estas es marca MACHILE modelo SRV 20M3 3E año 2011 la cual cuenta con la cantidad 3 ejes, la otra batea es marca TREMAC modelo SRTT 20 3N año 2008 la cual cuenta con la cantidad 3 ejes.

4.2 Características del material transportado

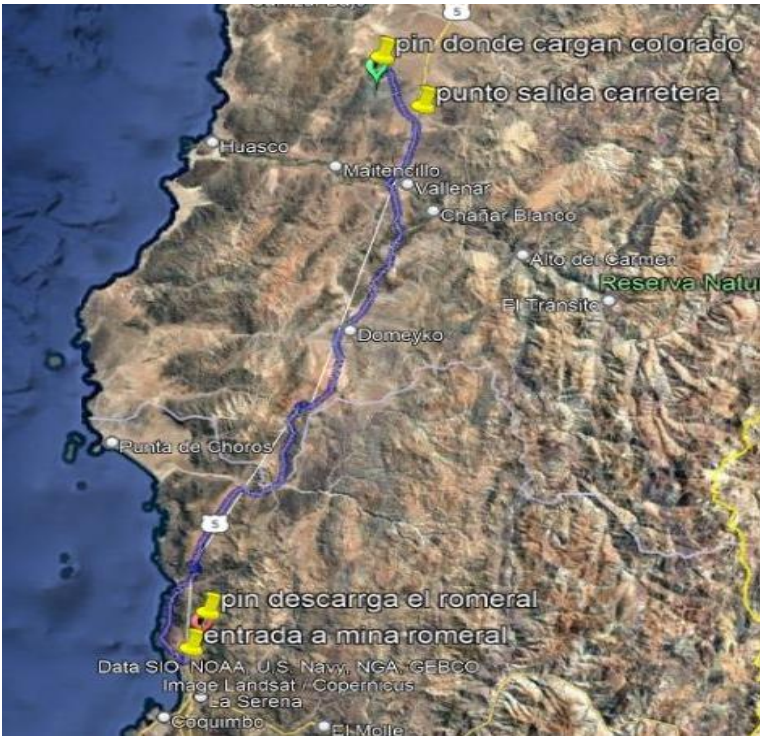
El material transportado por esta flota de camiones se denomina como p40, p45 y p55, que corresponden a un preconcentrado de hierro, descrito como un material de desecho o un producto secundario (Subproducto), comúnmente descrito como un polvillo semi húmedo.

Descripción del material según observación:

- El material presenta granulometría fina, con partículas tipo polvo.
- Posee una humedad intermedia, producto del riego aplicado para control de polvo, lo que le da una consistencia similar a una masa o pulpa semiseca.
- No se trata de un material completamente seco, por lo que puede considerarse semihúmedo y cohesivo, es decir, que mantiene unidas las partículas.
- Esta condición influye en que el material no fluye libremente, pero permite una carga estable y compacta, lo que repercute en un factor de llenado cercano a la unidad.

4.3 Cálculos para Tabla de tiempos parciales del ciclo de transporte de camiones

Ilustración 4 Ruta Los Colorados a El Romeral



(Captura realizada en Google Earth Pro)

4.3.1 Tiempo de ciclo Los Colorados hacia El Romeral

Tabla 5 TC Los Colorados hacia El Romeral

Tramos	Distancia (metros)	Pendiente	velocidad (metros por minuto)	Tiempo (minutos)
1	38 m	No	333,4 m/min	0,113 min

2	21.200m	No	1166,9 m/min	18,167 min
3	93.200 m	No	1500,3 m/min	62,120 min
4	7.200 m	Si (-25,6)	1116,223 m/min	6,450 min
5	58.900 m	No	1500,3 m/min	39,258 min
6	10.300 m	Si (- 21,8)	1173,23 m/min	8,779 min
7	30.000 m	No	1500,3 m/min	19,996 min
8	11.500 m	No	1166,9 m/min	9,940 min
9	1.200 m	No	583,45 m/min	2,056 min
9	1.200 m	No	583,45 m/min	2,056 min
8	11.500 m	No	1000,2 m/min	11,497 min
7	30.000 m	No	1583,65 m/min	18,943 min
6	10.300 m	Si (9,1)	1350,27 m/min	7,628 min
5	58.900 m	No	1583,65 m/min	37,192 min
4	7.200 m	Si (20,2)	1197,23 m/min	6,013 min
3	93.200 m	No	1583,65 m/min	58,851 min
2	21.200 m	No	1166,9 m/min	18,16 min
1	38 m	No	333,4 m/min	0,113 min
Total	327,332 min			

(Elaboración propia)

Ilustración 5 Ruta Los Colorados a Magnetita



(Captura realizada en Google Earth Pro)

4.3.2 Tiempo de ciclo Los Colorados hacia Magnetita

Tabla 6 TC Los Colorados hacia Magnetita

Tramos	Distancia (metros)	Pendiente	Velocidad (metros por minutos)	Tiempo (minutos)
1	38 m	no	333,4 m/min	0,113 min
2	21.200 m	no	1166,9 m/min	18,167 min
3	112.000 m	no	1500,3 m/min	74,651 min
4	11.000 m	no	1000,2 m/min	10,997 min
5	1.300 m	no	333,4 m/min	3,899 min
5	1.300 m	no	333,4 m/min	3,899 min
4	11.000 m	no	1000,2 m/min	10,997 min
3	112.000 m	no	1583,65 m/min	70,722 min
2	21.200 m	no	1166,9 m/min	18,167 min

1	38 m	no	333,4 m/min	0,113 min
Total	211,725 min			

4.4 Tabla norma asarco con horas de la empresa “Unión Transporte”

A continuación, se presenta la tabla ASARCO aplicada a los datos reales de Unión Transporte, con el fin de estructurar los tiempos cronológicos en función de su utilidad operativa y facilitar la evaluación del desempeño de la flota.

Tabla 7 Norma ASARCO Unión Transporte

12 HRS (TCR)				
10,8 HRS (HH)				1,20 HRS (HIN)
10,397 HRS (HOP)		0,083 HRS (HRE)	0,32 HRS (HMT)	
10,181 HRS (HEF)	0,216 HRS (HPE)			

(Elaboración propia)

4.5 Análisis de resultado

4.5.1 Disponibilidad Física (DF)

$$DF(\%) = \frac{10,8-0,32}{10,8} \times 100 = 97,037\%$$

Este resultado representa un nivel de disponibilidad alto y muy positivo dentro de las operaciones de transporte de la empresa. Este resultado se debe principalmente a que la empresa Unión Transporte realiza mantenciones de corta duración y de carácter preventivo, lo que permite anticipar posibles fallas sin afectar significativamente la continuidad del trabajo. Además, las mantenciones se efectúan solo una vez al mes, lo que reduce los tiempos de detención del equipo y aumenta el tiempo efectivo dedicado al transporte de material. Gracias a esta planificación preventiva, los camiones permanecen operativos la mayor parte del tiempo, contribuyendo directamente a una mayor productividad y eficiencia en el traslado del mineral

4.5.2 Uso de disponibilidad o utilización (UT)

$$UT(\%) = \frac{10,397}{10,397+0,083} \times 100 = 99,20\%$$

Este resultado muestra que el camión fue utilizado prácticamente durante todo el tiempo disponible, lo que refleja una operación altamente eficiente y bien organizada dentro de la empresa Unión Transporte. Este resultado indica que el equipo casi no tuvo tiempos muertos ni esperas prolongadas durante su jornada, lo que demuestra una excelente planificación de turnos, rutas y labores de carguío y descarga. Además, este alto porcentaje se relaciona con una buena entre los operadores y el área de mantenimiento, ya que las mantenciones son preventivas y de corta duración, permitiendo que los camiones vuelvan rápidamente a la operación. Gracias a esta gestión eficiente, el tiempo de trabajo se aprovecha al máximo.

4.5.3 Aprovechamiento A (%)

$$A (\%) = \frac{10,397}{10,8} \times 100 = 96,26 \quad A (\%) = \frac{97,037 \times 99,20}{100} = 96,26$$

El 96,26% indica que el camión estuvo activo y productivo durante casi todo el tiempo hábil disponible, lo que demuestra una gestión muy eficiente del mantenimiento, la planificación de rutas y la coordinación operativa. Este resultado se considera muy bueno, ya que en la industria minera valores sobre el 90% se catalogan como un desempeño alto, señal se una operación estable, confiable y bien administrada. Este aprovechamiento es consecuencia directa de la alta disponibilidad y la elevada utilización, lo que confirma que la empresa aplica mantenciones preventivas de corta duración y mantiene una planificación precisa del transporte todo esto hace reduce los tiempos muertos y asegura que los equipos están casi siempre en movimiento, cumpliendo con sus ciclos de carguío y descarga sin interrupciones relevantes.

4.5.4 Factor operacional (FO)

$$FO (\%) = \frac{10,181}{10,397} \times 100 = 97,922 \quad FO (\%) = \frac{10,397 - 0,216}{10,397} \times 100 = 97,922$$

El 97,92% de Factor de Operación (FO) indica un nivel de disponibilidad y desempeño extremadamente alto, mostrando que el equipo o proceso permaneció operativo casi de manera continua durante el tiempo programado. Este valor evidencia una operación muy eficiente y confiable, con la mayoría de los ciclos de trabajo completados sin interrupciones significativas. El alto FO refleja la efectividad de las mantenciones preventivas, la planificación precisa y la óptima coordinación operativa, minimizando los tiempos muertos. Este resultado confirma que los recursos están siendo aprovechados casi al máximo, asegurando

la continuidad de los procesos y cumpliendo con estándares de excelencia operacional.

4.5.5 Eficiencia E (%)

$$E (\%) = \frac{10,181}{10,8} \times 100 = 94,268$$

El 94,27% de eficiencia refleja un alto nivel de desempeño operacional, indicando que el proceso o equipo estuvo activo y productivo durante la mayor parte del tiempo disponible. Este valor evidencia una operación muy eficiente, cercana a los estándares de excelencia, donde se consideran altos los resultados superiores al 90%. La elevada eficiencia sugiere una planificación precisa, buena coordinación operativa y una gestión efectiva de los tiempos productivos. Este desempeño confirma que el sistema funciona de manera confiable y consistente, cumpliendo con los ciclos de trabajo establecidos y asegurando un aprovechamiento casi óptimo de los recursos disponibles.

4.5.6 Fill Factor FF (%)

$$FF (\%) = \frac{28.000}{40.000} \times 100 = 70\%$$

El 70% de Fill Factor indica un nivel de utilización adecuado de la capacidad operativa, reflejando un desempeño estable y funcional dentro del proceso. Aunque gran parte del recurso disponible está siendo aprovechado, no alcanza los niveles considerados óptimos en operaciones de alto rendimiento, donde se operan valores superiores al 80%. Este resultado demuestra que el proceso funciona correctamente y mantiene un rendimiento constante, pero aún existe margen de

mejora. Con una planificación más eficiente y la reducción de tiempos muertos, este valor podría incrementarse y acercarse a estándares más altos de eficiencia.

4.5.7 Capacidad efectiva (Ton)

$$\text{Cap ef (ton)} = 20\text{m}^3 \times 0,7 \times 2,246 = 31,444 \text{ ton}$$

A partir de la aplicación de la fórmula de capacidad efectiva, se obtuvo un valor de 31.44 toneladas, considerando una capacidad volumétrica nominal de 20m³, un factor de llenado (FF) de 0,7 y una densidad del material de 2,246 t/m³. El resultado técnicamente consiste y refleja un adecuado aprovechamiento del volumen del equipo, lo que se traduce en una mayor productividad operativa. Sin embargo, al compararse con límite máximo legal permitido para el transporte en carretera, establecido en 28 toneladas, se observa un exceso del 12,3%, lo cual representa una condición no conforme con la normativa vigente.

4.5.8 Rendimiento camión mina el Romeral (ton/hrs)

$$\text{RH (ton/hrs)} = 20\text{m}^3 \times 2,246 \times 0,7 \times 0,94268 \times (60 \div 327,332) = 5,433 \text{ ton/hrs}$$

A partir de la fórmula de rendimiento horario, se obtuvo un valor de 5,43 toneladas por hora, teniendo en cuenta la capacidad nominal de 20 m³, una densidad aparente del material de 2,246 t/m³, un factor de llenado (FF) de 0,7, una eficiencia operacional (Ef) de 94,27% y un tiempo de ciclo total (Tc) de 327,33 minutos. El resultado obtenido es correcto y refleja de manera adecuada el desempeño del camión durante el transporte del mineral desde Mina Los Colorados hasta la planta El Romeral. Este valor indica que, en promedio, el equipo moviliza 5,43 toneladas de mineral por cada hora efectiva de trabajo.

4.5.9 Rendimiento camión mina Magnetita (ton/hrs)

$$\text{RH (ton/hrs)} = 20\text{m}^3 \times 2,246 \times 0,7 \times 0,94268 \times (60 \div 211,745) = 8,399 \text{ ton/hrs}$$

Este resultado se considera bueno, ya que refleja un nivel de desempeño eficiente y constante por parte del camión durante su labor en el trayecto hacia

Mina Magnetita. El valor obtenido indica que el equipo logra movilizar una cantidad significativa de mineral por cada hora efectiva de trabajo, lo que evidencia una excelente utilización de la capacidad de carga y del tiempo operativo.

El rendimiento es superior en comparación con otros ramos, principalmente debido a que la ruta hacia Magnetita presenta menores tiempos de desplazamiento y condiciones más favorables de terreno, lo que reduce las pérdidas operacionales y mejora la eficiencia del ciclo.

CAPÍTULO V CONCLUSIÓN

5.1 Conclusión

El estudio realizado permitió evaluar de manera completa el rendimiento operacional de la flota de camiones de la empresa Unión Transporte, cumpliendo satisfactoriamente los objetivos planteados. En primer lugar, se caracterizó la flota conformada por dos camiones International 9200, identificando sus principales variables operacionales, como capacidad nominal, tiempos de ciclo, disponibilidad física y eficiencia. Esta caracterización permitió establecer una base técnica sólida para el análisis, demostrando que los equipos presentan un desempeño altamente favorable, con una disponibilidad de 97%, una utilización del 99% y una eficiencia del 94%.

En segundo lugar, se determinaron las características de material transportado preconcentrado de hierro semi húmedo, obteniendo una densidad de $2,246 \text{ t/m}^3$ que permitió calcular la capacidad efectiva de los camiones. El Fill Factor obtenido (70%) se clasificó como regular, sin embargo, su valor se explica por la limitación normativa de carga máxima de 28 toneladas en carretera, propia de la operación de Mina Los Colorados. Por lo tanto, el menor nivel de llenado no se relaciona con fallas operacionales, sino restricciones externas.

En fin, se realizó una evaluación de los tiempos de ciclo, la eficiencia y el rendimiento horario del proceso de transporte en las dos rutas estudiadas. Se obtuvo un rendimiento de 5,43 ton/h hacia El Romeral y 8,39 ton/H hacia Magnetita, dando a conocer que ambas operaciones funcionan de una forma eficiente y estable, con condiciones que se ven afectadas principalmente por las diferencias de cada trayecto. Los resultados generales muestran que la flota opera con altos estándares, destacando la gestión adecuada del mantenimiento, una correcta coordinación operativa y una utilización casi total del tiempo disponible.

En síntesis, la investigación entrega un diagnóstico completo del desempeño del sistema de transporte, identifica a los factores que condicionan su rendimiento

y establece una base técnica confiable para la toma de decisiones. Los altos valores de disponibilidad, utilización y eficiencia demuestran que la empresa mantiene un proceso operativo robusto, mientras que el análisis del factor de llenado permite comprender los límites y oportunidades reales de mejora dentro del marco normativo vigente. Este estudio no solo fortalece la gestión interna de la empresa, sino que también aporta a un modelo replicable para futuras evaluaciones en operaciones de transporte minero.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

<https://www.energiaenmineria.cl/procesos/carguio/>

<https://www.energiaenmineria.cl/procesos/transporte/>

<https://es.scribd.com/document/644694985/Carguio-y-Transporte-1-Introduccion>

https://revistas.ugm.cl/index.php/rnodos/article/view/611?utm_source=chatgpt.com

<https://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=628&edi=28&xit=seguridad-en-el-carguio-y-transporte-de-minerales>

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132148/Analisis-de-factores-operacionales-en-detenciones-de-productividad-de-sistema-de.....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136153>

<https://es.scribd.com/presentation/382641205/327256219-Norma-Asarco-Codelco-Chuquicamata>

https://www.academia.edu/36971810/AN%C3%81LISIS_Y_CALCULOS_DE_RENDIMIENTOS_COSTOS_HORARIOS_E_INVERSIONES_EN_MAQUINARIAS_MINERAS

<https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2023/08/que-es-la-mineria>

<https://es.scribd.com/document/368888415/Ciclos-y-Tiempos-de-Carguio-y-Acarreo-de-Mineral-y-Desmonte>

https://www.autopista.es/noticias-motor/tractocamion-que-es-como-se-conduce-ecn_295377_102.html

<https://www.studocu.com/cl/document/universidad-tecnologica-de-chile/mineria-de-datos/38663365-norma-asarco/98269767>

<https://revistas.ugm.cl/index.php/rnodos/article/view/611?>

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139829>

https://www.researchgate.net/publication/371497343_Propuesta_metodologica_para_el_diseno_de_flotas_de_transporte_desde_el_enfoque_del_problema_de_rut eo_de_vehiculos#:~:text=PDF%20%7C%20Una%20flota%20de%20transporte%20debe,el%20cliente%20obtenga%20la%20segu

<https://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=628&edi=28&xit=seguridad-en-el-carguio-y-transporte-de-minerales>

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/164023/Modelo-evaluativo-para-el-c%3%A1lculo-de-flota-de-equipos-de-cargu%3%ADo-y-transporte-en-Compa%C3%B1%C3%ADa-Minera-Do%C3%B1a-In%C3%A9s-de-Collahuasi.pdf?sequence=1>

CAPITULO VI ANEXO

6.1 Anexo visita a dependencia

