

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



TESIS

**Optimización de tiempos de recarga de diesel de camiones de
acarreo mediante el uso de un módulo de asignación automática
en una mina a tajo abierto**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

Elaborado por

Jhon Christian Hualan Yupanqui

 [0009-0005-8982-0885](https://orcid.org/0009-0005-8982-0885)

Asesor

MBA. Eder León Salazar Dulanto

 [0000-0002-1400-3144](https://orcid.org/0000-0002-1400-3144)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Hualan Yupanqui [1]
Referencia/Reference	[1] J. Hualan Yupanqui, " <i>Optimización de tiempos de recarga de diesel de camiones de acarreo mediante el uso de un módulo de asignación automática en una mina a tajo abierto</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Hualan, 2025)
Referencia/Reference	Hualan, J. (2025). <i>Optimización de tiempos de recarga de diesel de camiones de acarreo mediante el uso de un módulo de asignación automática en una mina a tajo abierto</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*A mis queridos padres Carmen Rosa y Jorge Alcides por su
apoyo incondicional en mi desarrollo profesional*

Agradecimientos

Ante todo, a Dios por guiar mi camino. A mi alma máter la Universidad Nacional de Ingeniería y su plana docente, a mis compañeros de trabajo de las áreas de ingeniería, operaciones mina, tecnología minera y despacho por los conocimientos compartidos y las ganas de querer seguir mejorando los procesos de trabajo en la corporación

Resumen

Los camiones mineros son equipos de mucha importancia en la minería moderna ya que hacen el transporte de material (mineral o desmonte) hacia un botadero, stock y/o chancadora. El acarreo es parte del proceso de minado de mayor presupuesto ya que dentro de este encontramos los costos de llantas, repuestos mecánicos y demás pero también el combustible diesel; este último debe ser consumido de tal manera que un camión recargue la mayor cantidad de diesel en el mejor tiempo de su ciclo de acarreo quiere decir que pueda ser asignado a una estación de combustible sin tener colas en las bahías de dicha estación mediante el software de gestión de flota de la operación minera. Todo lo anterior mencionado se ven reflejados en el mejoramiento de los indicadores clave de rendimiento (Kpi) como por ejemplo la producción ya que ganaríamos utilización del equipo y esto aumentaría las toneladas movidas del camión también se reduce la distancia del recorrido del camión por asignaciones más optimas y por último se disminuye la demora combustible en minutos por camión dentro del turno. Esto último mencionado forma parte de los objetivos de este trabajo que se detallan en el capítulo I.

Debemos tener en cuenta que este trabajo describe una operación minera de gran escala y al tener las tareas automatizadas en base a la tecnología actual ganamos horas de ingeniero que pueden ser utilizadas en otras actividades para este caso sería en beneficio del despachador de mina y por ende contribuye a toda la operación minera.

Este trabajo utiliza lenguaje de programación SQL para el algoritmo que usa la data en tiempo real de los camiones que serán asignados luego de su descarga de manera automática hacia una estación de combustible mediante una API hacia el sistema de gestión de flota que cuenta la operación minera. Se demuestra un ahorro por camión de 0.4 min en abastecimiento de combustible, un incremento de utilización del camión en 0.013% y el ahorro de tiempo de 2 horas por día a favor del despachador de mina.

Palabras clave — Acarreo, tecnología, operación minera, Kpi

Abstract

Mining trucks are very important equipment in modern mining since they transport material (ore or waste) to a dump, stockpile and/or crusher. Hauling is part of the mining process with the highest budget since within it we find the costs of tires, mechanical spare parts and others but also diesel fuel; the latter must be consumed in such a way that a truck recharges the largest amount of diesel in the best time of its hauling cycle, meaning that it can be assigned to a fuel station without having queues in the bays of said station through the fleet management software of the mining operation. All of the above mentioned are reflected in the improvement of the key performance indicators (KPI) such as productivity, since we would gain in equipment utilization and this would increase the tons/hour of the truck, the distance of the truck's journey is also reduced by more optimal assignments and finally the fuel delay in minutes per truck within the shift is reduced. The latter mentioned is part of the objectives of this work that are detailed in chapter I.

We must take into account that this work describes a large-scale mining operation and by having the tasks automated based on current technology we gain engineer hours that can be used in other activities, in this case it would be for the benefit of the mine dispatcher and therefore contribute to the entire mining operation.

This work uses SQL programming language for the algorithm that uses real-time data from the trucks that will be assigned after their automatic unloading to a fuel station through an API to the fleet management system that the mining operation has. A saving of 0.4 min per truck in fuel supply, an increase in truck utilization of 0.013% and a time saving of 2 hours per day in favor of the mine dispatcher are demonstrated.

Keywords — Hauling, technology, mining operation, Kpi.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xiii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Planteamiento del problema de investigación.....	1
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Objetivos de estudio.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Hipótesis del estudio	3
1.4.1 Hipótesis general.....	3
1.4.2 Hipótesis específicas	3
1.5 Matriz de consistencia	4
1.6 Antecedentes de la investigación	6
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	7
2.1 Marco teórico	7
2.1.1 Fundamentos de minería superficial	7
2.1.2 Equipo en minera superficial.....	8
2.1.3 Indicadores de tiempo en base al rendimiento.....	22
2.1.4 Estadística aplicada a la minería	24
2.1.5 Sistema de gestión de flota.....	28
2.1.6 Bases de datos.....	31
2.1.7 Lenguaje de programación SQL.....	32
2.1.8 Software de reportes	32

2.1.9	Indicadores de acarreo	33
2.1.10	Cálculo del tiempo de acarreo.	37
2.1.11	Análisis de congestión y flujo para los camiones	40
2.1.12	Delta C.	41
2.2.	Marco conceptual.....	43
2.2.1	Operación.....	43
2.2.2	Kpi's	43
2.2.3	Dispatch	43
2.2.4	Despachador (es)	44
2.2.5	Asignación	44
2.2.6	Pre asignación.....	44
2.2.7	Bahía (s).....	44
2.2.8	Grifo (s)	44
2.2.9	Fase (s)	44
2.2.10	Fatiga	44
2.2.11	Stock (s)	45
2.2.12	Algoritmo	45
2.2.13	Sistema	45
2.2.14	API	45
2.2.15	Acarreo.....	45
2.2.16	Banco	45
2.2.17	Banqueta	45
2.2.18	Diesel	45
2.2.19	Uñas.....	45
2.2.20	Flota	46
2.2.21	Baliza.....	46
2.2.22	Asarco	46
Capítulo III.	Desarrollo del trabajo de investigación	47

3.1	Antecedentes de la operación	47
3.2	Metodología de estudio	48
3.3	Levantamiento de información de línea base	49
3.4	Desarrollo del módulo de combustible.....	50
3.5	Descripción general del proceso	51
3.6	Creación de la lógica del módulo de asignación automática.....	52
3.7	Interacción y validación	54
Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados		56
4.1	Análisis de la demora combustible	56
4.2	Análisis de los impactos para producción.....	57
4.3	Análisis de ahorro de trabajo para el despachador de Mina	58
4.4	Análisis de la relación beneficio/costo	59
4.5	Contrastación de hipótesis	60
4.5.1	Estadística de prueba de t student.....	60
4.5.2	Prueba estadística para 2 muestras	60
4.5.3	Contraste de hipótesis H1.....	61
Conclusiones		64
Recomendaciones		65
Referencias bibliográficas.....		66
Anexos		67

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 : Matriz de consistencia.....	5
Tabla 2 : Requerimientos globales para un diseño de minado	9
Tabla 3 : Descripción sobre resistencia para rodadura en camiones y sus neumáticos ..	18
Tabla 4 : Productividad mensual.....	37
Tabla 5 : Velocidades fijas corporativas.....	38
Tabla 6 : Delta C total mensual.....	43
Tabla 7 : Módulo de asignación automática - Impacto en producción	57
Tabla 8 : Módulo de asignación automática - Impacto en utilización	58
Tabla 9 : Módulo de asignación automática - Ahorro del tiempo del despachador	58
Tabla 10: Promedio de combustible antes del uso del módulo de asignación automática .	61
Tabla 11: Promedio de combustible después del uso del módulo de asignación automática.....	62

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 : Procesos típicos productivos para una mina características a tajo abierto	8
Figura 2 : Los espacios requeridos para diseños minados en una mina a tajo abierto	9
Figura 3 : Fases descriptivas de excavación para llenados en balde	11
Figura 4 : Fuerzas para excavación por medio de pala eléctrica minera	11
Figura 5 : Fuerzas para la excavación netas por pala eléctrica minera	12
Figura 6 : Requerimiento mínimo de minado por 2 lados	13
Figura 7 : Ciclos en acarreo típicos	14
Figura 8 : Distribución de los costos en la operación de minería superficial	15
Figura 9 : Distribución de los costos para operación de camión de acarreo para minería superficial	16
Figura 10: Resistencia para rodadura entre las ruedas y superficie para acarreo	17
Figura 11: Medición en la penetración por ruedas para vía con alta resistencia para rodadura	18
Figura 12: Diseño para la altura de berma 3/4 de llanta más alta	19
Figura 13: Diseño de ancho de vía para un doble carril sin inclusión de bermas y drenajes	20
Figura 14: Diseño para ancho mínimo en curva horizontal	21
Figura 15: Estimaciones para superelevaciones cuando el coeficiente lateral es cero	22
Figura 16: Categoría de tiempos	23
Figura 17: La Distribución de probabilidades acumuladas por variable aleatoria discreta	25
Figura 18: La Distribución de probabilidades acumuladas en variable aleatorias continuas	26
Figura 19: Funciones de las densidades en la probabilidad en una variable aleatoria normal con media μ y varianza σ^2	28
Figura 20: Ciclo de acarreo en dispatch de un camión	30
Figura 21: Ciclo de carguío en dispatch de un camión	30

Figura 22: Mapa de mina en dispatch	31
Figura 23: Servidores para los informes.....	33
Figura 24: Utilización y disponibilidad para los camiones.....	34
Figura 25: Porcentajes promedio de categorías de los estado en camiones.....	34
Figura 26: Pareto de distribución porcentual de razones de tiempo	35
Figura 27: Promedio de la demora combustible antes de usar el módulo de asignación automática	36
Figura 28: Puntos de Bézier según la forma de la curva	40
Figura 29: Puntos de Bézier para una curva simple	40
Figura 30: Descripción de tiempos involucrados en el Delta C.....	42
Figura 31: Gráfica de la operación a tajo abierto con las estaciones de combustible	48
Figura 32: Encuesta a despachadores.....	50
Figura 33: Diseño preliminar del módulo de asignación automática.....	51
Figura 34: Descripciones de los procesos para el módulo de asignación automática	52
Figura 35: Diagrama de flujo del módulo de asignación automática.....	53
Figura 36: Sentencias en SQL para el módulo de asignación automática.....	54
Figura 37: Interacción con el módulo de asignación automática	54
Figura 38: Reporte del uso del módulo de asignación automática	55
Figura 39: Ganancia en la demora combustible	56
Figura 40: Módulo de asignación automática - Ahorro de tiempo para el despachador....	59
Figura 41: Gráfica de t student.....	62

Introducción

La minería a gran escala siempre se encuentran oportunidades de mejora con respecto a los procesos rutinarios, para este trabajo la operación minera que se describe específicamente en el área del despacho de mina que es aquella que se encarga de controlar los equipos mineros basado en un plan diario mediante su sistema para gestionar la flota de equipos, tiene una falencia que es no poder tener el control correcto del envío de camiones hacia las estaciones de combustible ya que son demasiados camiones por ende se ve en la necesidad de crear un módulo que apoye esta causa.

Mayormente un sistema de gestión de flota ya cuenta con su propio módulo de combustible que está destinado a solo unos criterios básicos que en algunos casos no son modificables los parámetros de cómo funciona este algoritmo dentro del propio sistema, esto es limitante ya que no todas las operaciones se manejan con el mismo criterio. Este módulo que se crea de asignación automática mediante una preasignación se cerciora de que el camión es el correcto para ir a una estación de combustible en base a los criterios que usa el despachador de mina en tiempo real. Una ventaja es que se adapta a cualquier operación minera que cuenta con el sistema de gestión de flota Dispatch de Modular Mining Systems Inc. ya que este módulo detecta las estaciones de combustible disponibles o también llamados grifos, las flotas de camiones de acarreo a evaluar, la lista de camiones en tiempo real, los ciclos de camiones en viaje lleno y vacío a las estaciones de combustible.

Todo esto mencionado ya es de gran ayuda para la sala de despacho que quisiera usar este módulo de asignación automática de camiones de acarreo hacia las estaciones de combustible luego de descargar en un botadero, stock y/o chancadora.

El desarrollo de este trabajo se despliega en 4 capítulos que muestra lo necesario para poder comprender a cabalidad lo que está creando.

Capítulo I muestra la parte introductoria del trabajo como también el planteamiento del problema de la investigación, los objetivos, antecedentes y limitantes del trabajo.

En el Capítulo II detalla todo lo relacionado al marco teórico y conceptual del trabajo, así como los Kpi's que se van a mejorar mediante el desarrollo de esta tesis.

En el Capítulo III desarrolla el trabajo en base al Capítulo II. Se detalla la metodología y creación del módulo de combustible.

Por último, en el Capítulo IV resume los resultados y análisis del presente trabajo.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

La minería es una industria desafiante del planeta ya que durante el proceso productivo el precio de los metales y su volatilidad periódica hacen que la operación minera deba incrementar su producción y hacer una mejor gestión de su política de gestión de costos para cumplir con el plan de minado y así poder seguir siendo sostenible a través del tiempo.

Es de gran ayuda entender que toda mejora que se pueda hacer dentro la operación minera contribuye a que generemos una mayor producción por ende un mejor performance con respecto a los Kpi's que se miden en la operación minera. El hacer uso de la tecnología indica que estamos a la vanguardia de los procesos ya que cada vez la automatización es de gran ayuda para los procesos de mayor envergadura como se describe en este trabajo.

Este trabajo usa programación en lenguaje SQL para poder desarrollar un algoritmo que analiza todo lo que muestra este capítulo como también los límites del trabajo, metodología y contribución de la tesis. Por otro lado, la data que se tiene para analizar y lo que se obtiene luego de la implementación del trabajo en la operación minera resulta de vital importancia ya que se obtiene ahorro y un método de ayuda para los despachadores de mina.

1.2 Planteamiento del problema de investigación

En esta operación minera los despachadores están con un tiempo limitado debido al trabajo que realizan entre los cuales tenemos: el flujo de camiones hacia las chancadoras, botaderos y/o stocks como también el flujo de los camiones a los equipos de carguío sea una pala o un cargador, el control del sistema de gestión de flota llamado Dispatch, todo esto mencionado es el trabajo principal. Como trabajo auxiliar se tiene como tarea la información del equipo auxiliar, los sistemas anti fatiga, el sistema de control de caída de uñas del equipo de carguío, el sistema de control de temperatura de neumáticos

y lo más dinámico que es el envío de los camiones a los grifos, el envío de camiones por cambio de turno, refrigerio, disparo y mantenimiento.

El despachador está pendiente todo el turno de como enviar los camiones al grifo para su abastecimiento de combustible, ya que esto es de manera manual y de no hacerlo a tiempo puede quedar un camión parado en la mina, lo cual genera un problema incluso de mantenimiento y también operacional, por otro lado enviar al camión con un alto nivel de combustible hacia la estación de combustible no es óptimo porque afectaría la utilización del equipo, mientras que enviarlo a cualquier hora puede generar un problema del camión haciendo cola en el grifo, otro detalle que afectaría la utilización del camión.

El equipo de tecnología minera evaluó módulos de otros sistemas de gestión de flota para cubrir la necesidad, aquí se encuentran que los productos no cubrían lo que se buscaba ya que cada operación se maneja de manera distinta y el método que utilizaban los despachadores de mina en esta operación para enviar los camiones hacia los grifos era mediante la pre asignación del camión de acarreo y no se asignar de manera directa salvo sea una excepción por ejemplo por muy bajo nivel de diesel o por pedido mecánico o por pedido de la supervisión de campo.

Se resalta que el despachador no debe descuidar de este envío de camiones a las estaciones de combustible ya que podría tener condiciones de seguridad ya mencionadas, entonces se debe cubrir con las expectativas que esperan los despachadores de mina, por los cual se formulan las siguientes preguntas que serán desarrolladas en el Capítulo III.

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la inadecuada asignación de los camiones a las estaciones de combustible incide en el incremento de los tiempos de recarga de diesel de los camiones?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida las colas de los camiones en las estaciones de combustible afectan a la utilización del camión?
- ¿En qué medida el envío de los camiones a las estaciones de combustible incide en el incremento de horas del trabajo del despachador?

Se necesita replantear lo de un módulo de asignación automática para que se acomode a la realidad de la operación. Estos problemas se resuelven con lo que se muestra en el Capítulo IV.

1.3 Objetivos de estudio

Optimización de tiempos de recarga de diesel de camiones de acarreo mediante el uso de un módulo de asignación automática en una mina a tajo abierto intenta cubrir lo siguiente:

1.3.1 Objetivo general

Optimizar los tiempos de recarga de diesel de los camiones mediante el módulo de asignación automática.

1.3.2 Objetivos específicos

- Aumentar la utilización de los camiones.
- Mejorar el uso y control del sistema de gestión de flota.

1.4 Hipótesis del estudio

1.4.1 Hipótesis general

H1: Mediante el módulo de asignación automática de los camiones se influirá en la optimización de los tiempos de recarga de diesel.

- **Variable dependiente**
Tiempo de recarga de diesel.
- **Variable independiente**
Módulo de asignación automática.

1.4.2 Hipótesis específicas

H1A: Mediante el módulo de asignación automática de los camiones se influirá en la utilización del camión.

- **Variable dependiente**
Utilización del camión.
- **Variable independiente**
Módulo de asignación automática.

H1B: Mediante el módulo de asignación automática de los camiones se optimizará el tiempo del despachador.

- **Variable dependiente**

Tiempo del despachador.

- **Variable independiente**

Módulo de asignación automática.

1.5 Matriz de consistencia

A continuación, se detalla la matriz de consistencia para esta tesis, aquí se muestra de manera ordenada y esquematizada los puntos a tratar y demostrar en los próximos capítulos.

Tabla 1

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE		INDICADOR	TECNICAS DE INSTRUMENTACION DE RECOLECCIÓN DE DATOS
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	X	Y		
¿En qué medida la inadecuada asignación de los camiones a las estaciones de combustible incide en el incremento de los tiempos de recarga de diesel de los camiones?	Optimizar los tiempos de recarga de diesel de los camiones mediante el módulo de asignación automática	Mediante el módulo de asignación automática de los camiones se influirá en la optimización de los tiempos de recarga de diesel	Tiempo de recarga de diesel	Módulo de asignación automática		
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	XN	YN	Demora combustible / Utilización del camión / Tiempo del despachador	Base de datos del sistema de gestión de flota
¿En qué medida las colas de los camiones en las estaciones de combustible afectan a la utilización del camión?	Aumentar la utilización de los camiones	Mediante el módulo de asignación automática de los camiones se influirá en la utilización del camión	Utilización del camión	Módulo de asignación automática		
¿En qué medida el envío de los camiones a las estaciones de combustible incide en el incremento de horas del trabajo del despachador?	Mejorar el uso y control del sistema de gestión de flota	Mediante el módulo de asignación automática de los camiones se optimizará el tiempo del despachador	Tiempo del despachador	Módulo de asignación automática		

Fuente: Elaboración propia.

1.6 Antecedentes de la investigación

Según el planteamiento del problema se tiene una necesidad que sería encontrar un sistema o mecanismo que pueda ayudar a la oportunidad ya mencionada y que considere las variables como nivel de combustible, tipo de flota del camión de acarreo, rutas cortas hacia las estaciones de combustible, entre otras. Además, que sea de fácil uso para el despachador encargado de esta función específica.

El módulo de asignación automática de camiones hacia las estaciones de combustible que se logra crear para este trabajo toma en cuenta la mayor cantidad de flotas de acarreo que existen en la operación ya que existen 7 camiones que no entran dentro de la lógica porque en las estaciones de combustibles no todas las bahías están diseñadas para estos 7 camiones mencionados es por esto por lo que no estarán contemplados dentro de la lógica.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

El objetivo del presente capítulo es la revisión de la literatura necesaria para poder entender el tema de la tesis.

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Fundamentos de minería superficial*

El producto desde lo económico se puede analizar en obtención de ganancia que permite cubrir gasto y los costos que se incluye en los procedimientos minados con características de tajo abierto como perforaciones, voladuras, carguíos, acarreos y procesos de minerales en plantas o lixiviación es llamado un tipo de metodología para su explotación de los minerales.

En la extracción a tajo abierto se puede mover el material de mina sea mineral o desmonte hacia las chancadoras, stocks o pads de lixiviación para este caso como la operación que describe esta tesis, esto es gracias a los camiones de acarreo que forman parte de la operación y también debido a los diversos equipos que tiene la operación todo esto es supervisado por las personas que trabajan en el área de operaciones mina para que se pueda cumplir el plan según los recursos que se tiene en la operación.

Una forma de poder cuantificar este tema sería mediante la Ecuación 1:

$$Ganancias = Mv * (Pmv - Cmv) \quad (1)$$

Donde:

Mv = Material vendido

Pmv = Precio del material vendido

Cmv = Costo del material vendido

Figura 1

Procesos Típicos Productivos para Una Mina características a Tajo Abierto



Fuente: elaboración propia

Según la Ecuación 1 la acción minera sería beneficioso en logros, siendo mayor a cero con un margen para ganancias siendo mayores o igualmente porcentaje de ganancias cuando toma costo en oportunidades para invertir.

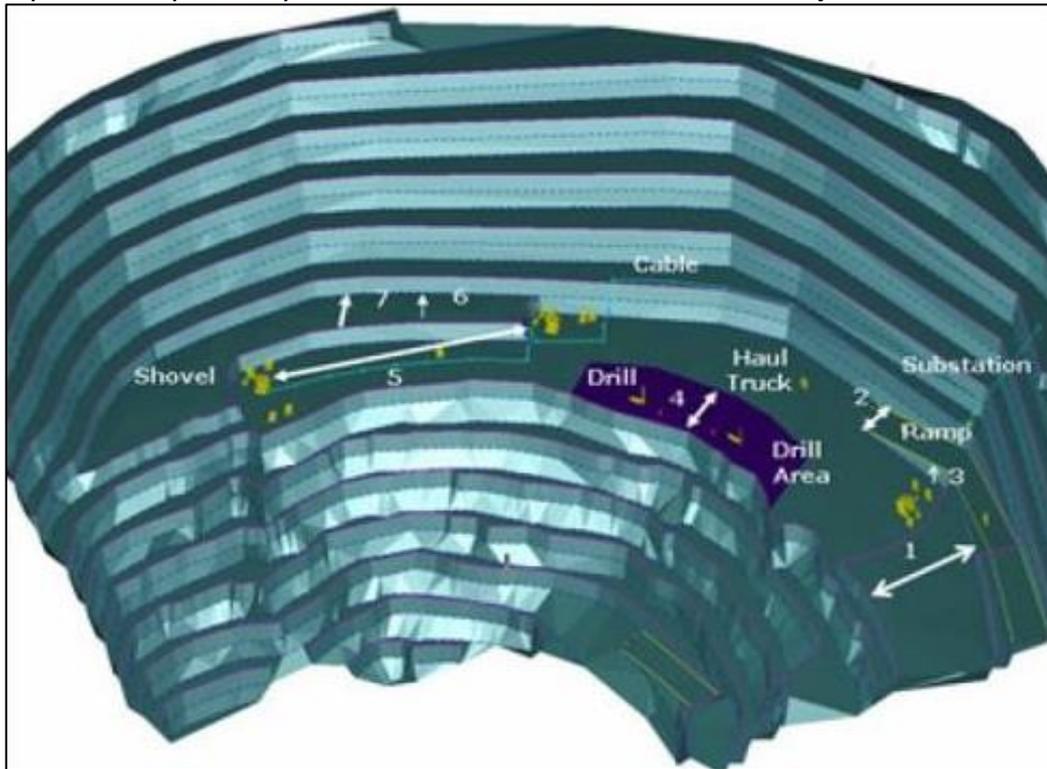
2.1.2 Equipo en minera superficial

En una operación minera a tajo abierto se deben de tener equipos de acuerdo con la magnitud de la operación y esto es gracias al planeamiento de minado que hace todo los cálculos y estimaciones correspondientes de la correcta línea amarilla que necesita tener la operación minera que se tiene en cuestión.

También los equipos que se usarían para una operación minera deben estar de acuerdo con los estándares y/o diseños correspondientes de la corporación que se adjudica la empresa. Para todos estos equipos existen un plan de mantenimiento que nos garantiza una correcta disponibilidad mecánica.

Figura 2

Los Espacios Requeridos para Diseños Minados en Una Mina a Tajo Abierto



Fuente: Surface Mine Planning Standards Manual, FMI

La Tabla 2 muestra los requerimientos globales para el diseño de minado.

Tabla 2

Requerimientos Globales Para Un Diseño de Minado

REQUERIMIENTO GLOBAL	MEDIDA
Ancho de minado de la fase	80 m (mínimo)
Ancho de rampa	40 m (mínimo)
Pendiente de rampa	10% (máximo)
Ancho de área de perforación	60 m (mínimo)
Distancia entre pala en producción	100 m (mínimo)
Ancho de banco	15 m
Ancho de banquetta	Varía con el ángulo de talud

Fuente: Surface Mine Planning Standards Manual, FMI

Los equipos de producción son:

- Equipo de carguío (pala o cargador).
- Camión.

Los equipos de soporte son:

- Perforadora.
- Cargador frontal.
- Camión cisterna.
- Tractor de oruga.
- Tractor de rueda.
- Motoniveladora.
- Excavadora (tipo balde o tipo martillo).
- Rodillo compactador.

2.1.2.1 Equipo de carguío (pala o cargador). Son los equipos a gran escala que tienen como funciones el carguío para los procesos de producción, esto se alcanzara y coordinara mediante tres movimientos: levantes, empujes y giros con lo que se lograría los ciclos de excavación.

Estos pasos se detallan con lo siguiente:

- Excavación.
- Giro.
- Vaciado.
- Retorno.

2.1.2.1.1 Excavación. Esta acción de excavación se da empujando el balde mediante el minado del banco, se llena y recoge desde el banco, se mantiene un equilibrio apropiadamente en movimientos que se realiza empujes y levantes para su excavación eficiente y productiva. La Figura 3 muestra en forma descriptiva la excavación para llenados en balde.

Figura 3

Fases Descriptivas de Excavación para Llenados en Balde

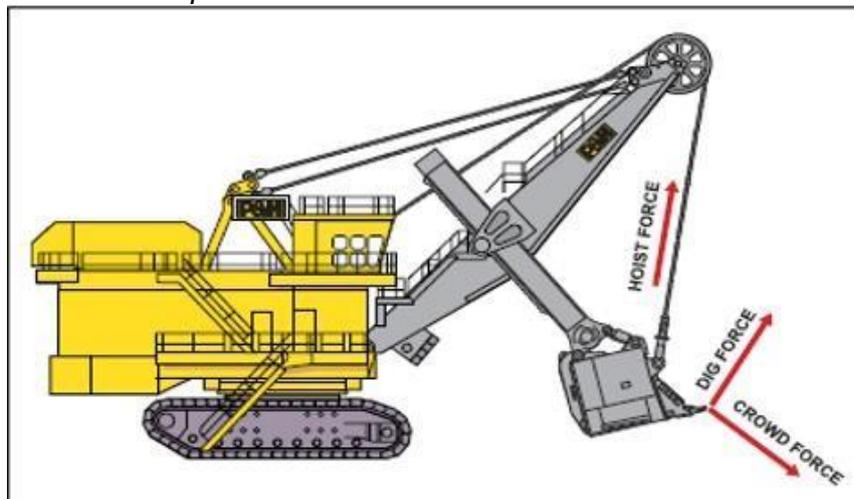


Fuente: Manual del operador pala 4100 XPC ES41188 - Peak Services

Se emplea la pala o cargador generando fuerzas para excavar por mecanismos de levante por tracciones del aro o cables en su mecanismo realizado en empuje mediante fuerzas para empujar y levantar que se aprecia la Figura 4.

Figura 4

Fuerzas para Excavación por medio de Pala Eléctrica Minera

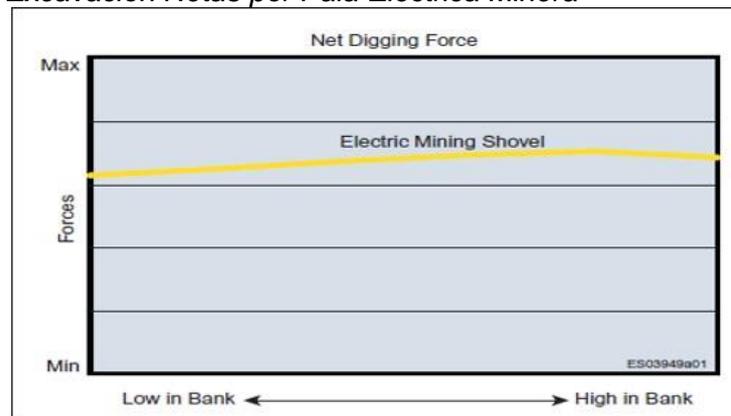


Fuente: Manual del operador pala 4100 XPC ES41188 - Peak Services

Por lo tanto, se compone de un mecanismo levante y empuje combinando durante fase de la excavación, produce fuerza de excavación neta necesariamente en penetrar al banco y llenarse el balde. El balde se desplaza poco a poco hacia arriba en el banco, así las palas eléctricas modernas ahora con plumas de longitud y geometría óptima soportara altas fuerzas de excavar durante fases para excavación, la Figura 5, se aprecia fuerza de excavación neta de la pala.

Figura 5

Fuerzas para la Excavación Netas por Pala Eléctrica Minera



Fuente: Manual del operador pala 4100 XPC ES41188 - Peak Services

2.1.2.1.2 Giro. La fase de giro se inicia con el balde alejado desde el banco vertical y horizontal; siendo el operador de carguío quien controla las posiciones del balde para su trayectoria que va girar y dar altura de su vaciado planificado, llegando el balde en posición sobre los camiones.

2.1.2.1.3 Vaciado. En el vaciado, el balde cargado se ubica al extremo de los camiones cuando culmina en su movimiento de giro y se detiene invirtiendo la dirección en su regreso del balde al banco, esta etapa el operador de carguío ordena aperturarse la tapa del balde y desprende la carga controlando su altura y descargando cómodamente para evita lesionar al operador del camión o equipo de soporte que este por la zona.

2.1.2.1.4 Retorno. La fase consiste en giro de vuelta al banco y bajarse su balde para posicionarse en excavación y cerrar su tapa.

Se considera la pala o cargador para minar material dependiendo del ancho en minado de fases productivas, se efectúa carguío en los diferentes lados de pala (double sided loading) y por un solo lado de la pala (single sided loading), se requiere mínimo de ancho en el minado para estos dos tipos de carguío y cual tiene que verse generalmente con radio de giros de los camiones que pueden ser más grandes y este cálculo de anchos mínimos que se requiere se calcula según la Ecuación 2:

$$\text{Area minima requerida} = \begin{cases} (Tct) * 2, & \text{si es por ambos lados} \\ (Tct) * 1, & \text{si es por un solo lado} \end{cases} \quad (2)$$

Donde:

$Tct = \text{Turning circle for truck, mínimo ancho para girar el camión}$

Siendo el diámetro mínimo de giro calcularse por la Ecuación 3:

$$Tct = \text{Dumping radius} + \frac{1}{2}(\text{Width truck}) + \text{Rear end radius} + \text{Clearance} \quad (3)$$

Donde:

$\text{Dumping radius} = \text{Distancia del centro de giro de la pala a la posición de descarga}$

$\text{Width truck} = \text{Ancho del camión mas grande de la mina}$

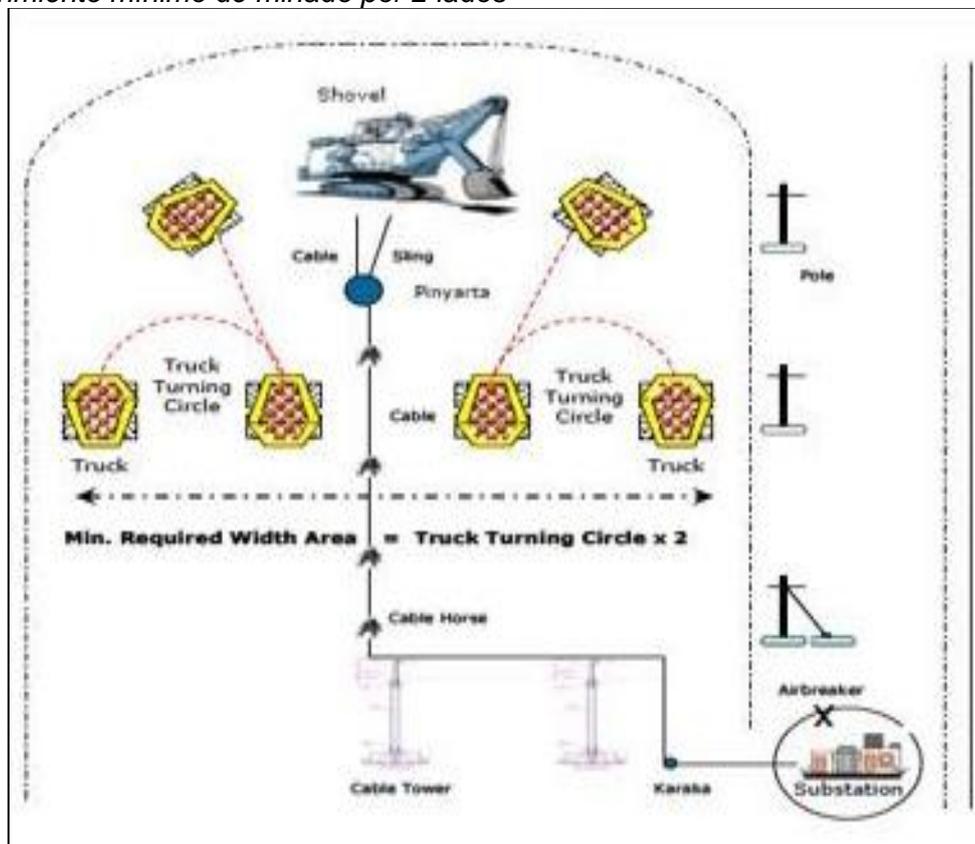
$\text{Rear end radius} = \text{Distancia del centro de giro de la pala al final del contrapeso}$

$\text{Clearance} = \text{Distancia de seguridad entre el pie o cresta del talud al camión}$

La Figura 6 identifica los anchos de requerimiento mínimo en dos lados de su carguío.

Figura 6

Requerimiento mínimo de minado por 2 lados

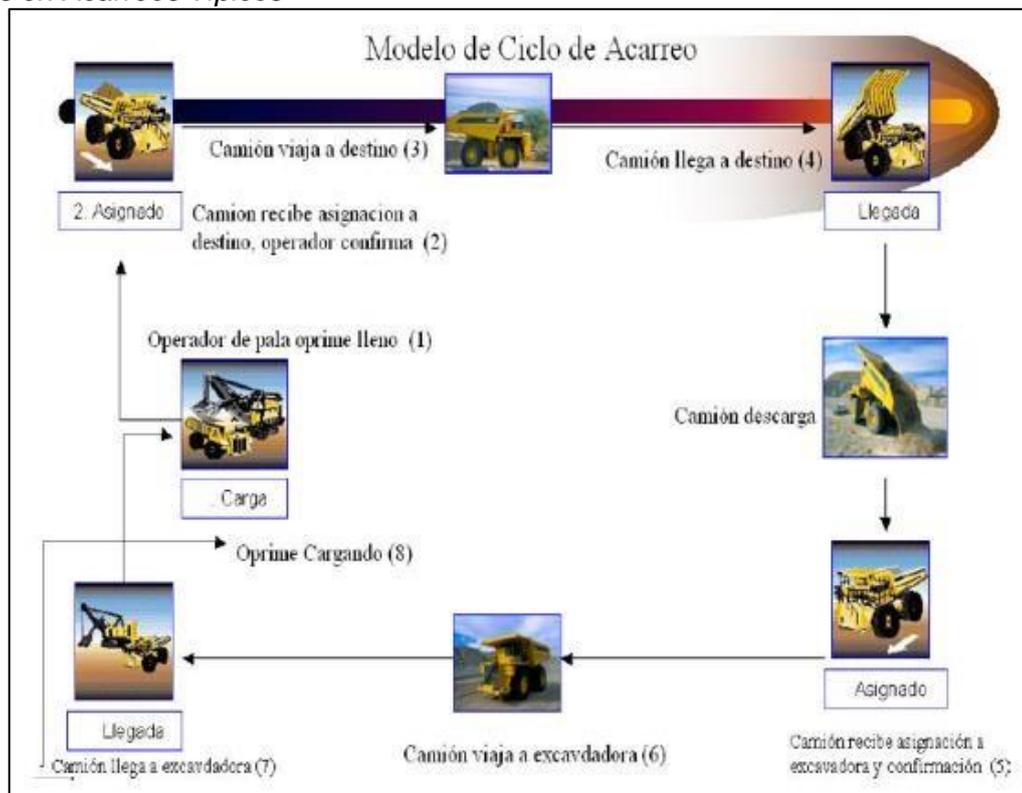


Fuente: Surface Mine Planning Standards Manual, FMI

2.1.2.2 Camión. Los equipos de acarreo para este caso un camión tiene como funcionalidades principales transportar los materiales que tiene en tolva hacia sus destinos sean un botadero, stock o chancadora según el material que contengan. Esto gracias al sistema de gestión de flota que tiene cada operación minera. El ciclo de acarreo se puede ver en la Figura 7.

Figura 5

Ciclos en Acarreos Típicos



Fuente: Manual del operador pala 4100 XPC ES41188 - Peak Services

Se puede calcular los Ciclos de Acarreos empleando la Ecuación 4:

$$\text{Ciclo de acarreo} = T_{vv} + T_a + T_c + T_{vc} + T_d \quad (4)$$

Donde:

T_{vv} = Tiempo de viaje vacío

T_a = Tiempo de acuatamiento

T_c = Tiempo de carguío

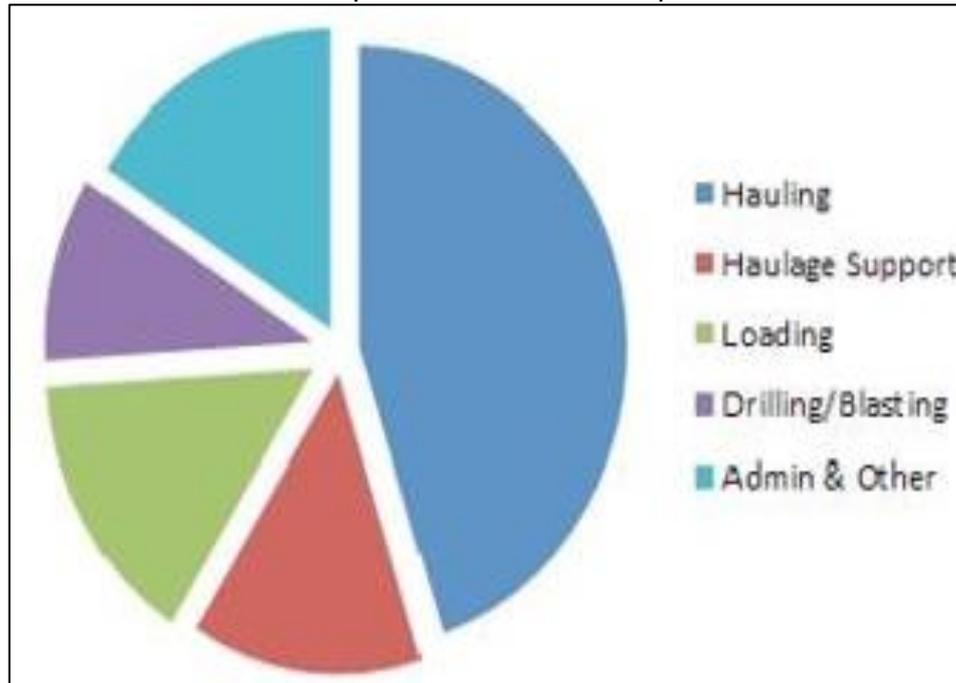
T_{vc} = Tiempo de viaje cargado

T_d = Tiempo de descarga

Se considera este proceso de acarreo más crítico es más oportuno para disminuir el costo encontrarse en su mantenimiento para vías y cuidado llantas usando la tecnología. El costo de acarreo supera a veces un 50% de los costos totales en operaciones mineras mencionó RJ Thompson como se aprecia Figura 8.

Figura 6

Distribución de los Costos en La Operación de Minería Superficial

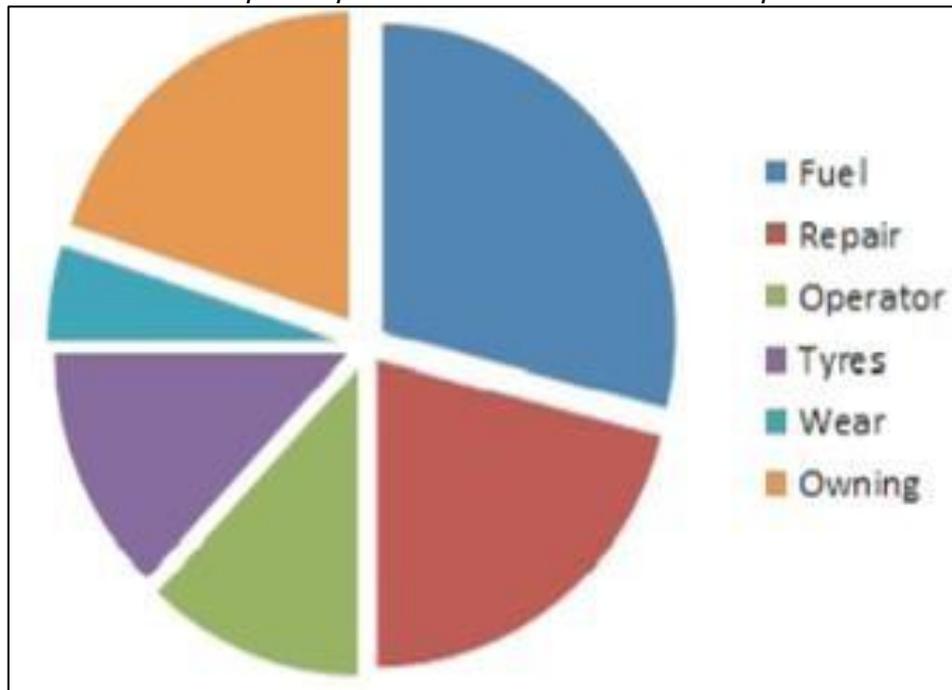


Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. Thompson, R.J.

Siendo los costos operativos que se relaciona con los costos de operaciones de los camiones por sí mismos y su variación en resistencia a rodaduras de los sistemas de vías, de esa manera se incrementa la resistencia en rodadura trayendo consigo incrementos en su consumo del petróleo, reparaciones de sus componentes de los camiones, uso y remplazar las llantas, estos en los costos de las operaciones del libro de RJ Thompson estrategia MMS en inglés “maintenance management system” que observamos en la Figura 9.

Figura 9

Distribución de los Costos para Operación de Camión de Acarreo para Minería Superficial



Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. Thompson, R.J.

Por lo tanto, los programas de mantenimiento de vías se analizan de causa raíz en aquel evento que trae como consecuente decrementos en sus costos variables correspondientes a los camiones, mantenimientos, neumáticos y consumo del combustible; siendo los costos fijos que asocia en principio al personal que se mantiene invariable.

Se puede decir que la investigación propone el mejoramiento del consumo de combustible y evitar tiempos muertos por colas innecesarias en las bahías de combustibles hechas por los camiones de acarreo mediante el uso de la tecnología

Los diseños de las rutas en acarreo y accesos a las vías son imprescindibles ya que teniendo una excelente vía hace que el tiempo de acarreo sea más preciso y esto se reflejaría en productividad de las flotas de los mismos, consistiendo en fijar los parámetros en vías para acarreo serían los siguientes:

- Pendientes.
- Distribuciones para tráfico.
- Patrón para Tráfico.
- Curvas y superelevación (peralte).

- Intersección.
- Caminos de vía onduladas.

Por lo tanto, se considerarán estos factores que afecta diseños en vías para acarreo serían los siguientes:

- Equipos que se usan en vías
- Condición climática.
- Condición para seguridad.
- Material a su disponibilidad.
- Equipos para construcción disponibles mecánicamente.
- Vida útil de los caminos de acarreo.

Teniendo en cuenta, las vías de acarreo suaves contienen deficiencia en diseño, generalmente no usar capa en su superficie adecuada ya que controla la performance en su productividad y también en seguridad. Al hacer mantenimiento en vías la capa superficial se corrige con su deficiencia contribuyendo en reducir su resistencia para rodadura que se esfuerce en su tracción necesaria en superación al efecto de retardar entre los neumáticos y suelo mostrada en la Figura 10.

Figura 10

Resistencia para Rodadura Entre Las Ruedas y Superficie para Acarreo



Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. - Thompson, R.J.

Para la resistencia a la rodadura superara con su potencia la máquina ejercida en sacar los neumáticos para arriba y fuera de sus propios surcos expresada en porcentaje, presentando en Tabla 3.

Tabla 3

Descripción sobre Resistencia para Rodadura en Camiones y sus Neumáticos

CAMINO	PORCENTAJE
De acarreo duro, bien mantenido, permanente	1.5 %
Bien mantenido con poca flexión	3 %
Con una penetración de neumático de 1 pulgada	4 %
Con una penetración de neumático de 2 pulgadas	5 %
Con una penetración de neumático de 4 pulgadas	8 %
Con una penetración de neumático de 8 pulgadas	14 %

Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. - Thompson, R. J.

Siendo expresado en un 5% el impacto de resistencia para rodadura su incremento podría afectar en un 10% en reducir la producción y aproximadamente en 35% aumentar los costos relacionados a la producción ya que se consume combustible de manera excesiva, entonces sus componentes de neumáticos de los camiones presentan menor duración, pudiendo apreciarse ejemplo de esta medición en la Figura.11.

Figura 11

Medición en la Penetración por Ruedas para Vía Con Alta Resistencia para Rodadura



Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. - Thompson, R.J.

Por lo cual, una berma se conforma mediante materiales convencionales no consolidado que se logra con desmote de fases llevados de lugares aledaños de la mina. Siendo su altura mínima en 3/4 de la llanta más grande de donde transita el camión, se calcula empleándose la Ecuación 4.

$$A = \frac{3}{4} * L \quad (4)$$

Donde:

A = Altura mínima de la berma

L = Altura de la llanta mas grande

Teniendo en cuenta que la minería de tajo abierto posea vías dadas por doble carril para transitar los camiones, su ancho doble carril (double way) debe tener mínimamente 3 veces el ancho de los camiones más grandes, esto se representa en la Ecuación 5.

$$A = 3 * Ac \quad (5)$$

Donde:

A = Ancho total de la vía de acarreo

Ac = Ancho del camión mas grande de la operación

En la Figura 12 se representa el diseño de Altura de Berma.

Figura 12

Diseño para la altura de berma 3/4 de llanta más alta



Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. - Thompson, R.J.

En la Figura 13 se muestra el diseño una vía de doble carril.

Figura 13

Diseño de ancho de vía para un doble carril sin inclusión de bermas y drenajes



Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. - Thompson, R.J.

Por lo tanto, en diseño de los anchos mínimos en vías de acarreo para curvas horizontales se debería tener en cuenta huellas de partes delanteras y traseras de los camiones más grandes y se requiere tomarse en cuenta lo que sobresale en partes frontales y posteriores del equipo y ancho de las vías en curvas, entonces se puede determinar de la siguiente manera:

- Espacios libres laterales que se tiene entre los camiones.
- Anchos adicionales en la adaptación en condiciones para conducción difíciles.

Los anchos de las vías considerando la curva horizontalmente se muestran mediante la Ecuación 6.

$$W = 2(U + Fa + Fb + Z); Z = C = \frac{u+Fa+Fb}{2} \quad (6)$$

Donde:

U = Ancho de cadena de la máquina de neumático a neumático

Fa = Ancho de saliente delantero

Fb = Ancho de saliente trasero

C = Espacio libre lateral

Z = Asiganción de ancho adicional

Para los diseños en curvaturas o denominado switchbacks se considera su radio práctico considerando el equipo más grande, la curvatura mínima de radio estimada se da en la Ecuación 7.

$$R = \frac{V_0^2 + U_{min} * e}{127 * e} \quad (7)$$

Donde:

V_0 = Velocidad del camión (Km/hr)

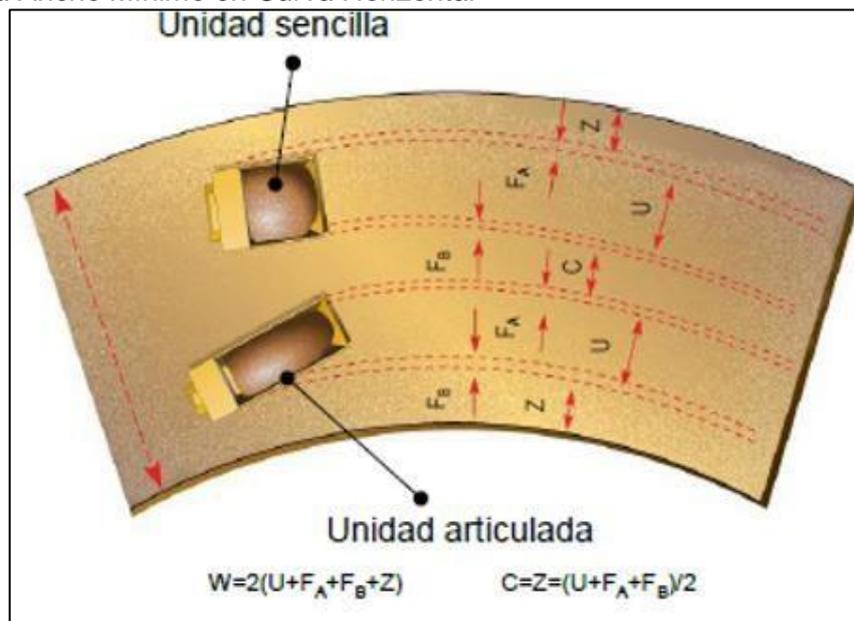
U_{min} = Coeficiente lateral de fricción

e = Superelevación aplicado (mm de ancho de vía)

En la Figura 14 se puede observar el diseño de la curva horizontal.

Figura 14

Diseño para Ancho Mínimo en Curva Horizontal



Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. - Thompson, R.J.

Siendo la superelevación la que refleja en cantidad por elevación aplicándose en la parte exterior de sus curvas ya que permite a los camiones pasar con ciertas velocidades, ideal por su fuerza centrífuga que experimenta los camiones debiendo contrarrestar con fuerza en fricción por los neumáticos en la vía. No se debe excederse 5% a 7% por que superelevaciones mayores requieren controles adicionales. Se muestra en la Figura 15 la estimación de superelevación.

Figura 15

Estimaciones para Superelevaciones cuando el Coeficiente Lateral es Cero

Curve Radius (m)	Speed (km/h) and super-elevation (m/m width of road)								
	15	20	25	30	35	40	45	50	55
50	0.035	0.060	0.090						
75	0.025	0.045	0.070	0.090					
100	0.020	0.035	0.050	0.075	0.090				
150	0.020	0.025	0.035	0.050	0.065	0.085			
200	0.020	0.020	0.025	0.035	0.050	0.065	0.080		
300	0.020	0.020	0.020	0.025	0.035	0.045	0.055	0.065	0.080
400	0.020	0.020	0.020	0.020	0.025	0.035	0.040	0.050	0.060
500	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.025	0.030	0.040	0.050

Fuente: Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management. - Thompson, R.J.

2.1.3 Indicadores de tiempo en base al rendimiento

Teniendo en cuenta que los reportes de seguimiento de información son administrados de acuerdo con indicadores claves para su desempeño o en ingles Kpi (Key performance indicators) se gestiona en áreas administrativas de la mina o el despacho.

Por lo cual el resultado de la gestión se controla mediante elaboraciones periódicas en su control, analizando los indicadores se permite ver su evolución que se tiene en la operación, el impacto de varias estrategias se implementa en gestión para mantener y tomar acciones correctivas para en su orientación con objetivos para el negocio. Es general tomar presente los tres indicadores claves en la gestión de los equipos:

- Disponibilidad mecánica.
- Utilización.
- Eficiencia de activos.

Para los cálculos en los indicadores de acarreo se establecen los siguientes estados en base al tiempo que son los siguientes:

- Operativo (listo para trabajar).
- Demora (detenido por tema operativo).
- Reserva (detenido por una causa especial pero listo para trabajar).
- Malogrado (mantenimientos no programados y programados).

En la Figura 16 se muestran las categorías de tiempos.

Figura 16

Categoría de Tiempos



Fuente: Parámetros de obtención de indicadores operacionales norma ASARCO

Disponibilidad Mecánica: Fracción porcentual del tiempo nominal en que el equipo se encuentra en condiciones mecánicas para operar. Su fórmula se enuncia en las Ecuaciones 8 y 9.

$$Disp = \frac{T_{disponible}}{T_{total}} \quad (8)$$

$$Disp = \frac{CAT_1 + CAT_2 + CAT_3 + CAT_6 + CAT_7 + CAT_9}{\sum_{n=1}^9 CAT_n} \quad (9)$$

Utilización: Corresponde a la fracción porcentual del tiempo disponible en que el equipo está siendo operado. En las Ecuaciones 10 y 11 se muestran la forma para su cálculo.

$$Util = \frac{T_{operativo}}{T_{disponible}} \quad (10)$$

$$Util = \frac{CAT_1 + CAT_2}{CAT_1 + CAT_2 + CAT_3 + CAT_6 + CAT_7 + CAT_9} \quad (11)$$

Eficiencia de Activos: Corresponde a la fracción porcentual del tiempo total en que el equipo está siendo operado. A continuación, se presenta las Ecuaciones 12 y 13, para hallar este valor.

$$Efic. Activos = \frac{T_{operativo}}{T_{total}} \quad (12)$$

$$Util = \frac{CAT_1 + CAT_2}{\sum_{n=1}^9 CAT_n} \quad (13)$$

2.1.4 Estadística aplicada a la minería

Se aplica la estadística para variabilidad en procedimiento aleatorio matemático que se requiere para identificar y modelar y se usa específicamente estableciendo procesos mejorando continuamente basada en estudios por tiempo, concretamente en ratios, seguido de sus indicadores, costo y simulan sistemas a veces más complejos. La finalidad, conocimiento, propiedad y definición estadísticamente que permite generando su comportamiento en distribuir los sistemas.

2.1.4.1 Definiciones estadísticas. La denominación de un “experimento aleatorio” es proceso que no se puede predecirse con certeza de manera anterior a ello también, ya que su objetivo del estudio es un análisis de un “experimento aleatorio” que para los resultados asignando a esto se debe incluir una probabilidad.

Este conjunto aleatorio es un posible resultado denominado espacio muestral conteniendo los resultados de aquel experimento generalizado por estudio particulares requiriendo que tenga probabilidad determinado por subconjunto que se realiza llamado evento, se denota "e" como símbolo subconjunto del conjunto experimentos aleatorios y las probabilidades de un "e" se asocia a un número adimensional asociándose por ocurrencia dada por $P(e)$.

$P(e)$ consiste proporcionar veces presentado evento “e” por tiempo ya que el experimento se efectúa por varias veces, puede existir probabilidad que ocurre dada la proporción, por rango en 0 a 1 de sus axiomas probabilísticos es lo siguiente:

Sea “k” espacios muestrales. dado por $P(k) = 1$

Puede ser en cualquier evento dado “e”, $0 \leq P(e) \leq 1$

Si A y B pudiendo efectuar eventos recíprocamente que excluye, por la Ecuación 14.

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \quad (14)$$

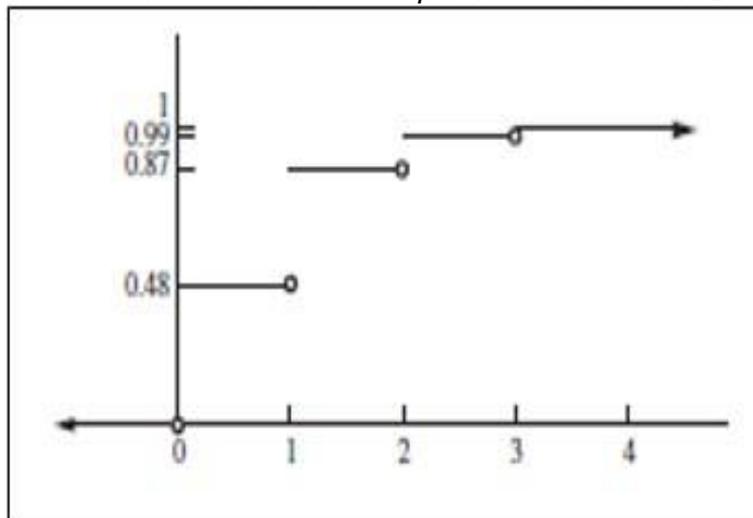
En varios momentos se designa valor numérico deseado en resultado por experimento, se asigna “variable aleatoriamente” si existen la denominación aleatoria, continua y las discretas.

2.1.4.2 Tipos de variables aleatorias.

2.1.4.2.1 Variable aleatoria discreta. La variable aleatoria es discreta si su valor posible consiste un conjunto de forma discreta; se puede dar si valor ordena y existe una separación de cada valor hacia su próximo mostrado en la Figura 17 que demuestra distribuciones en probabilidades de una variable de aquel tipo.

Figura 17

La Distribución de Probabilidades Acumuladas por Variable Aleatoria Discreta



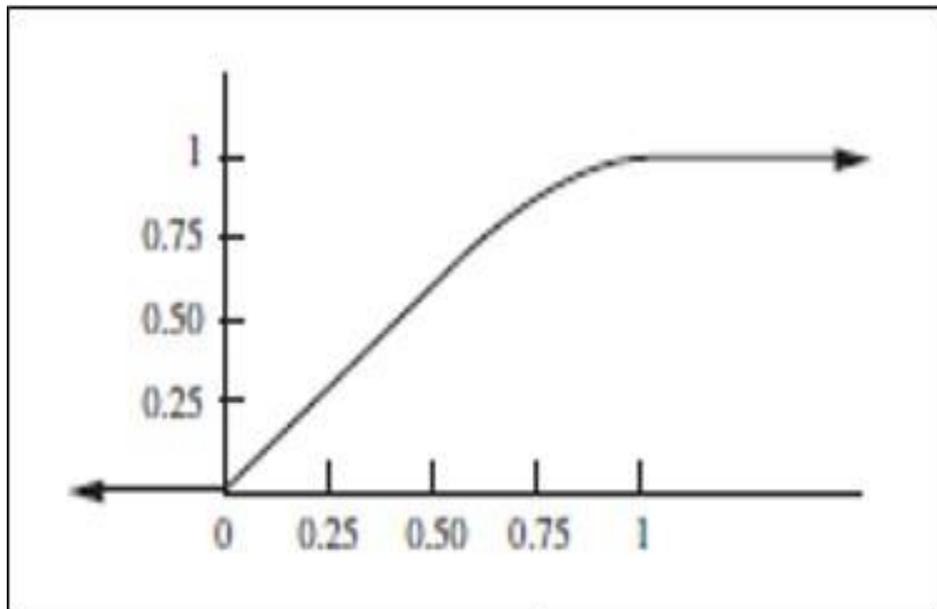
Fuente: Estadística para ingenieros y científicos – William Navidi

2.1.4.2.2 Variable aleatoria continua. La continuidad de variable en su probabilidad se da por áreas bajo sus curvas llamada función por densidad de

probabilidades en variable aleatoria mostrada en la Figura 19, se representa en distribuir probabilidad en una variable de aquel tipo.

Figura 18

La Distribución de Probabilidades Acumuladas en Variable Aleatorias Continúas



Fuente: Estadística para ingenieros y científicos – William Navidi

2.1.4.3 Función por distribución y probabilidad

2.1.4.3.1 Función por distribución y probabilidad de variable aleatoria

discreta. La funcionalidad de masa en probabilidades se distribuye en probabilidad de variable una manera aleatoria discreta “X” dada la Ecuación 15.

$$p(x) = P(X = x) \quad (15)$$

Esta función masa específica probable puede ser igual de un valor que se determina, distribuir acumulativamente específicamente probable variable una aleatoriamente sea menor o iguales a dado por medio de un valor. Distribuir la función acumula de variables x la funcionalidad, dada la Ecuación 16.

$$F(x) = P(X \leq x) \quad (16)$$

2.1.4.3.2 Funciones de distribuciones y probabilidades de variables

continuas. Las funciones de masas en probabilidades de distribución de una sola variable aleatoria denominada discreta “x” como función, viendo la Ecuación 17.

$$p(x) = P(X = x) \quad (17)$$

Las funciones de masas en probabilidades específicamente en probabilidad sean iguales a un valor que se determina, En la distribución de manera acumulativa concretamente la probabilidad en una variable aleatoriamente sean menor o iguales a un valor dado. Las funciones en distribuir acumulativa de variable “x”, la función se observa en la Ecuación 18.

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt \quad (18)$$

2.1.4.4 Distribución de probabilidad. La distribución de probabilidad en inferencia estadística se basa en la extracción de la muestra de aquella población para analizar los datos, su propósito es aprendizaje acerca de ello. Si no se conoce con certeza la familia de curva de su función de distribución esta es aproxima a familias comunes de distribuciones y estas son:

- Distribución Bernoulli
- Distribución binomial
- Distribución normal
- Distribución lognormal
- Distribución exponencial

Se describirá los diferentes lineamientos para distribución normal.

2.1.4.4.1 Distribución normal. Es aquella denominada distribución por Gauss, conocida mayormente en la estadística en poder representar a la población continua, se mencionará la fórmula de esta distribución en Ecuación 19.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (19)$$

Donde:

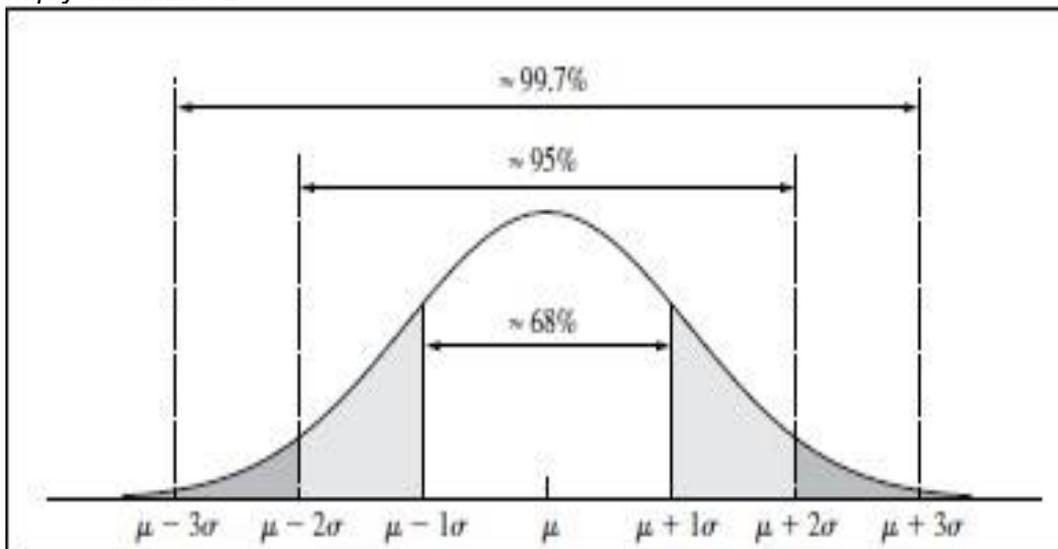
σ = Desviación estandar de la función

μ = Media de la función

Su proporción de la población normal puede ser la misma en distribución y delimitado por los espaciamentos de desviación estándar. La distribución normal se aprecia en Figura 19.

Figura 19

Funciones de las Densidades en la Probabilidad en Una Variable Aleatoria Normal con media μ y varianza σ^2



Fuente: Estadística para ingenieros y científicos – William Navidi

2.1.5 Sistema de gestión de flota

Es aquel sistema que controla los equipos de producción y auxiliares cuya función principal es reducir costos mediante la funcionalidad del software con el hardware de los equipos que lo contienen.

Los componentes mayoritarios que tiene un sistema de despacho son los servidores en oficinas o campo, estaciones de trabajo (Sala de despacho), sensores, señal Wifi, señal GPS.

El proceso de este sistema es obtener la data transmitida por el equipo para luego almacenarla en bases de datos históricas o en tiempo real y procesarla dependiendo del tipo equipo sea de tipo producción o auxiliar.

Dependiendo del enfoque al sistema de despacho para este caso el acarreo de material, este sistema logra predecir y hace asignaciones basadas en la data recibida.

Este gran sistema usa 3 algoritmos principales que son los siguientes:

- **Mejor ruta:**

Es aquella ruta que usa el camión para poder ahorrar costos de operación ya que durante este trayecto se reduce el tiempo de acarreo por ser la menor distancia. La unión de cada camino de intersección en el sistema de camiones de Dispatch se denomina nodo.

- **Programación lineal:**

Son los cálculos realizados por el sistema de despacho que sirve para poder alimentar al software en base a prioridades que dicta el plan de mina o la configuración hecha en el sistema hacia los equipos de producción sean camiones y palas.

- **Programación dinámica:**

Son los cálculos hechos por el sistema de despacho que predice asignaciones en base a la programación lineal y a la gestión que hace el software con los recursos disponibles, mejor dicho, los equipos.

Todo esto mencionado se logra gracias los despachadores que son los ingenieros encargados en realizar las configuraciones del sistema de despacho para obtener las mejores asignaciones de los camiones de acarreo en base del cumplimiento del plan de minado y los objetivos del área. Para la optimización de tiempos en este trabajo se utiliza la parametrización de las curvas de Bézier en el algoritmo (ver Anexo 3) que se encuentran en las bases de datos de Dispatch para lograr los tiempos de ruta corta de los camiones.

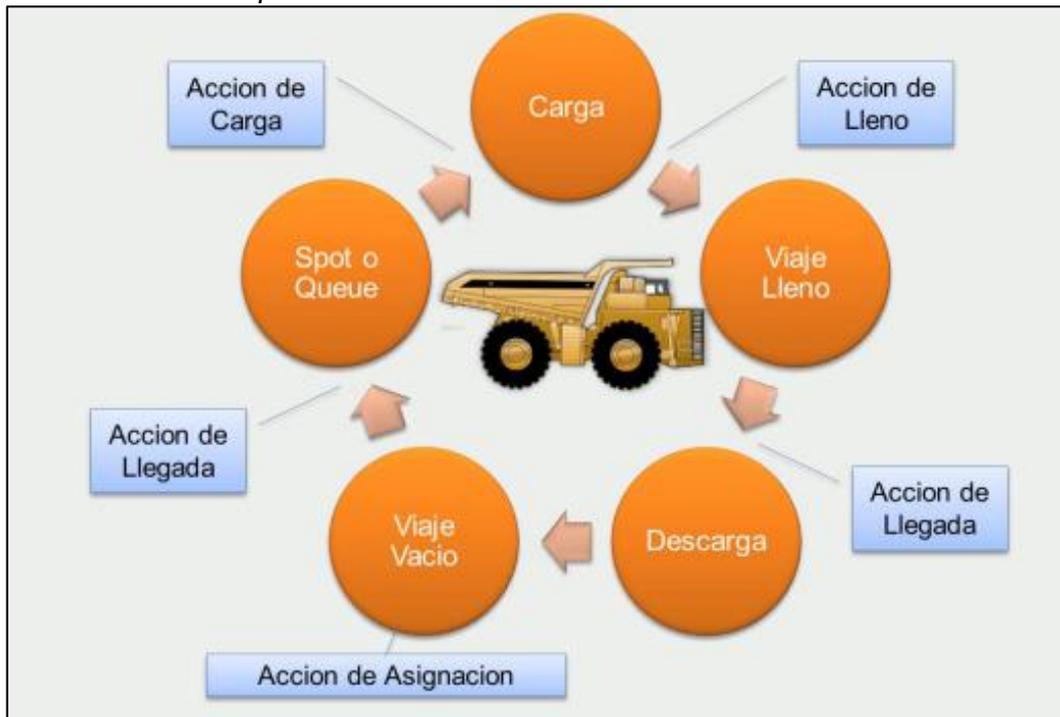
Aquí se detalla algunas funciones de los despachadores de mina:

- Actualizar el modelo de mina (rutas de acarreo).
- Monitorear los equipos de mina.
- Resolver problemas en el ciclo de acarreo.
- Configurar los parámetros de optimización.
- Garantizar el cumplimiento de las expectativas de la operación (seguridad).

En la Figura 20, se describe el ciclo de acarreo.

Figura 7

Ciclo de Acarreo en Dispatch de Un Camión

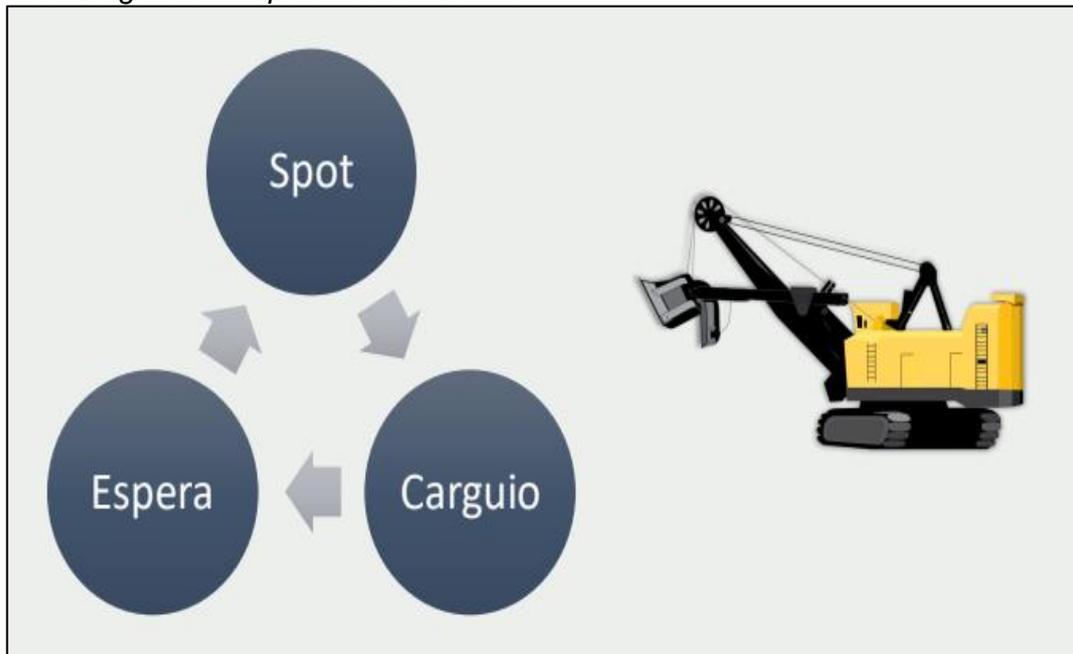


Fuente: Modular Mining Systems

En la Figura 21, se describe el ciclo de carguío.

Figura 21

Ciclo de Carguío en Dispatch de Un Camión

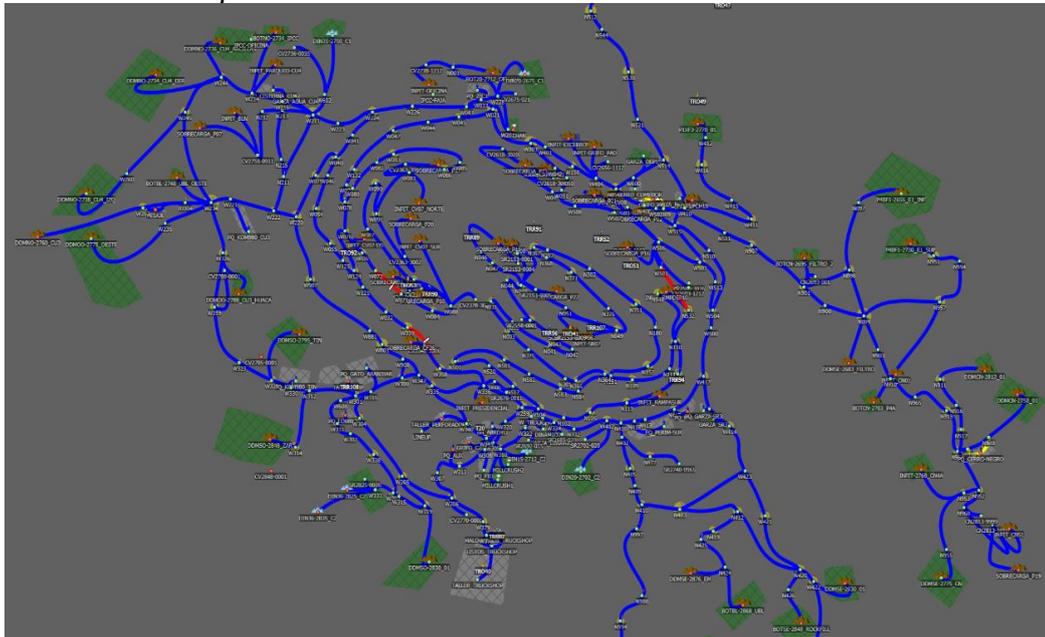


Fuente: Modular Mining Systems

En la Figura 22 se aprecia el mapa de la operación minera en el sistema Dispatch.

Figura 22

Mapa de Mina en Dispatch



Fuente: Modular Mining Systems

2.1.6 Bases de datos

Se considera al conjunto que almacena en una memoria externamente los datos organizados por medio de estructura, algunas son diseñada en satisfacción de requerimientos de la empresa. Percibe en su gran almacenamiento que sirve en definir y se crean solamente una sola vez, se usa en mismo tiempo por varios usuarios.

La base de datos ayuda a gestionar nuestra información permitiendo a varios usuarios la definición, creación y dar un soporte y control a la misma base de datos en su aplicación de servicio a toda la empresa.

Se conocen cuatro grupos en personal que intervienen en lo relacionado en base de los datos:

- Administrador, es quien está encargado de implementar físicamente la base de datos también escoge los tipos datos, determina la ubicación y se encarga que el sistema siempre este operativo y da soporte para los usuarios finales.

- Diseñador, hace el diseño que identifican sus datos y las diferentes relaciones. Debe tener conocimiento reglas del negocio ya que sabe que datos se muestran y que datos se mantienen en reserva.
- Programadores, son aquellos que crean programas que son muy útiles y dinámicos para los usuarios finales.
- Usuario final, son aquellos que hacen gestión de la información en base a todo lo ya mencionado.

Para esta tesis somos usuarios finales ya que captamos la información en tiempo real para procesarla como se detalla en los capítulos siguientes.

2.1.7 Lenguaje de programación SQL

Es el lenguaje de programación estandarizado relacionado a la base de datos se conforma por el conjunto relación entre lenguaje y denominación de tablas y en que cada tabla mediante columnas es atribuida y columna cada nombre y tipo de datos en que se ingresa dato fecha, entero, reales y decimales, en tablas insertando filas llamada tuplas que para luego se podrá realizar consulta, modificación, eliminación y otros procesos llamados en ingles Structured Query Language.

2.1.8 Software de reportes

Los programas de reportes son necesarios para una empresa y sus procesos aledaños ya que es una forma de poder mostrar nuestros indicadores de gestión.

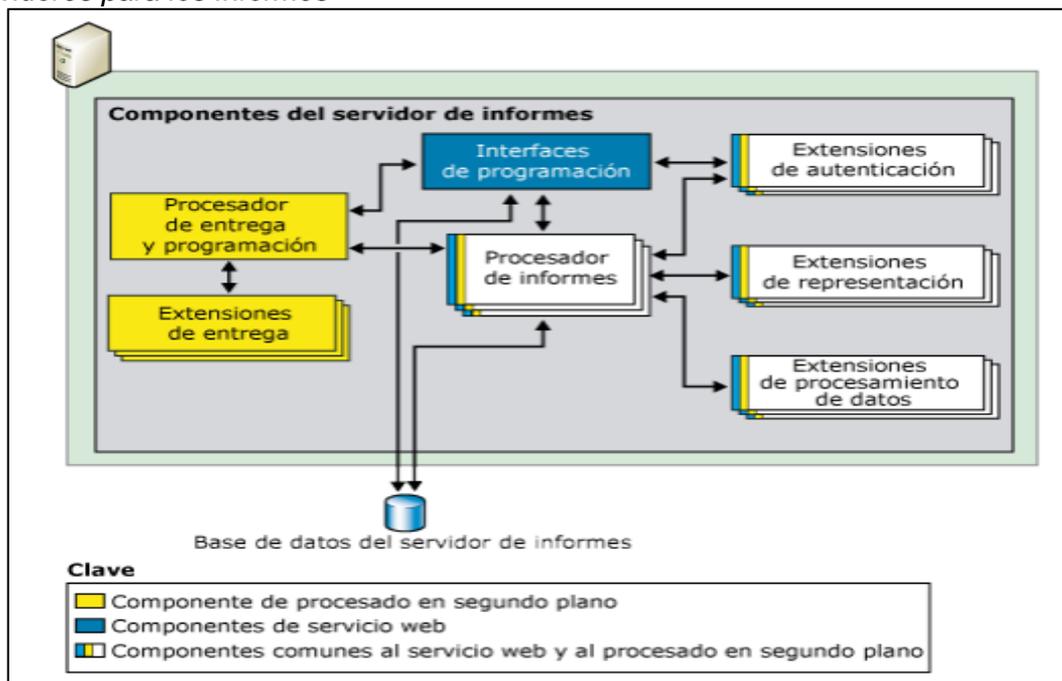
En la elaboración se usa herramientas para informes de la empresa que son aplicación de software ayuda a la organización y hace un seguimiento de su data en la empresa. Se conoce la herramienta ideal ya que cuenta con serie de función y capacidad, con simplicidad en generar informes hasta los análisis se avanza y se visualiza en datos. En la actualidad nuestro mercado se dan varias herramientas de elaborar informes para la empresa, todos tienen puntos aceptables y deficientes, pero se considera los más convencionales a Microsoft Power BI, Tableau y Data Studio.

Para esta tesis utilizamos el software de reportes denominado SQL Server Reporting Services que son interfaces para la programación, herramientas y sus

componentes para los procesamientos admitiendo en su desarrollo y usa en plasmar los informes completamente que su entorno sea administrado correctamente. Siendo unido las herramientas esta junto para desarrollar las configuraciones y administraciones, visualizar los informes. Se usa Power BI para diferentes reportes que son necesarios en la estadística. En la Figura 23 detallamos el servidor en informes.

Figura 23

Servidores para los Informes



Fuente: Elaboración propia

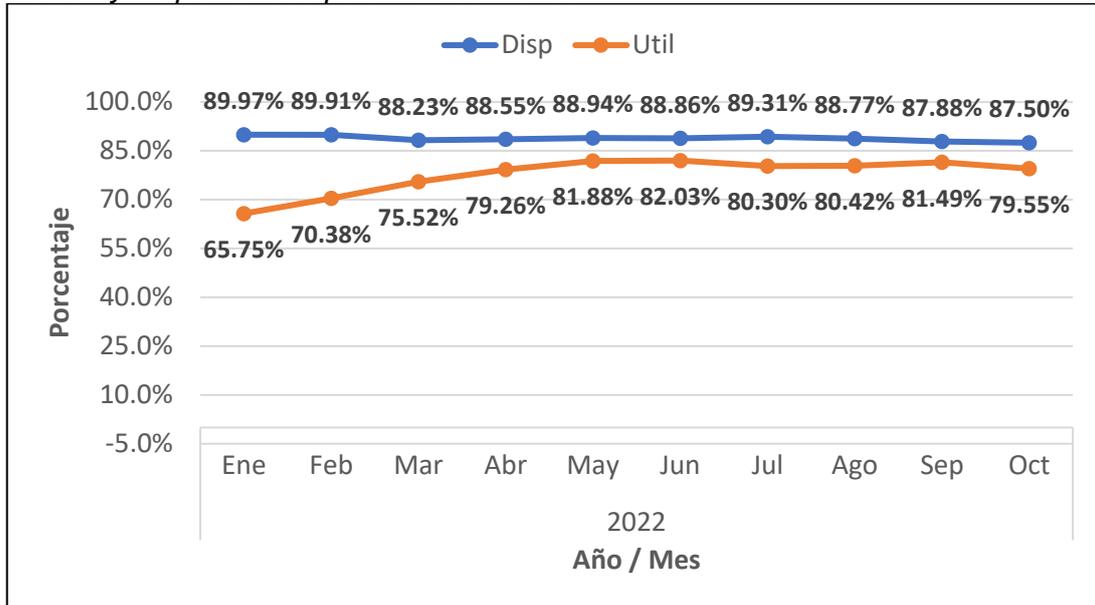
2.1.9 Indicadores de acarreo

A continuación, se detalla los principales indicadores de la flota de acarreo de la operación minera que se van a desarrollar y optimizar gracias a esta tesis. Los datos mostrados son desde antes de aplicar el módulo de asignación automática de combustible en la operación minera.

2.1.9.1 Disponibilidad y utilización. Generalmente la disponibilidad mecánica de camiones es alta (>88.5%), queremos mencionar un gap en mejoramiento de categorías asociados al estado en reserva, puede darse en demora o detención operacional (~30%), ya que la disponibilidad mecánica no suele variar. En la Figura 24 observamos mes a mes estos valores.

Figura 24

Utilización y Disponibilidad para Los Camiones

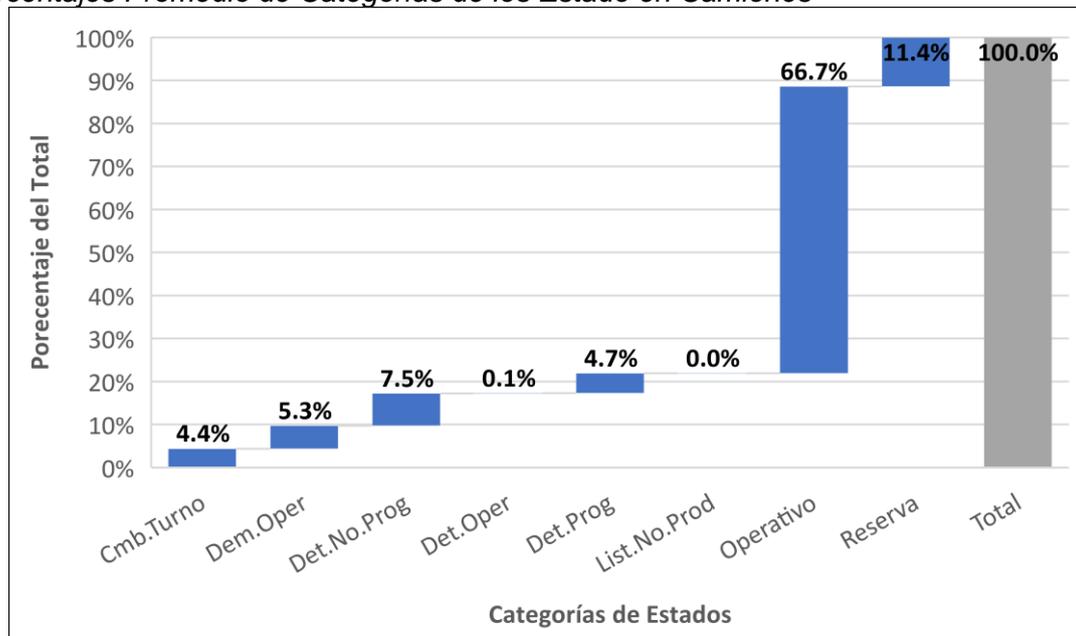


Fuente: elaboración propia

La utilización alcanza 77.6% en promedio resumiendo las categorías para reserva demora y mantenimiento observando mediante diagrama de forma de cascada en la Figura 25.

Figura 25

Porcentajes Promedio de Categorías de los Estado en Camiones



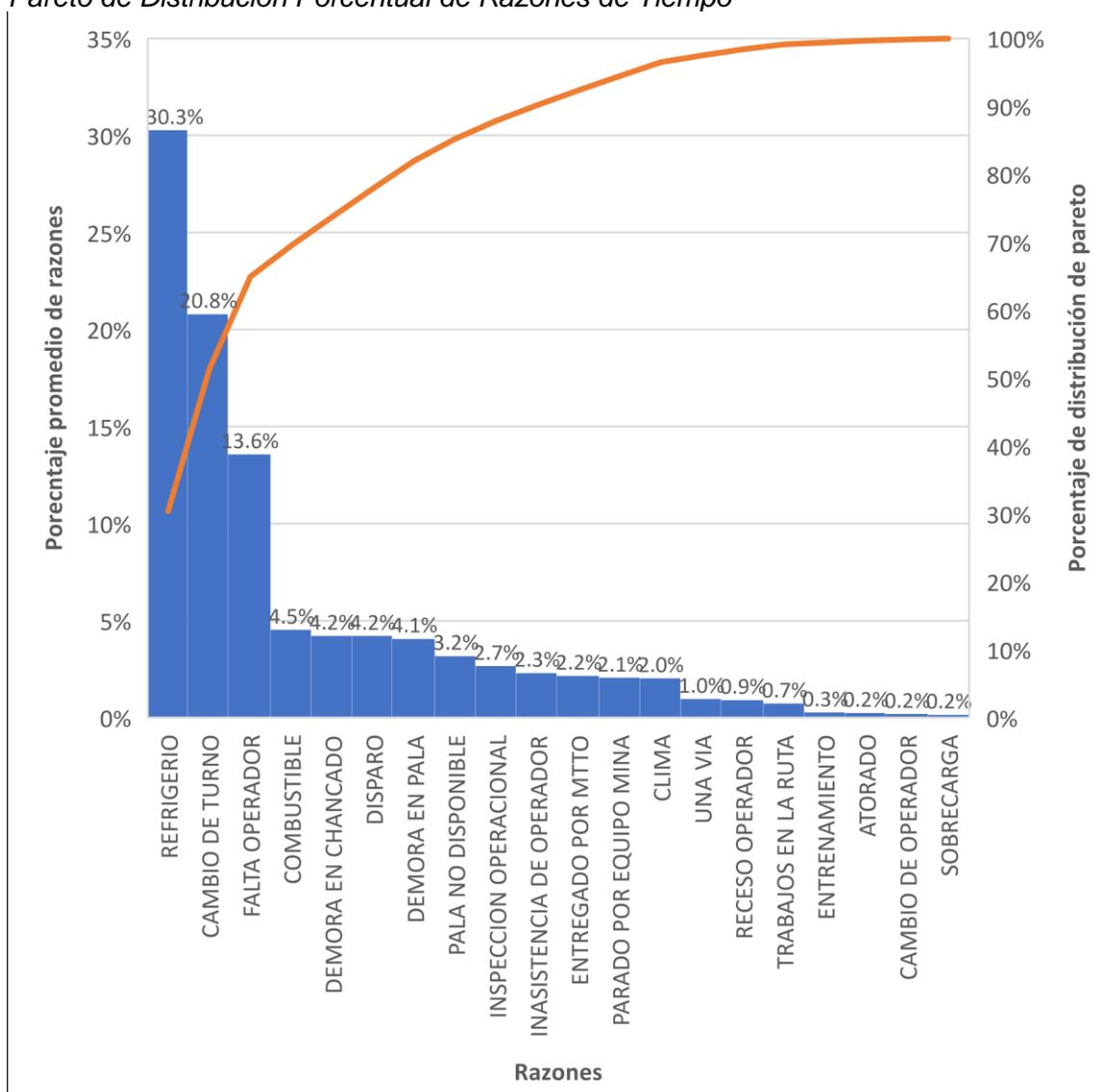
Fuente: elaboración propia

2.1.9.2 Pareto de demoras y reservas. Se distribuye mediante la manera estratégica de Pareto la categoría en estado para detención, demora y reservas en distintos periodos para el presente estudio en categorías mencionadas según la Figura 26.

- Refrigerio (30.3%).
- Cambio de turno (20.8%).
- Falta operador (13.6%).
- Combustible (4.5%).
- Demora en chancado (4.2%).

Figura 26

Pareto de Distribución Porcentual de Razones de Tiempo



Fuente: elaboración propia

Las categorías es mejoramiento o incremento como puntos en usar los activos; la estratégica radical es simulación de mejoramiento sectorizados e incremento usándose en reducir aquellos tiempos muertos que se considera al analizar un trabajo.

2.1.9.3 Demora combustible. La demora combustible es aquella demora que se codifica de manera automática cuando el camión está en una estación de combustible, es decir detectado según gps en la baliza de la misma. Para toda la flota de camiones el promedio de la demora combustible se calcula de la siguiente manera según la ecuación 20.

$$C = \frac{\sum a}{b} \quad (20)$$

Donde:

C = Promedio de la demora combustible

a = Duración de la demora combustibles por camion (min)

b = Cantidad de equipos que fueron a los grifos (camiones)

El promedio de la demora combustible mide al despachador que tan eficiente es su gestión de envío de camiones hacia los grifos. Su unidad es min/camión. En La Figura 27 se aprecia este promedio antes de hacer uso del módulo de asignación automática y se distingue y aprecia el aumento de esta demora en el tiempo.

Figura 27

Promedio de La Demora Combustible Antes de Usar El Módulo de Asignación Automática



Fuente: elaboración propia

2.1.9.4 Productividad. La productividad expresada en toneladas movidas por la cantidad de horas operativas del equipo en cuestión, es decir al tener un mejor uso del equipo podemos mover mayor tonelaje. Es un indicador muy importante para la gestión de los equipos de acarreo y se calcula mediante la siguiente Ecuación 21.

$$P = \frac{TM}{Hr_{ef}} \quad (21)$$

Donde:

P = Productividad

TM = Toneladas metricas

Hr_ef = Horas operativas

En La Tabla 4 se muestra la productividad mes a mes.

Tabla 4

Productividad Mensual

AÑO	MES	PRODUCTIVIDAD (TM/HR_EF)
2022	Ene	435.95
2022	Feb	416.84
2022	Mar	417.42
2022	Abr	458.71
2022	May	461.59
2022	Jun	446.67
2022	Jul	457.73
2022	Ago	440.82
2022	Set	443.91
2022	Oct	443.31

Fuente: elaboración propia

2.1.10 Cálculo del tiempo de acarreo.

El tiempo de arribo de los camiones hacia un destino y posterior a ello el tiempo de este destino hacia las estaciones de combustible son calculados en base a las velocidades

del equipo como tiempo fijo y la distancia recorrida si esta tiene pendiente en positivo y negativo.

Estas velocidades están incluidas en el sistema Dispatch ya que son usadas como parte de sus algoritmos para estimar el flujo necesario en toneladas de un circuito de carguío y acarreo. Las distancias y tiempos de acarreo se calculan mediante la red de camiones provenientes del sistema Dispatch y también con las siguientes definiciones.

2.1.10.1 Velocidades fijas. Son aquellas velocidades en Km/Hr que según el tipo de flota de acarreo y la pendiente que tiene el camino son fijas debido a datos históricos y dados por la compañía.

En la Tabla 5 tenemos las velocidades fijas de las flotas de acarreo que existen en esta operación minera como también los otros tiempos fijos durante el ciclo de acarreo.

Tabla 5

Velocidades Fijas Corporativas

VIAJE VACÍO (KM/HR)			VIAJE CARGADO (KM/HR)		
SUBIDA	SUBIDA	PLANO	SUBIDA	SUBIDA	PLANO
24.14	24.14	48.28	11.27	16.09	41.84

Fuente: Surface Mine Planning Standards Manual, FMI

2.1.10.2 Curva Bézier. Se denomina las líneas de forma rectas o curvas, la función en expresar en dibujo líneas rectas o simples, siendo el caso líneas curvas en su función suele a veces ser complicada, entonces, su despliegue por curvas en dispositivos gráficos siendo deseable para esta función podría evaluarse de forma precisa y rápidamente en dibujarla.

Considerando llamadas “Curvas de Bézier Simples”, son aquellas por función evaluando de forma eficaz en una computadora, llevándose nombre por Pierre Bézier año de 1962 en graficar curvas perfectamente en sus trazos para los dibujos técnicos, diseños en aeronáutica para automóvil ya que se combina lineales de "Polinomios de Bernstein" en el año 1912 se dio con mayor interés.

La curva Bézier es aquella curva polinomial en aproximación de serie en puntos denominados aquellos “puntos de control” estas curvas podrían ser de cualquier grado y

puede decirse que de unas curvas en grados n aproximadamente a $n+1$ son los puntos para controlar, usándose el modo paramétrico, sus curvas de Bézier pudiendo construirse utiliza la Ecuación 22 y 23.

$$p(u) = \sum_{k=0}^n p_k B_k(u), \text{ donde } 0 \leq u < 1 \quad (22)$$

$$p(u) = \sum_{k=0}^n p_k C(n, k) u^k (1-u)^{n-k} \quad (23)$$

Donde:

$B_k(u) = \text{Polinomios de Bernstein}$

$p_k = (x_k, y_k), \text{ si la curva es de } R^2$

$p_k = (x_k, y_k, z_k), \text{ si la curva es de } R^3$

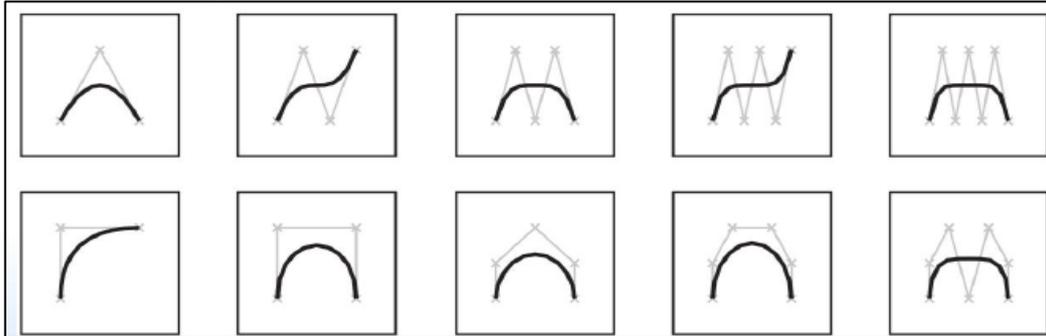
Están son algunas propiedades útiles de estas curvas:

- Las curvas se delimitan mediante envoltura convexa “convex hull” en puntos para los controles.
- Las curvas son simétricas ya que desordenar los puntos de control producen las mismas curvas, su parametrización es contradictoria.
- Cualquiera de las operaciones mediante traslación, escalado, rotación o sesgado aplicadas en los puntos de los controles se aplicarán mediante la curva misma. (affine invariant).
- Existen variados algoritmos en su evaluación y subdividirse en curvas de Bézier para piezas pequeñas que son también curvas de Bézier.

El algoritmo de los modos de dividir y conquistarse es llamado Algoritmo de Casteljau, se basan en usarse interpolación lineal y dividirla.

Figura 28

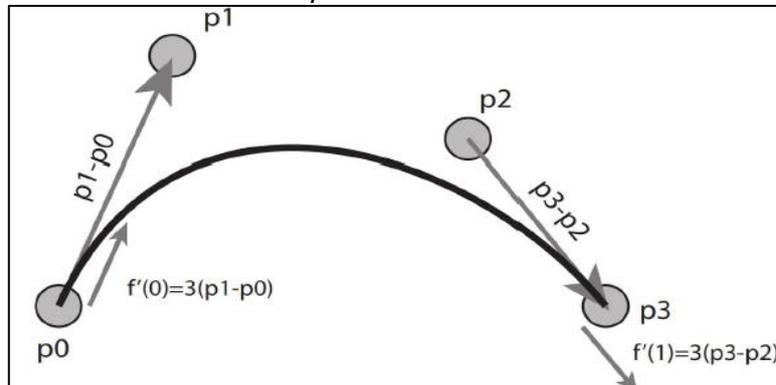
Puntos de Bézier Según La Forma de La Curva



Fuente: elaboración propia

Figura 29

Puntos de Bézier Para Una Curva Simple



Fuente: elaboración propia

Utilizando curvas que solamente se aproxima en puntos que define, haciendo que se pierda las capacidades de curvas que pasen directamente por la misma, esto nos menciona libertad de controlarse de manera local en forma de las curvas, por medio en manipular de puntos de controlar, estas propiedades de utilidades en área donde se desean diseño en manera arbitraria.

Esta grafica de curva Bézier mediante software de dibujos en manera de vectores, distinguiendo Flash, Illustrator, Inkscape, programas de los diseños empleando Photoshop o de diseño CAD posibilitando el uso de algoritmos que es eficientemente rápido en cálculos de curvas para las distintas computadoras.

2.1.11 Análisis de congestión y flujo para los camiones

Teniendo análisis en evaluar congestiones en los tráficos de camiones es importante ya que depende de varios factores y en las mayorías de operaciones a tajo

abierto se tiene las siguientes infraestructuras como ejemplo: las rampas empleadas en salida, para aquellos óvalos que se utiliza al intercambio, denominados switch backs. Estas últimas son puntos de detención de los camiones de acarreo ya que por temas de procedimientos y operatividad del equipo no se desarrollan a una velocidad esperada, sino que algunas veces se detienen en otras según el entorno que rodea el equipo solo se sobre frena y se sigue en marcha todo esto mencionado es con respecto a la parte del ciclo del camión en viaje vacío o viaje lleno. Para estos casos la operación minera actual cuenta con un Kpi importante que mide todo el ciclo de acarreo en función a tiempos fijos y variables con respecto a lo que sucede en la realidad, este Kpi es llamado Delta C.

2.1.12 Delta C.

El Delta C es el Kpi de mayor cuidado que se tiene en la operación minera y es netamente la gestión del despachador de mina con respecto al uso de sus recursos y al manejo del sistema Dispatch también se complementa con la habilidad de los operadores de carguío y acarreo en usar sus equipos. Este Kpi se mide en minutos y se calcula mediante la siguiente Ecuación 24.

$$Delta C = Tiempo\ de\ ciclo_{Real} - Tiempo\ de\ ciclo_{Objetivo} \quad (24)$$

Donde:

$$T = Tiempo$$

$$Tiempo\ de\ ciclo = T_{cola} + T_{cuadre} + T_{carga} + T_{viaje\ cargado} + T_{descarga} + T_{viaje\ vacio}$$

$$T_{descarga} = Tiempo\ de\ descarga\ en\ botadero\ o\ chancadora$$

Según la Ecuación 24 se entiende que podemos tener valores negativos de Delta C por ciclo de camión y también esto ayuda al promedio global del Delta C de turno.

Este Kpi demuestra no solo lo que se puede obtener en base al trabajo del despachador y al uso del sistema Dispatch por el tiempo de cola en pala, sino que también al tener los tiempos de viaje vacío, viaje cargado, cuadro y descarga son relacionados al uso del equipo mecánicamente de camión de acarreo por el operador de camión como también como el tiempo de carga es relacionado al uso del equipo mecánicamente de

carguío por el operador de pala o cargador. Esto mencionado engloba todas las variables que se tiene en la operación minera y que son los que se compararan con los tiempos del ciclo objetivo que ya están seteados dentro del sistema Dispatch.

Para esta operación minera se tiene como target el valor del Delta C a 4.7 min, quiere decir que si estamos por debajo de este valor somos muy eficientes y si lo sobrepasamos debemos buscar y dar solución a que parte del ciclo de acarreo se tiene la perdida que eleva este promedio y se toma la acción inmediata. El valor del Delta C se calcula como objetivo en base al trabajo del área de ingeniería utilizando la información recogida en las bases de datos históricas del sistema Dispatch para poder calcular un valor aproximado según los otros indicadores que se tiene en el área de operaciones mina.

Es importante indicar que el Delta C solo se mide cuando el equipo está en estado operativo ya que cuando se tiene otro tipo de estado (malogrado, demora o reserva) se detiene el ciclo para el sistema Dispatch y por ende no se está calculando el valor de Delta C hasta que el equipo este nuevamente operativo. En la Figura 30 se muestra un resumen de lo ya mencionado.

Figura 30

Descripción de tiempos involucrados en el Delta C



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 6 se detalla mes a mes el Delta C promedio en minutos.

Tabla 6

Delta C Total Mensual

AÑO	MES	DELTA C TOTAL (MIN)
2022	Ene	4.31
2022	Feb	4.30
2022	Mar	4.83
2022	Abr	4.03
2022	May	3.96
2022	Jun	4.62
2022	Jul	4.99
2022	Ago	5.27
2022	Set	4.55
2022	Oct	4.80

Fuente: elaboración propia

2.2. Marco conceptual

En esta parte se define las palabras usadas para este trabajo a fin de que sea entendible.

2.2.1 Operación

Es el lugar donde se extraen los minerales de acuerdo a un plan de minado en conjunto con las diversas áreas de trabajo, por ejemplo: ingeniería, mantenimiento, procesos, operaciones mina, entre otras.

2.2.2 Kpi's

Son los indicadores claves de rendimiento para poder medir la evolución estos mismos se debe tener un control adecuado y sistemático para poder mejorar estos números a través el tiempo.

2.2.3 Dispatch

Es el nombre del software del sistema de despacho usado en la operación minera que se describe.

2.2.4 Despachador (es)

Son los ingenieros que están capacitados y encargados del control del sistema de despacho en base al plan de minado para poder cumplir y superar los Kpi's planeados.

2.2.5 Asignación

Es la acción que ordena el Dispatch a un equipo de mina generalmente a camiones de acarreo para dirigirse a un lugar deseado desde donde se encuentre actualmente. Esta acción puede ser automática (generada por Dispatch) o manual (generada por el despachador).

2.2.6 Pre asignación

A diferencia de la asignación la pre asignación de un camión de acarreo ocurre una vez de terminada una acción generalmente luego de descargar o luego de estar en reserva, demora o malogrado.

2.2.7 Bahía (s)

Son los lugares dentro de las estaciones de combustible en donde se ubica el camión de acarreo para ser atendido, en esta operación minera cada estación de combustible tiene 2 bahías.

2.2.8 Grifo (s)

Son las estaciones de combustibles en donde el camión recarga diesel y demás fluidos necesarios para su buen rendimiento a su vez también se inspeccionan llantas.

2.2.9 Fase (s)

Son las zonas de minado de cada lugar de la mina, se clasifican en fases de corto plazo y largo plazo, en un inicio se suele mover desmonte para luego encontrar mineral en cada fase.

2.2.10 Fatiga

Es un estado del cuerpo en el cual la persona presenta síntomas de cansancio que se ven reflejados en sueño u otro síntoma que demuestre que no esté listo para trabajar.

2.2.11 Stock (s)

Son depósitos de corto o largo plazo en donde se almacena mineral de distintas concentraciones y/o granulometrías.

2.2.12 Algoritmo

Son secuencia de pasos definidos para resolver un problema, se dividen en 4 tipos: computacionales, no computacionales, cualitativos y cuantitativos.

2.2.13 Sistema

Son conjunto de elementos que se relacionan entre sí y funcionan de manera global.

2.2.14 API

Interfaz de programación de aplicaciones que permiten a dos componentes de software comunicarse entre si mediante un conjunto de definiciones y protocolos.

2.2.15 Acarreo

Es una parte del proceso de extracción de material de una mina, exactamente lo relacionado al transporte de este material, para esta tesis serían los camiones.

2.2.16 Banco

Parte de minado de una fase en donde el equipo de carguío recoge el material para cargar los camiones. Tiene una altura aproximada entre 10 m a 15 m.

2.2.17 Banqueta

Son los muros de seguridad que se utilizan en las vías de una mina para poder dar tránsito a los equipos pesados, auxiliares o livianos. También se denomina berma.

2.2.18 Diesel

Es un hidrocarburo líquido que se forma por parafinas y se usa de manera común en motores de grandes cargas o calefactores, debido a su capacidad de explosión en la combustión interna.

2.2.19 Uñas

Pertenece al balde o cucharón de pala y cargador, sirven para incrustar en el banco y tener una mejor recolección de material.

2.2.20 Flota

Se dice al conjunto de equipos que tienen el mismo modelo o misma función de denominación.

2.2.21 Baliza

Figura geométrica de tipo circular o poligonal que indica el área a censar de cualquier equipo que tenga el hardware de Dispatch mediante el gps.

2.2.22 Asarco

American Smelting & Refining Co. se refiere a la referencia utilizada para los conceptos de los tiempos de un equipo o maquina durante un periodo de tiempo.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

Esta tesis se desarrolló en una operación de la compañía minera Freeport McMoRan durante mi entrenamiento como Supervisor de Operaciones Mina en la Superintendencia de Tecnología Minera luego de haber desempeñado la posición de Despachador principal de Mina.

Este trabajo es producto de encontrar una solución e implementación a una tarea común de mayor demanda en la sala de control del despacho de la operación minera, se creó un módulo que contiene variables que van acorde a lo que se requiere y lo que pasa realmente en la operación minera como son las cantidades de bahías de las estaciones de combustible, nivel mínimo de combustible de camiones según flota, etc.

3.1 Antecedentes de la operación

La mina está localizada en Arequipa, al Sur del Perú. La mina trabaja en turnos de 13 horas en todo el año. En el día comienza 6:30 a.m. y culmina a las 7:30 p.m. En la noche inicia 6:30 p.m. y termina 07:30 a.m. El horario de almuerzo está programado según el turno, cuando es de día comienza a las 11:30 a.m. hasta 03:00 p.m. y cuando es de noche comienza 00:00 a.m. y termina 04:00 a.m. El protocolo de voladura inicia generalmente durante el horario de Refrigerio. La mina contiene tres tajos frente del proceso de minado y movido.

El tipo de proceso utilizado mediante métodos para lixiviación y estos de electrodeposición.

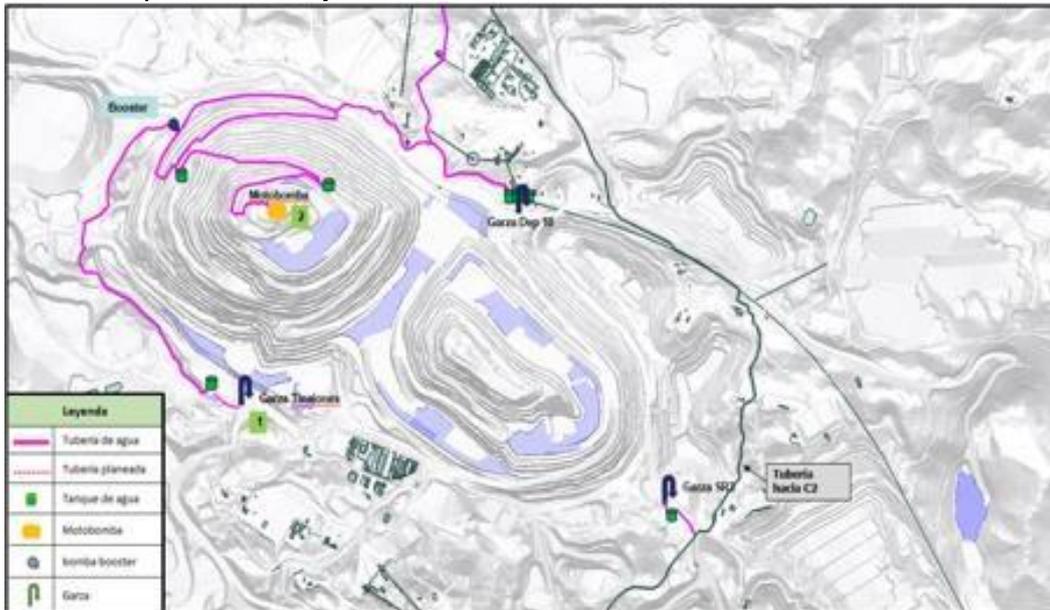
Cuando se desarrolló la tesis la mina cuenta con una flota de carguío de 13 palas eléctricas P&H 4100 XPC/AC y 3 cargadores CAT 994.

Para el acarreo con una flota de 144 camiones CAT-793, KOM-930E, CAT798 y KOM980.

En la Figura 31, se visualiza la operación minera y las estaciones de combustibles.

Figura 31

Gráfica de la Operación a Tajo Abierto con Las Estaciones de Combustible



Fuente: Elaboración propia

3.2 Metodología de estudio

Durante la investigación se trabajó en base a encuestas a los despachadores para posteriormente analizar la data del proceso de envío de camiones hacia los grifos.

Se utilizó planos topográficos en MinePlan, bases de datos en SQL, evaluación en campo del uso de los grifos (mayor utilización de estos), estadísticas en Microsoft Excel y por último la API que conecta el resultado de la nueva lógica de combustible y la interfaz del módulo creado con el sistema Dispatch. Este fue el proceso:

- Se realiza una encuesta sobre ¿cuáles son las tareas de mayor demanda para los despachadores y en que les podría beneficiar tener herramientas automáticas para cierta función?
- Los datos del sistema Dispatch son analizados y se filtra los valores anómalos para realizar cálculos y gráficos.
- Se obtienen las variables necesarias en donde el despachador coloca inputs para el módulo en cuestión en tiempo real.
- Se realiza la lógica del módulo combustible en donde se toma en cuenta los inputs ingresados al módulo, como los siguientes: niveles de combustibles según la flota

para poder ser asignados al grifo, el tiempo de abastecimiento de cada estación de combustibles, cantidad de bahías por grifo, grifos disponibles, etc.

- Una vez obtenido el camión o los camiones que serán asignados a los grifos disponibles se genera un script (procedimiento informático tiene el resultado del módulo de asignación automática) que envía este resultado hacia el sistema Dispatch para que el camión pueda ir hacia el grifo asignado luego de descargar en un stock, chancadora o botadero.
- El párrafo anterior es completado con la API propia de Dispatch que muestra el resultado en tiempo real en el módulo de camión mediante la preasignación.

3.3 Levantamiento de información de línea base

El inicio se debe a un requerimiento del despacho de operaciones mina ya que esta operación minera es muy dinámica y variable entonces es el motivo por el cual los despachadores de mina tienen el tiempo muy corto para las actividades diarias es decir que están demasiado ocupados en sus funciones que hacer el envío de camiones hacia los grifos les demanda tiempo ya que deben decidir mediante la ubicación del camión la ruta que sigue y la disponibilidad de las bahías en los grifos para poder así encontrar una asignación del camión hacia el grifo.

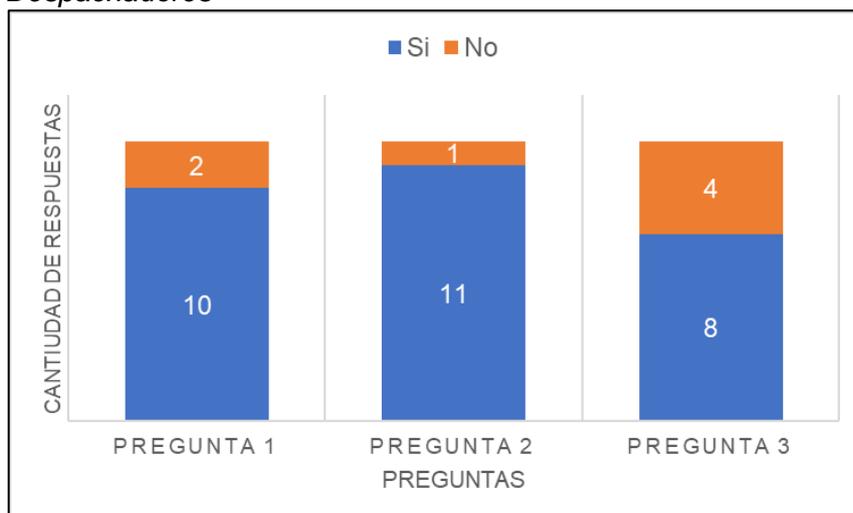
Para esta tesis se realizó una encuesta a los despachadores con las siguientes preguntas.

- Si los camiones se preasignarán de manera automática hacia los grifos, ¿te beneficia? Si / No
- Durante los horarios críticos del desarrollo de la guardia (Refrigerio, Cambio de turno, Disparo, etc.), ¿Te descuidas del envío de los camiones hacia los grifos? Si / No
- ¿El envío de camiones a los grifos demanda el 50 % de tu trabajo aprox.? Si / No

Luego de realizar la encuesta a los 12 despachadores que tiene la operación en mención en la Figura 32 se tuvieron los siguientes resultados:

Figura 32

Encuesta a Despachadores



Fuente: Elaboración propia

La línea base parte de los datos del sistema Dispatch, también cuando se desarrolló esta tesis la operación tenía una flota de 138 camiones de menor capacidad (Cat-793 y KOM 930E) y 6 camiones de mayor capacidad (Cat-798 y KOM 980E). Según la Figura 31 la operación tiene 2 estaciones de combustible ubicadas la zona norte y zona sur. Esto es importante ya que son la base para el desarrollo de la lógica que hace posible el módulo de asignación automática de camiones hacia los grifos.

3.4 Desarrollo del módulo de combustible.

En las operaciones mineras, el combustible es un factor crítico que afecta costos y genera impacto ambiental. El eficiente envío de camiones hacia los grifos es vital para optimizar el uso de este recurso, asimismo, el evitar colas en los grifos impactan positivamente en la utilización de los camiones.

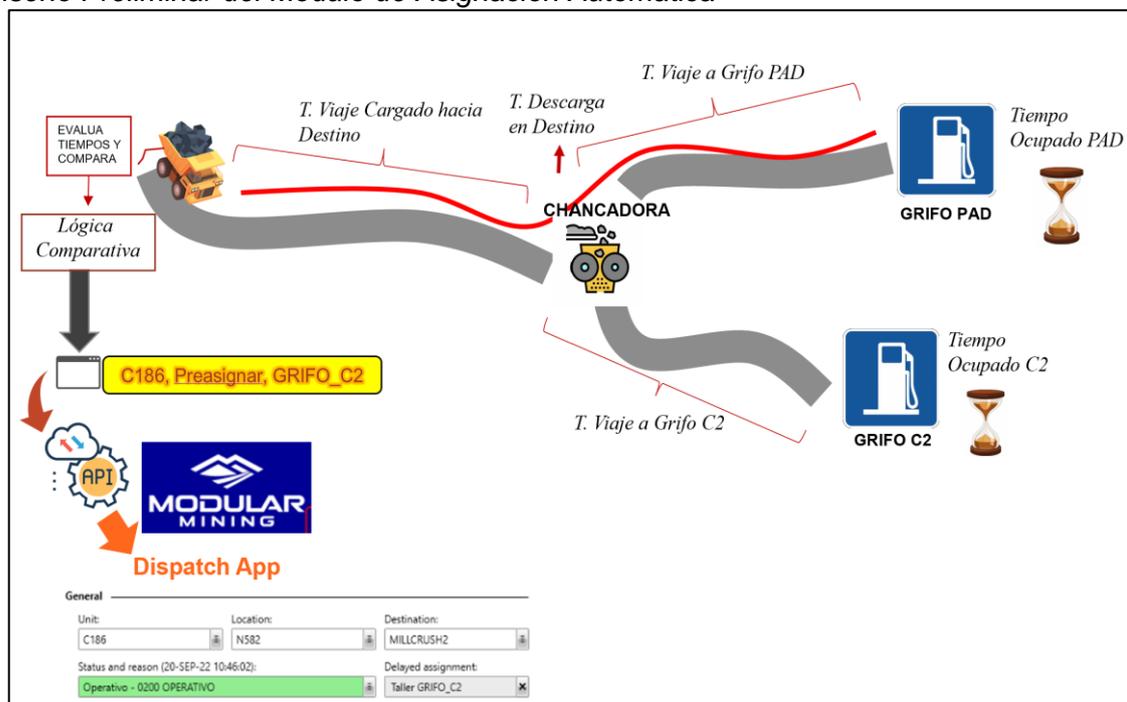
Esta operación con una flota de una gran cantidad de camiones, grifos y bahías que varían en uso dinámicamente en ubicación y cantidad se muestra como un reto que antes de la automatización solo podía ser llevado a cabo manualmente, lo cual significa al personal evaluar muchos escenarios y tomar una decisión para que el camión no haga cola y tampoco sea enviado con mucho combustible al grifo, aunque existen algunos módulos para asignación automática, estos directamente asignan el camión al grifo sin darle posibilidad al despachador de revisar si esta asignación fue óptima o no, debido a lo

dinámica que son las operaciones, este modo de asignación de camiones al grifo termina, en muchos casos, generando un problema de colas en grifo y camiones realizando rutas improductivas, ya que no siempre es posible desviar un camión que fue asignado erróneamente a otra ubicación, esto marca la necesidad de crear una herramienta personalizada que pueda contemplar los escenarios que se presentan en la operación. Se desarrolló un módulo para los despachadores que les permite la asignación automática de camiones a los grifos de combustible, aumentando la utilización de los camiones y mejorando el uso del combustible.

El desarrollo está conformado por una lógica que interactúa con los sistemas de gestión de flota de la operación y es construida a partir de parámetros como nivel de combustible de camión, mejor ruta a destino y disponibilidad de grifos. La Figura 33 muestra el resumen para el diseño preliminar.

Figura 33

Diseño Preliminar del Módulo de Asignación Automática



Fuente: elaboración propia

3.5 Descripción general del proceso

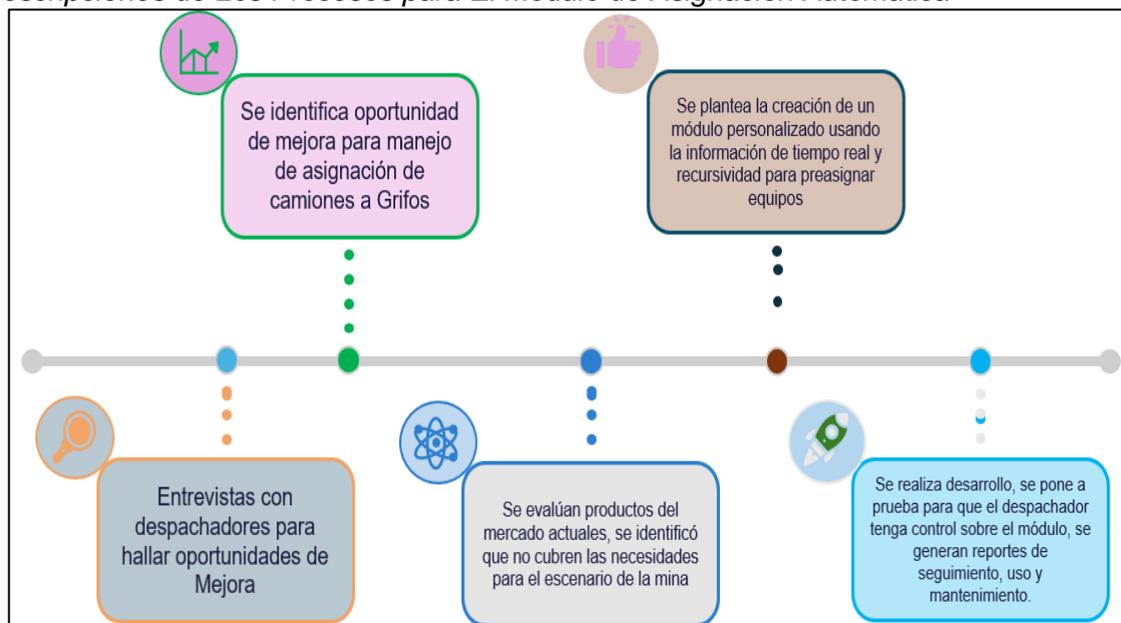
Como se mencionó anteriormente se hizo un estudio de las labores que hacían los despachadores de mina y se encontró una oportunidad de mejora en el trabajo que hace

un despachador de mina que está a cargo de la asignación de camiones a lugares de refrigerio, cambio de turno y combustible.

Posterior a ello se planteó que la asignación de camiones a los grifos puede ser de manera automática ya que tenemos información en tiempo real de los ciclos y distancias de los camiones, a su vez también podemos hacer uso de interfaces de conexión hacia nuestro sistema de gestión de flota (Apis) y desde aquí podemos enviar una preasignación al sistema. Se desarrolló un algoritmo que usa recursividad para calcular tiempos de grifo ocupado y evitar colas, así como lograr una oportuna asignación de camiones a los grifos todo ello en base a información de tiempo real de bases de datos del sistema Dispatch. En la Figura 34 se describe los procesos.

Figura 34

Descripciones de Los Procesos para El Módulo de Asignación Automática



Fuente: elaboración propia

3.6 Creación de la lógica del módulo de asignación automática

Se generó un programa que maneja dos umbrales: Un umbral crítico y un umbral suave. Para el umbral suave, se evalúa de acuerdo con todos los camiones si habrá disponibilidad de bahías en grifo, si el grifo está libre, el camión es preasignado, en caso haya otros camiones con mayor prioridad o menor recorrido de ruta, el camión en umbral suave puede dar otro viaje, las colas en lo posible son evitadas, sin embargo, el algoritmo

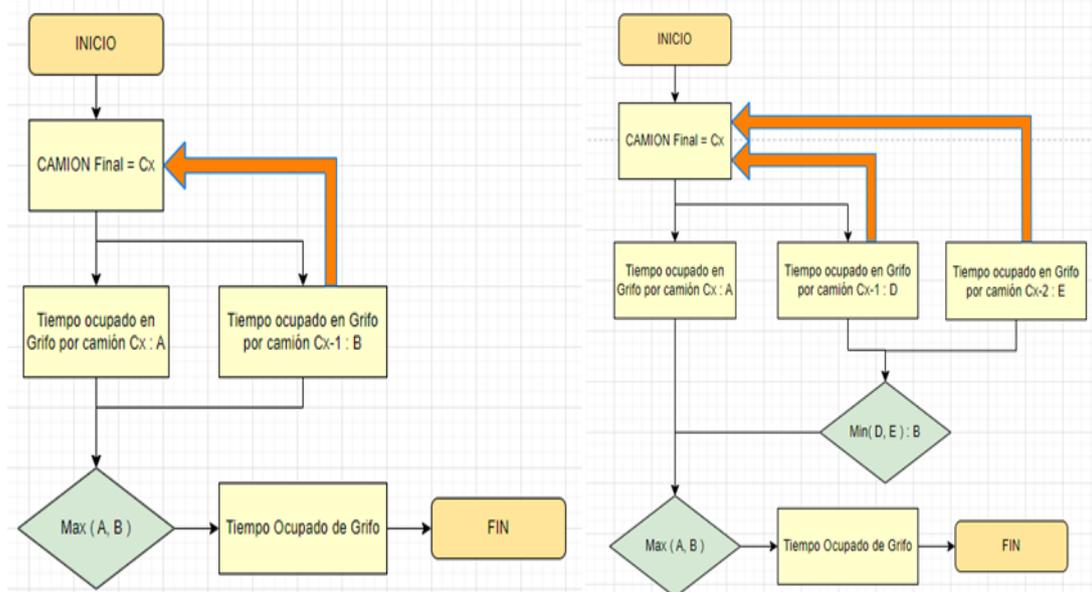
optimiza el envío de camiones para reducir el tiempo de cola en grifo, haciendo múltiples cálculos de tiempos con la mejor ruta. Mientras que, para el umbral crítico los camiones son colocados en primera prioridad y se le destina una bahía en el grifo más cercano con alta prioridad. Se estima que un camión debe ser enviado al grifo cuando tenga menos de 30% de combustible restante.

El resultado del algoritmo que es la preasignación del camión es mostrado con anterioridad al despachador, lo cual le da tiempo para tomar acción en caso haya algún cambio operativo en la mina, de no ser el caso la asignación se dará automáticamente al camión.

Internamente la lógica para lograr esto hace uso de algoritmos recursivos y debido a la gran cantidad de cálculos de mejor ruta y tiempos de viaje hace uso de tablas de base de datos temporales, las cuales almacenan cálculos de la función recursiva para no repetirlos y dar una respuesta en un tiempo eficiente.

Figura 8

Diagrama de Flujo del Módulo de Asignación Automática



Fuente: elaboración propia

Algunos de los algoritmos recursivos programados para el cálculo de grifo con camión se muestran en la Figura 36.

Figura 36

Sentencias en SQL para el Módulo de Asignación Automática

```
DECLARE @rutasResumen
TABLE(
    Origen          VARCHAR(64)
    ,Destino        VARCHAR(64)
    ,dist           INT
    ,TrvlEmpty     INT
    ,TrvlLoaded    INT
    ,FuelCatEmpty  SMALLMONEY
    ,FuelCatLoaded SMALLMONEY
    ,FuelKomempty  SMALLMONEY
    ,FuelKomLoaded SMALLMONEY
)
```

Fuente: elaboración propia

3.7 Interacción y validación

Para interactuar con el módulo se creó una interfaz de usuario que permite al despachador de turno configurar algunos parámetros variables de la operación como: la cantidad de grifos y bahías disponibles, variar umbrales suave y crítico, los tiempos de abastecimiento por grifo, esto debido a que, por condiciones climáticas, mantenimiento, entre otros aspectos, los tiempos de abastecimiento pueden variar, estos datos son importantes para que los cálculos sean exactos y evitar colas en grifos. En la figura 37 se muestra la máscara del módulo creado.

Figura 37

Interacción con el Módulo de Asignación Automática

Estado de Modulo	Limite Critico CAT793	Limite Critico KOM930	Limite Critico KOM980	Limite Soft CAT793	Limite Soft KOM930	Limite de tiempo de Viaje	Tiempo de Ultra Class	Tiempo Limite
Modulo Activado	25.0%	28.0%	28.0%	37.0%	43.0%	18	20	-1

Fuente: elaboración propia

Se crearon reportes en Power BI que permiten monitorear el porcentaje promedio al cual se están enviando los camiones al grifo por día y el uso diario del módulo por parte del despachador de mina. En la Figura 38 se muestra lo mencionado.

Figura 38

Reporte del Uso del Módulo de Asignación Automática



Fuente: elaboración propia.

Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

En este capítulo mostraremos los análisis y discusiones de los resultados investigados en el uso del módulo de asignación automática en la operación minera, es decir los impactos en donde mayor ganancia genera al hacer uso de este módulo. Aquí se tienen algunas abreviaciones utilizadas en este capítulo:

mins = Minutos

segs = Segundos

tph = Toneladas por hora

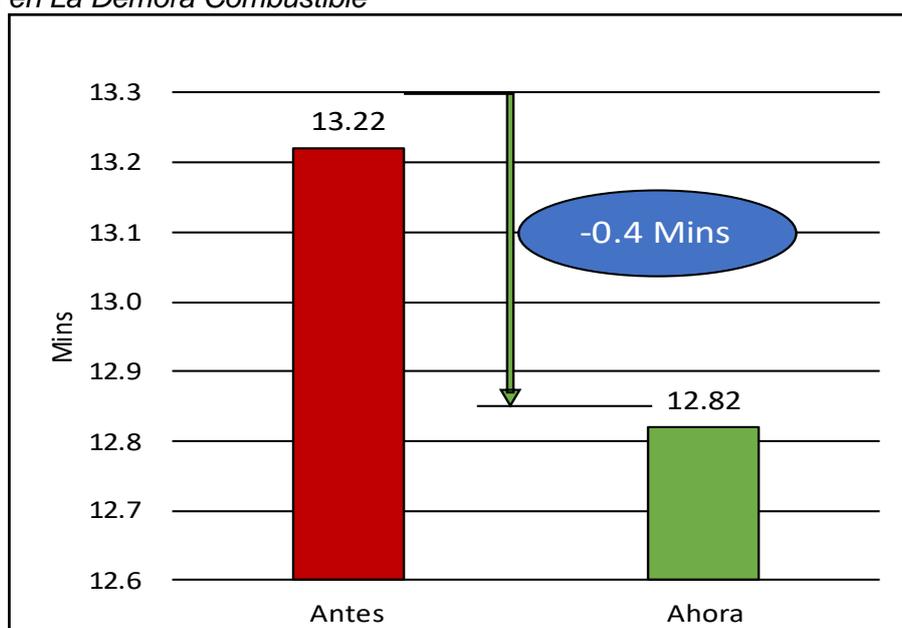
ktons = Kilotoneladas.

4.1 Análisis de la demora combustible

La Figura 39 se muestra el promedio de la demora combustible para una línea base desde abril del 2022 hasta octubre del 2022 comparado con el uso del módulo de asignación automática durante diciembre del 2022 a mayo del 2023. Se aprecia que se tiene una ganancia de 0.4 min por camión según las bases de datos históricas del sistema dispatch.

Figura 9

Ganancia en La Demora Combustible



Fuente: elaboración propia

4.2 Análisis de los impactos en producción y utilización

En la Tabla 7 podemos apreciar cálculos realizados en estimar las toneladas al día y año que tendríamos a favor si usáramos el módulo de asignación automática partiendo desde una línea base extraído de los datos del sistema dispatch.

En resumen, al año estaríamos ganando 58.4 Ktons y se muestra el cálculo en la Tabla 7.

Tabla 7

Módulo de Asignación Automática - Impacto en Producción

DESCRIPCIÓN	MAGNITUD	UNIDADES
Línea Base	13.22	mins
Ahora	12.82	mins
Mejora	0.40	mins
Impacto por módulo de combustible 40%	0.16	mins
Mejoras por mantenimiento mina 60%	0.24	mins
Mejora por Camión	10	segs
Mejora al día	1441	segs
Productividad del camión	400	tph
Toneladas por día	160.1	tons
Toneladas por año	58.4	ktons

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 8 se muestra los cálculos realizados en base a lo mostrado en Tabla 6 y los datos del apartado 2.1.9 para obtener el incremento en utilización del camión gracias al módulo de asignación automática.

Se calcula en 0.013% de incremento en utilización del camión.

Tabla 8*Módulo de Asignación Automática - Impacto en Utilización*

DESCRIPCIÓN	MAGNITUD	UNIDADES
Equipos	144	camión
Productividad del camión	400	tph
Disponibilidad mecánica	90.0	%
Utilización	77.6	%
Toneladas por día	965.47	ktons
Toneladas por día con el módulo de asignación automática	965.63	ktons
Nueva utilización	77.61	%
Incremento en utilización	0.013	%

Fuente: elaboración propia

4.3 Análisis de ahorro de trabajo para el despachador de mina

La Tabla 9 muestra las preasignaciones realizadas por turno para este ejemplo es de 60 camiones preasignados a la zona sur (Grifo C2) y cada preasignación toma como 1 minuto pensar cual es la estación de combustible próximo luego de descargar por ende en 1 turno de 12 horas aproximadamente se ahorra 2 horas de trabajo del despachador encargado de enviar camiones al grifo como podemos ver en Tabla 9.

Tabla 3*Módulo de Asignación Automática - Ahorro del Tiempo del Despachador*

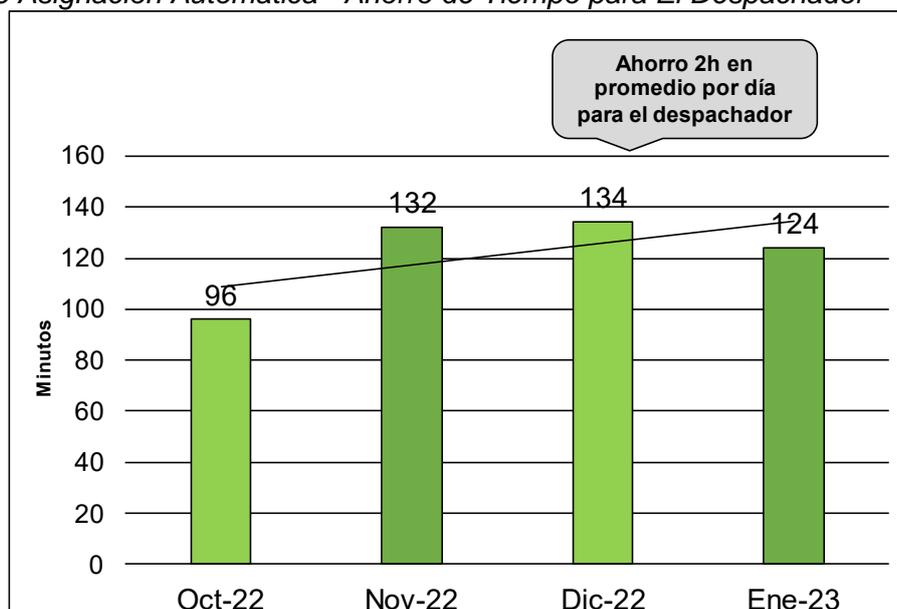
DESCRIPCIÓN	MAGNITUD	UNIDADES
Preasignaciones por turno	60	preasignaciones
Tiempo ahorrado por Preasignación	1	mins
Tiempo ahorrado en el turno	60	mins
Tiempo ahorrado por día	120	mins

Fuente: elaboración propia

En la Figura 40 muestra el tiempo de ahorro promedio por cada día durante los meses mostrados. Son los camiones enviados a las estaciones de combustible (Grifo C2 y Grifo PAD) y el tiempo ahorrado gracias al módulo de combustible.

Figura 40

Módulo de Asignación Automática - Ahorro de Tiempo para El Despachador



Fuente: elaboración propia

En promedio se alcanzó un ahorro de más de 2 hrs para el despachador y a su vez en promedio el módulo de asignación automática preasigna más de 120 camiones por día en promedio.

4.4 Análisis de la relación beneficio/costo

A nivel de producción la ganancia es de diez segundos por camión en el tiempo de abastecimiento promedio, el cual incluye cola de camiones, lo cual equivale a cincuenta y ocho mil cuatrocientas toneladas más al año. Mientras que los despachadores están ahorrando un promedio de dos horas de trabajo por día, tiempo que ahora puede ser destinado para otras actividades críticas de la operación, este beneficio comparado con el costo (\$0) debido a que solo se invirtieron horas Ingeniero en el desarrollo.

Los beneficios de esta innovación también se pueden aplicar/ escalar en que puede ser implementada en otros lugares que tengan la misma necesidad de tener preasignaciones en los camiones, operaciones dinámicas con gran cantidad de flota, además lugares donde la disponibilidad del grifo obligue a la operación a hacer un correcto uso de este recurso, de esta manera evitar colas de camiones debido a aglomeraciones causadas por no haber abastecido los camiones en tiempo óptimo.

4.5 Contrastación de hipótesis

Haciendo uso de la prueba estadística t student que se aplica a la hipótesis general H1 y con sus respectivas hipótesis específicas H1A y H1B se logra reducir la demora combustible, aumentar la utilización y también se logra optimizar el tiempo de trabajo del despachador haciendo más eficiente la operación minera.

4.5.1 Estadística de prueba de t student

Se determina la media, desviaciones estándar y grados de libertad según Ecuaciones 24, 25 y 26.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (24)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (25)$$

$$g.l = n - 1 \quad (26)$$

Donde:

$n =$ cantidad de valores

$x_i =$ valor

$\bar{x} =$ media

$S =$ desviación estandar

$g.l =$ grados de libertad

4.5.2 Prueba estadística para 2 muestras

Para muestras de similar varianza, se calcula el tamaño de la diferencia en relación con la variación en los datos de la muestra según las Ecuaciones 27 y 28.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (27)$$

$$g.l = n_1 + n_2 - 2 \quad (28)$$

Donde:

$t =$ valor de prueba estadística

$\bar{x}_2 =$ media de muestra 2

$\bar{x}_1 =$ media de muestra 1

$S_2 =$ desviación estándar de muestra 2

$S_1 =$ desviación estándar de muestra 1

$g.l =$ grados de libertad

4.5.3 Contraste de hipótesis H1

Se define la hipótesis nula negando la hipótesis general H1.

- H1: Mediante el módulo de asignación automática de los camiones se influirá en la optimización de los tiempos de recarga de diesel.
- H0: Mediante el módulo de asignación automática de los camiones NO se influirá en la optimización de los tiempos de recarga de diesel.

A continuación, se muestran en las Tablas 10 y 11 los datos de la demora combustible antes y después del uso del módulo de asignación automática, esto serían nuestras 2 muestras para el contraste de hipótesis, considerando un error de significación del 5% (α).

Tabla 10

Promedio de combustible antes del uso del módulo de asignación automática

MES	VALORES (MINS)
Ene-22	12.96
Feb-22	12.88
Mar-22	13.14
Abr-22	13.23
May-22	13.29
Jun-22	13.18
Jul-22	13.07
Ago-22	13.18
Set-22	13.27
Oct-22	13.30

Fuente: elaboración propia

Tabla 11

Promedio de combustible después del uso del módulo de asignación automática

MES	VALORES (MINS)
Nov-22	13.19
Dic-22	12.82
En-23	12.69
Feb-23	12.82
Mar-23	12.77
Abr-23	12.87
May-23	12.93
Jun-23	13.06
Jul-23	13.05

Fuente: elaboración propia

Para las 2 muestras se tiene lo siguientes datos como también la gráfica t student para los grados de libertad (*g.l*) y el error significativo (α) de ambas muestras en la Figura 41.

$$\bar{x}_1 = 13.15$$

$$\bar{x}_2 = 12.91$$

$$S_1 = 0.01999$$

$$S_2 = 0.02579$$

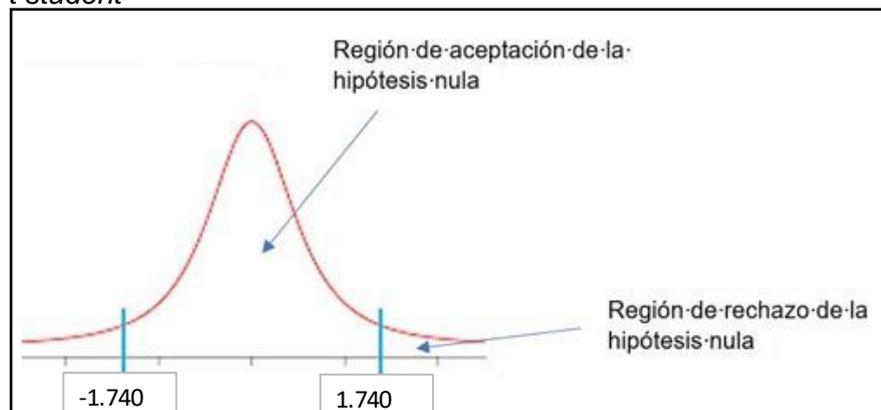
$$g.l = 17$$

$$t = 3.406$$

$$\alpha = 0.05$$

Figura 41

Gráfica de t student



Fuente: elaboración propia

Según el valor de α y $g.l$ que encontramos en tabla de t student (ver Anexo 1) los valores del punto porcentual para contrastar la hipótesis, en nuestro caso tenemos el valor de 1.740.

Según el valor de t calculado para ambas muestras de 3.406 es mayor a -1.740 y también mayor a 1.740, entonces el valor se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, se contrasta la hipótesis que dice mediante el módulo de asignación automática de los camiones se influirá en la optimización de los tiempos de recarga de diesel.

Conclusiones

Las conclusiones referentes a objetivos de la investigación de tesis y de toda información mostrada son las siguientes:

Un correcto uso del combustible genera menos demoras y por ende mayor utilización para la operación minera.

Se demuestra un ahorro de 0.4 min en la demora combustible para los camiones de acarreo.

Se demuestra un incremento en utilización de 0.013% para los camiones de acarreo.

Se demuestra un ahorro de 2 horas por día de trabajo para el despachador de mina encargado de enviar los camiones al grifo.

Dependiendo en la operación minera es mucho mejor crear algo acorde a la realidad de la operación ya que no todas las operaciones mineras son iguales y por ende los módulos ya establecidos en los softwares del mercado no se dan abasto con esta realidad.

El trabajo del despachador es de suma importancia al igual que las demás áreas de la mina, el hacer uso de la automatización ayuda a que el despachador pueda hacer una mejor gestión de sistema Dispatch.

La corporación utiliza el mismo sistema Dispatch e infraestructura de tecnología en sus diferentes operaciones mineras por ende este módulo puede ser usado en estas operaciones ya existentes con cero costos.

Recomendaciones

En esta parte se muestra las recomendaciones para futuros trabajos e investigaciones.

Se debe gestionar un mejor estudio de los sensores de nivel de combustible de las flotas de acarreo ya que es muy variables las señales y no son tan reales como el propio manómetro de equipo.

El presente trabajo no involucró el uso de flotas específicas ya que están en evaluación debido a un nuevo diseño y modelo de estas nuevas flotas.

La red de infraestructura informática de la operación minera debe tener el correcto mantenimiento tanto de hardware con software para evitar malas señales o preasignaciones de los equipos con el módulo creado.

Se debe actualizar las vías de acarreo constantemente en el propio sistema Dispatch para no generar falsos tiempos de arribo de camiones hacia los grifos.

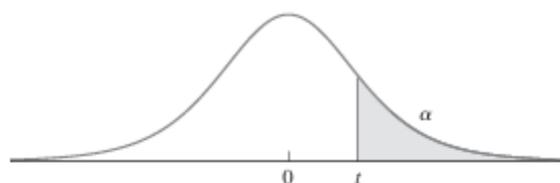
Referencias bibliográficas

- FREEMPORT MCMORAN INDONESIA. (2018). *Surface Mine Planning Standards Manual*, FMI.
- MERCEDES MARQUES. (2011). *Base de Datos*. España: Publicaciones de la Universat Jaume I.
- MODULAR MINING SYSTEMS INC. (1999). *Utilizando Dispatch (Primera y segunda parte)*. Tucson, Arizona, U.S.A.: Modular mining systems Inc.
- NAVIDI, WILLIAM. (2007). *Estadística para ingenieros y científicos*. (Primera Edición). Ciudad de México: McGraw Hill Interamericana.
- PEAK SERVICES. (2007). *Manual del operador pala 4100 XPC ES41188*. (Sexta Edición). Brisbane: P&H. Mining Equipment
- STURGUL, JHON R. (2000). *Mine Design Examples using Simulation*. (Primera Edición). USA: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- THOMPSON, R.J. (2017). *Mining Roads, mine haul road design, construction & maintenance management*. (Primera Edición). Bentley, Perth: Curtin University.

Anexos

	Pág.
Anexo 1: Distribución t student	1
Anexo 2: Archivos y gráficas.....	2
Anexo 3: Código SQL del módulo de asignación automática	3

Anexo 1: Distribución t student



ν	α								
	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
35	0.255	0.682	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340	3.591
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160	3.373
∞	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291

Anexo 2: Archivos y gráficas.

Se encuentran dentro del CD físico de la tesis.

Anexo 3: Código SQL del módulo de asignación automática

```

1 DECLARE @shiftindexActual INT = ( SELECT MAX(ShiftId) FROM
2 CVEOperational.Common.ShiftInfo )
3 DECLARE @limit_critic_cat793 FLOAT = 0.001
4 DECLARE @limit_critic_kom930 FLOAT = 0.001
5 DECLARE @limit_critic_kom980 FLOAT = 0.001
6 DECLARE @limit_soft_cat793 FLOAT = 0.5
7 DECLARE @limit_soft_cat930 FLOAT = 0.5
8 DECLARE @limitoftraveltime FLOAT = 20.0
9 DECLARE @FUEL_MODULE BIT = 1
10 DECLARE @Ultraclasstime DECIMAL = 19.0
11 DECLARE @normaltruck DECIMAL = (SELECT FieldDelaytime/60.0 FROM
12 CVEOperational.dbo.PITReasondelay (NOLOCK) WHERE FieldId = 414)
13 DECLARE @limit_time FLOAT = -1 --Tolerancia Cola nivel Soft
14 --IF (@FUEL_MODULE=1)
15 --BEGIN
16 DECLARE @grifos as
17 TABLE(
18     Ordernbr TINYINT NOT NULL
19     ,FuelStationname VARCHAR(64) NOT NULL
20     ,cap TINYINT NULL
21     ,[status] VARCHAR(20) NOT NULL
22     ,BusyTime INT NULL
23 )
24 INSERT INTO @grifos
25     SELECT
26         ROW_NUMBER() OVER(ORDER BY l.FieldId) Ordernbr
27         ,l.FieldId nombre
28         ,l.FieldDumpqueue cap
29         ,els.[Description] [Status]
30         ,NULL --Busy time of FuelStation
31     FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc l (NOLOCK)
32     LEFT JOIN CVEOperational.dbo.PITPitloc lx (NOLOCK) ON
33 l.FieldRegion=lx.Id
34     LEFT JOIN CVEOperational.Common.EnumSTATUS els (NOLOCK) ON
35 l.FieldStatus = els.Id
36     LEFT JOIN CVEOperational.Common.EnumSHOP esh (NOLOCK) ON
37 l.FieldShoptype = esh.Id
38     WHERE
39         esh.Idx = 2--fuelStation
40 SELECT * FROM @grifos -----
41
42 DECLARE @actualfuel_db as
43 TABLE(
44     OrderNumber INT
45     ,FuelStation VARCHAR(20)
46     ,equipment VARCHAR(8)
47     ,eqmttype VARCHAR(64)
48     ,mat VARCHAR(8)
49     ,Fueling DECIMAL(9,2)
50     ,NextTime DECIMAL(9,2)
51     ,ActualLocation VARCHAR(64)
52     ,NextLocation VARCHAR(64)
53     ,Preasingnacion VARCHAR(64)
54     ,Criticlevel BIT

```

```

55     )
56 INSERT INTO @actualfuel_db
57     SELECT
58         ROW_NUMBER() OVER (ORDER BY (1-
59 t.FieldFuelamt/t.FieldFuelTank) ) OrderNumber
60         ,CASE
61             WHEN ( SELECT FuelStationname
62                     FROM @grifos
63                     WHERE FuelStationname in (
64 loc0.FieldId, loc1.FieldId , loc2.FieldId )
65                     ) is not NULL
66             THEN ( SELECT FuelStationname
67                     FROM @grifos
68                     WHERE FuelStationname
69 in ( loc0.FieldId, loc1.FieldId , loc2.FieldId )
70                     )
71             ELSE NULL
72         END fsassigned
73         ,t.fieldId      truck
74         ,equ.[Description] eqmttype
75         ,IIF(elo.[Description]='Vacio','Vacio','Cargado') mat
76         ,1-t.FieldFuelamt/t.FieldFuelTank fuelpct
77         ,CASE
78             WHEN ( equ.[Description] not in ('Cat-798AC', 'KOM
79 980E-5') AND DATEDIFF(mi, GETDATE(),
80 DATEADD(ss,t.Fieldtimenext,e.ShiftStartdatetime)) < 0 ) THEN 0.0
81             WHEN ( loc0.FieldId = loc1.FieldId ) AND
82 DATEDIFF(mi, GETDATE(), DATEADD(ss,t.Fieldtimenext,e.ShiftStartdatetime)) >
83 50 THEN loc0.FieldTimedump/60.0
84             WHEN ( equ.[Description] in ('Cat-798AC', 'KOM 980E-5')
85 AND DATEDIFF(mi, GETDATE(),
86 DATEADD(ss,t.Fieldtimenext,e.ShiftStartdatetime)) < 0
87             AND ( loc0.FieldId not in (SELECT
88 FuelStationname FROM @grifos) OR loc1.FieldId not in (SELECT FuelStationname
89 FROM @grifos) ) ) THEN 0.0
90             WHEN ( equ.[Description] in ('Cat-798AC', 'KOM
91 980E-5') AND loc0.FieldId in (SELECT FuelStationname FROM @grifos) AND
92 loc0.FieldId = loc1.FieldId)
93             THEN ((@Ultraclasstime - @normaltruck) +
94 DATEDIFF(mi, GETDATE(), DATEADD(ss,t.Fieldtimenext,e.ShiftStartdatetime)))
95             ELSE DATEDIFF(mi, GETDATE(),
96 DATEADD(ss,t.Fieldtimenext,e.ShiftStartdatetime))
97         END nexttime
98         ,loc0.FieldId as loc
99         ,loc1.FieldID as nextloc
100        ,loc2.FieldId as PreAsignacion
101        ,CASE
102            WHEN equ.[Description] like 'Cat-793%' AND 1-
103 FieldFuelamt/FieldFuelTank<@limit_critic_cat793 THEN 0
104            WHEN equ.[Description] = 'KOM 930E'      AND 1-
105 FieldFuelamt/FieldFuelTank<@limit_critic_kom930 THEN 0
106            ELSE 1
107        END
108        FROM      CVEOperational.dbo.PITTruck      t      (NOLOCK)
109        LEFT JOIN CVEOperational.Common.ShiftInfo  e      (NOLOCK) ON
110 e.ShiftId=@shiftindexActual
111

```

```

112         LEFT JOIN CVEOperational.Common.Enumqualif equ (NOLOCK) ON
113 equ.Id=t.FieldEqmttype
114         LEFT JOIN CVEOperational.Common.EnumLOAD elo (NOLOCK) ON
115 elo.Id=t.FieldLoad
116         LEFT JOIN CVEOperational.Common.EnumSTATUS est (NOLOCK) ON
117 est.Id=t.FieldStatus
118         LEFT JOIN CVEOperational.dbo.PITPitLoc loc0 (NOLOCK) ON
119 loc0.Id=t.FieldLoc
120         LEFT JOIN CVEOperational.dbo.PITPitLoc loc1 (NOLOCK) ON
121 loc1.Id=t.FieldLocnext
122         LEFT JOIN CVEOperational.dbo.PITEvent ev (NOLOCK) ON
123 ev.FieldEqmt=t.Id
124         LEFT JOIN CVEOperational.dbo.PITPitLoc loc2 (NOLOCK) ON
125 loc2.Id=ev.FieldLoc
126     WHERE
127         est.[Description] in ('Operativo','Demora')
128         AND ( loc0.FieldId in ( SELECT FuelStationname FROM
129 @grifos )
130             OR loc1.FieldId in ( SELECT FuelStationname FROM
131 @grifos )
132             OR loc2.FieldId in ( SELECT FuelStationname FROM
133 @grifos )
134         )
135         OR ( ((equ.[Description] like 'Cat-793%' and 1-
136 FieldFuelamt/FieldFuelTank<@limit_soft_cat793)
137             OR (equ.[Description] = 'KOM 930E' and 1-
138 FieldFuelamt/FieldFuelTank<@limit_soft_cat930))
139             AND (elo.[Description] <> 'Vacio')
140         )
141     ORDER BY (1-t.FieldFuelamt/t.FieldFuelTank)
142 SELECT * FROM @actualfuel_db -----
143 -----
144 -----
145
146 DECLARE @trucksonroad as
147     TABLE (
148         FuelStation    VARCHAR(20)
149         ,equipment     VARCHAR(8)
150         ,eqmttype     VARCHAR(64)
151         ,mat           VARCHAR(8)
152         ,Fueling       DECIMAL(9,2)
153         ,NextTime      DECIMAL(9,2)
154         ,ActualLocation VARCHAR(64)
155         ,NextLocation  VARCHAR(64)
156         ,Preasingnacion VARCHAR(64)
157         ,Criticlevel   BIT
158         ,NmbrBays     SMALLINT
159     )
160 DECLARE @truckstoevaluate_disorder as
161     TABLE (
162         id             INT
163         ,equipment     VARCHAR(8)
164         ,eqmttype     VARCHAR(64)
165         ,mat           VARCHAR(8)
166         ,Fueling       SMALLMONEY
167         ,Criticlevel   BIT
168         ,NextTime      SMALLMONEY

```

```

169         ,ActualLocation VARCHAR(64)
170         ,NextLocation   VARCHAR(64)
171         ,Preasingnacion VARCHAR(64)
172         ,TimetoGC2      SMALLMONEY
173         ,TimetoGPAD     SMALLMONEY
174         ,BusyGC2       SMALLMONEY
175         ,BusyGPAD      SMALLMONEY
176         ,Decision      VARCHAR(35)
177     )
178 INSERT INTO @trucksonroad
179     SELECT
180         adb.FuelStation, adb.equipment,adb.eqmtype,adb.mat
181
182     ,adb.Fueling,adb.NextTime,adb.ActualLocation,adb.NextLocation
183     ,adb.Preasingnacion,adb.Criticlevel
184     ,gf.cap
185 FROM @actualfuel_db adb
186 INNER JOIN @grifos gf ON adb.FuelStation = gf.FuelStationname
187 WHERE
188     ( ActualLocation in ( SELECT FuelStationname FROM @grifos
189 )
190     OR NextLocation   in ( SELECT FuelStationname FROM @grifos
191 )
192     OR Preasingnacion in ( SELECT FuelStationname FROM @grifos
193 )
194     )
195 SELECT * FROM @trucksonroad -----
196
197 INSERT INTO @truckstoevaluate_disorder
198     SELECT
199         ROW_NUMBER() OVER(ORDER BY adb.Criticlevel, adb.Fueling)
200         ,adb.equipment, adb.eqmtype, adb.mat, adb.Fueling,
201 adb.Criticlevel
202         ,adb.nexttime, adb.ActualLocation, adb.NextLocation,
203 adb.Preasingnacion
204         ,NULL, NULL, NULL, NULL, NULL
205 FROM @actualfuel_db adb
206 WHERE
207     adb.FuelStation is NULL
208     AND adb.Preasingnacion is NULL
209 SELECT * FROM @truckstoevaluate_disorder -----
210
211 DECLARE @segmentos AS
212     TABLE (
213         ORDEN INT
214         ,INICIO VARCHAR(64)
215         ,FIN    VARCHAR(64)
216     )
217 INSERT INTO @segmentos
218     SELECT
219         ROW_NUMBER() OVER ( ORDER BY Inicio, Fin )
220         ,Inicio
221         ,Fin
222 FROM
223     (
224         SELECT
225             ActualLocation Inicio

```

```

226         ,NextLocation Fin
227     FROM @trucksonroad
228     WHERE
229         Preasingnacion IS NOT NULL
230         AND ActualLocation <> NextLocation
231     UNION
232     SELECT
233         NextLocation Inicio
234         ,Preasingnacion Fin
235     FROM @trucksonroad
236     WHERE
237         Preasingnacion IS NOT NULL
238         AND ActualLocation <> NextLocation
239     UNION
240     SELECT
241         NextLocation Inicio
242         ,Preasingnacion Fin
243     FROM @trucksonroad
244     WHERE
245         Preasingnacion IS NOT NULL
246         AND ActualLocation = NextLocation
247     UNION
248     SELECT
249         ActualLocation Inicio
250         ,NextLocation Fin
251     FROM @truckstoevaluate_disorder
252     WHERE ActualLocation <> NextLocation
253     UNION
254     SELECT
255         NextLocation Inicio
256         ,(SELECT FuelStationname FROM @grifos WHERE
257     Ordenrnr = 1 ) Fin
258     FROM @truckstoevaluate_disorder
259     WHERE NextLocation <> (SELECT FuelStationname FROM
260 @grifos WHERE Ordenrnr = 1 )
261     UNION
262     SELECT
263         NextLocation Inicio
264         ,(SELECT FuelStationname FROM @grifos WHERE
265     Ordenrnr = 2 ) Fin
266     FROM @truckstoevaluate_disorder
267     WHERE NextLocation <> (SELECT FuelStationname FROM
268 @grifos WHERE Ordenrnr = 2 )
269     ) X1
270 select * from @segmentos-----
271
272 DECLARE @CATPLAINEMPTY SMALLMONEY= 9.6/3600
273 DECLARE @CATDOWNEMPTY SMALLMONEY= 32.4/3600
274 DECLARE @CATUPEMPTY SMALLMONEY= 72.8/3600
275 DECLARE @KOMPLAINEMPTY SMALLMONEY= 9.6/3600
276 DECLARE @KOMDOWNEMPTY SMALLMONEY= 32.4/3600
277 DECLARE @KOMUPEMPTY SMALLMONEY= 72.8/3600;
278
279 DECLARE @TotalPaths
280     TABLE (
281         fieldPath NVARCHAR(24)
282         ,nameFrom NVARCHAR(24)

```

```

283         ,nameTo          NVARCHAR(24)
284         ,Dist            INT
285         ,TrvlEmpty       INT
286         ,TrvlLoaded      INT
287         ,Incline         DECIMAL(10,2)
288         ,FuelCatEmpty    SMALLMONEY
289         ,FuelCATLoaded   SMALLMONEY
290         ,FuelKOMEmpty    SMALLMONEY
291         ,FuelKOMLoaded   SMALLMONEY
292     );
293
294 WITH PATHS AS (
295     SELECT
296         PP.FieldId AS fieldPath
297         ,PO.FieldId AS nameFrom
298         ,PD.FieldId AS nameTo
299         ,TV.FieldDist AS Dist
300         ,ROUND(( PD.FieldZloc - PO.FieldZloc
301 )/(SQRT(POWER(TV.FieldDist,2)-POWER(( PD.FieldZloc - PO.FieldZloc
302 ),2)))*100,0) Incline
303         ,TV.FieldTimeempty TrvlEmpty
304         ,TV.FieldTimeloaded TrvlLoaded
305     FROM     CVEOperational.[dbo].[PITPathTreeArray] TR (NOLOCK)
306     LEFT JOIN CVEOperational.[dbo].[PITPitloc] PP (NOLOCK) ON
307 PP.FieldPath = TR.Id
308     LEFT JOIN CVEOperational.[dbo].[PITPitloc] PO (NOLOCK) ON
309 PO.FieldPathix = TR.[Index]
310     LEFT JOIN CVEOperational.[dbo].[PITPitloc] PD (NOLOCK) ON
311 PD.FieldPathix = TR.[Value]
312     LEFT JOIN CVEOperational.[dbo].[PITTravel] TV (NOLOCK) ON
313 TV.FieldLocstart = PO.Id AND TV.FieldLocend = PD.Id
314     WHERE
315         TR.[Value] NOT IN (0,65535)
316         AND PO.FieldId IS NOT NULL
317
318         --select * from CVEOperational.[dbo].[PITPathTreeArray] TR
319 (NOLOCK) where TR.[Value] NOT IN (0,65535)
320         --select * from CVEOperational.[dbo].[PITPitloc] PP
321 (NOLOCK)
322         --select * from CVEOperational.[dbo].[PITTravel] TV
323 (NOLOCK)
324 )
325
326 INSERT INTO @TotalPaths
327     SELECT
328         PT.fieldPath ,PT.nameFrom ,PT.nameTo ,PT.Dist
329         ,PT.TrvlEmpty ,PT.TrvlLoaded ,PT.Incline
330         ,CASE
331             WHEN PT.Incline < -3 THEN
332 @CATDOWNEMPTY*PT.TrvlEmpty
333             WHEN PT.Incline > 3 THEN @CATUPEMPTY*PT.TrvlEmpty
334             ELSE @CATPLAINEMPTY*PT.TrvlEmpty
335         END FuelCATEmpty
336         ,CASE
337             WHEN PT.Incline < -3 THEN
338 @CATDOWNEMPTY*PT.TrvlLoaded
339             WHEN PT.Incline > 3 THEN @CATUPEMPTY*PT.TrvlLoaded

```

```

340             ELSE @CATPLAINEMPTY*PT.TrvlLoaded
341         END FuelCATLoaded
342     ,CASE
343         WHEN PT.Incline < -3 THEN
344 @KOMDOWNEMPTY*PT.TrvlEmpty
345         WHEN PT.Incline > 3 THEN @KOMUPEMPTY*PT.TrvlEmpty
346         ELSE @KOMPLAINEMPTY*PT.TrvlEmpty
347     END FuelKOMEmpty
348     ,CASE
349         WHEN PT.Incline < -3 THEN
350 @KOMDOWNEMPTY*PT.TrvlLoaded
351         WHEN PT.Incline > 3 THEN @KOMUPEMPTY*PT.TrvlLoaded
352         ELSE @KOMPLAINEMPTY*PT.TrvlLoaded
353     END FuelKOMLoaded
354     FROM PATHS PT
355 select * from @TotalPaths -----
356 -----
357
358 DECLARE @r          INT = 0
359 DECLARE @Origin     VARCHAR(64)
360 DECLARE @Destination VARCHAR(64)
361
362 DECLARE @n          TINYINT      = 0
363 DECLARE @found      BIT          = 0
364 DECLARE @icursor    VARCHAR(24) = @Destination;
365
366 DECLARE @LocalPathx2 AS TABLE (
367     Ordernbr          TINYINT      NULL
368     ,nameFrom         VARCHAR(24)  NULL
369     ,nameTo           VARCHAR(24)  NULL
370     ,Dist             SMALLINT     NULL
371     ,TrvlEmpty        SMALLINT     NULL
372     ,TrvlLoaded       SMALLINT     NULL
373     ,Incline          SMALLMONEY   NULL
374     ,FuelCatEmpty     SMALLMONEY   NULL
375     ,FuelCatLoaded    SMALLMONEY   NULL
376     ,FuelKomempty     SMALLMONEY   NULL
377     ,FuelKomLoaded    SMALLMONEY   NULL
378 )
379 DECLARE @rutasResumen
380     TABLE (
381         Origen         VARCHAR(64)
382         ,Destino       VARCHAR(64)
383         ,dist          INT
384         ,TrvlEmpty     INT
385         ,TrvlLoaded    INT
386         ,FuelCatEmpty  SMALLMONEY
387         ,FuelCatLoaded SMALLMONEY
388         ,FuelKomempty  SMALLMONEY
389         ,FuelKomLoaded SMALLMONEY
390     )
391 WHILE @r < ( SELECT COUNT(*) FROM @segmentos ) -----REVISAR
392     BEGIN
393         SET @Origin = ( SELECT Inicio FROM @segmentos WHERE
394 orden=@r+1 )
395         SET @Destination= ( SELECT Fin FROM @segmentos WHERE
396 orden=@r+1 )

```

```

397         SET @icursor      = @Destination
398         SET @n              = 0
399         SET @found         = 0
400         DELETE FROM @LocalPathx2
401         IF EXISTS ( SELECT FT.fieldPath
402                     FROM @TotalPaths FT
403                     WHERE FT.fieldPath = @Origin
404                     AND FT.nameFrom = @Destination )
405             WHILE ( /*@n <= 30 AND*/ @found = 0 ) -----
406 -----REVISAR
407             BEGIN
408                 SET @n = @n + 1
409                 INSERT INTO @LocalPathx2
410                 SELECT
411                     @n, FT.nameFrom, FT.nameTo,
412 FT.Dist
413                     ,FT.TrvlEmpty, FT.TrvlLoaded,
414 FT.Incline
415                     ,FT.FuelCATEmpty,
416 FT.FuelCATLoaded, FT.FuelKOMEmpty, FT.FuelKOMLoaded
417                 FROM @TotalPaths FT WHERE FT.fieldPath =
418 @Origin AND FT.nameFrom = @icursor
419                 SET @found = ( SELECT
420 IIF(nameTo=@Origin,1,0) FROM @LocalPathx2 WHERE Ordenbr = @n)
421
422                 SET @icursor = ( SELECT f.nameTo FROM
423 @LocalPathx2 F WHERE F.nameFrom = @icursor )
424             END
425         ELSE
426             RAISERROR ( 'Not solution for route',0,1)
427         INSERT INTO @rutasResumen
428             SELECT
429                 @Origin, @Destination, SUM(Dist) as Dist
430                 ,SUM(TrvlEmpty) as
431 TrvlEmpty,SUM(TrvlLoaded) as TrvlLoaded,SUM(FuelCatEmpty)
432
433                 ,SUM(FuelCatLoaded),SUM(FuelKomempty),SUM(FuelKomLoaded)
434                 FROM @LocalPathx2
435                 SET @r=@r+1
436         END
437 select * from @LocalPathx2 -----
438 -----
439 select * from @rutasResumen -----
440 -----
441
442 DECLARE @BestPathsTable AS
443     TABLE (
444         Origen      VARCHAR(20) NOT NULL
445         ,Destino    VARCHAR(20) NOT NULL
446         ,Viaje_Vacio INT        NULL
447         ,Viaje_Lleno INT        NULL
448     )
449 INSERT INTO @BestPathsTable
450     SELECT
451         rt.Origen
452         ,rt.Destino
453         ,rt.TrvlEmpty

```

```

454         ,rt.TrvlLoaded
455     FROM @rutasResumen rt
456 select * from @BestPathsTable -----
457 -----
458
459 DECLARE @rangetrucks INT = 1
460 WHILE @rangetrucks <= ( SELECT COUNT(1) FROM @truckstoevaluate_disorder )
461 BEGIN
462     DECLARE @grun INT = 1
463     SET @grun = 0
464     WHILE @grun <= (SELECT COUNT(1) FROM @grifos )
465     BEGIN
466         IF ( @grun = 1 )
467         BEGIN
468             UPDATE @truckstoevaluate_disorder
469             SET TimetoGC2 = (IIF( ActualLocation <>
470 NextLocation , CAST ( ( SELECT Viaje_Lleno
471                                     FROM
472 @BestPathsTable
473                                     WHERE Origen =
474 ActualLocation
475
476         AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT ), 0 )
477             + CAST( ( SELECT
478 FieldTimedump
479
480         FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
481
482         WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
483             +CAST( (SELECT
484 Viaje_vacio
485
486         FROM @BestPathsTable
487
488         WHERE Origen = NextLocation
489
490         AND Destino = (
491
492             SELECT FuelStationname
493
494             FROM @grifos g
495
496             WHERE g.Ordernbr = @grun)
497
498         )/60.0 AS FLOAT)
499             )
500         WHERE id = @rangetrucks
501     END
502     ELSE IF ( @grun = 2 )
503     BEGIN
504         UPDATE @truckstoevaluate_disorder
505         SET TimetoGPAD = (IIF( ActualLocation <>
506 NextLocation , CAST ( ( SELECT Viaje_Lleno
507                                     FROM
508 @BestPathsTable
509                                     WHERE
510 Origen = ActualLocation

```

```

511
512         AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT ), 0 )
513
514 SELECT FieldTimedump
515
516         FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
517
518         WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
519
520 (SELECT Viaje_vacio
521
522         FROM @BestPathsTable
523
524         WHERE Origen = NextLocation
525
526                 AND Destino = (
527
528                         SELECT FuelStationname
529
530                         FROM @grifos g
531
532                         WHERE g.Ordernbr = @grun)
533
534         )/60.0 AS FLOAT)
535
536                 WHERE id = @rangetrucks
537
538         END
539         SET @grun = @grun + 1
540
541 END
542 DECLARE @truckstoevaluate as
543         TABLE(
544                 sort_id          INT
545                 ,id              INT
546                 ,equipment       VARCHAR(8)
547                 ,eqmttype       VARCHAR(64)
548                 ,mat             VARCHAR(8)
549                 ,Fueling         SMALLMONEY
550                 ,Criticlevel     BIT
551                 ,NextTime       SMALLMONEY
552                 ,ActualLocation  VARCHAR(64)
553                 ,NextLocation   VARCHAR(64)
554                 ,Preasingnacion VARCHAR(64)
555                 ,TimetoGC2      SMALLMONEY
556                 ,TimetoGPAD     SMALLMONEY
557                 ,BusyGC2       SMALLMONEY
558                 ,BusyGPAD      SMALLMONEY
559                 ,Decision       VARCHAR(35)
560         )
561
562 INSERT INTO @truckstoevaluate
563         SELECT
564                 ROW_NUMBER() OVER(ORDER BY dis.Criticlevel
565
566 ,IIF(dis.TimetoGC2<dis.TimetoGPAD,dis.TimetoGC2,dis.TimetoGPAD)
567

```

```

568
569 ,dis.Fueling)
570         ,dis.*
571         FROM @truckstoevaluate_disorder dis
572
573 select * from @truckstoevaluate-----
574 ---*****-----
575 -
576
577 DECLARE @CTE AS TABLE (
578         Ordernbr      TINYINT      NOT NULL
579         ,FuelStation   VARCHAR(20) NOT NULL
580         ,NextTime      INT          NULL
581         ,ActualLoc     SMALLINT    NULL
582         ,TruckName     VARCHAR(4)   NULL
583         ,ActualLocation VARCHAR(20) NULL
584         ,NextLocation  VARCHAR(20) NULL
585         ,Preasignacion VARCHAR(20) NULL
586         ,NmbrBays      TINYINT      NULL
587 )
588
589 INSERT INTO @CTE
590         SELECT
591                 ROW_NUMBER() OVER( PARTITION BY FuelStation ORDER BY CASE
592                         WHEN ActualLocation in ( SELECT FuelStationName
593 FROM @grifos )
594                         AND ActualLocation = NextLocation THEN 0
595                         WHEN NextLocation in ( SELECT FuelStationName FROM
596 @grifos )
597                         AND ActualLocation <> NextLocation THEN 1
598                         WHEN Preasignacion in ( SELECT FuelStationName
599 FROM @grifos ) THEN 2
600                 END, f.NextTime ) ikey
601                 ,f.FuelStation
602                 ,IIF(f.NextTime<0,0,f.NextTime)
603                 ,CASE
604                         WHEN ActualLocation in ( SELECT FuelStationName
605 FROM @grifos )
606                         AND ActualLocation = NextLocation THEN 0
607                         WHEN NextLocation in ( SELECT FuelStationName FROM
608 @grifos )
609                         AND ActualLocation <> NextLocation THEN 1
610                         WHEN f.Preasignacion in ( SELECT FuelStationName
611 FROM @grifos ) THEN 2
612                 END ActualLoc
613                 ,f.Equipment
614                 ,f.ActualLocation
615                 ,f.NextLocation
616                 ,f.Preasignacion
617                 ,f.NmbrBays
618         FROM @trucksonroad f
619         WHERE
620                 CASE
621                         WHEN ActualLocation in ( SELECT FuelStationName
622 FROM @grifos )
623                         AND ActualLocation = NextLocation THEN 0
624

```

```

625             WHEN NextLocation in ( SELECT FuelStationName FROM
626 @grifos )
627                 AND ActualLocation <> NextLocation THEN 1
628             WHEN f.Preasingnacion in ( SELECT FuelStationName
629 FROM @grifos ) THEN 2
630             END IS NOT NULL
631 select * from @CTE -----
632 -----
633 -----
634
635 DECLARE @trucksrun INT = 1
636 WHILE @trucksrun <= ( SELECT COUNT(1) FROM @truckstoevaluate )
637 BEGIN
638     DECLARE @registers_c2          INT
639     DECLARE @Bays_c2                INT
640     DECLARE @TiempoOcupado_c2_last FLOAT
641     DECLARE @TiempoOcupado_c2      FLOAT
642     DECLARE @counter                INT = 1
643     DECLARE @nmbrfuels              INT = ( SELECT COUNT(DISTINCT
644 FuelStationname) FROM @grifos )
645     DECLARE @evaluateFuel           VARCHAR(MAX)
646     DECLARE @run                    INT = 1
647     DECLARE @TiempoTotal            INT
648     DECLARE @Calculated_time        INT
649     DECLARE @FuelingTime DECIMAL = (CASE WHEN (SELECT eqmttype FROM
650 @truckstoevaluate WHERE id = @trucksrun) in ('KOM 980E-5', 'Cat-798AC')
651
652             THEN (SELECT @Ultraclasstime )
653
654             ELSE (SELECT @normaltruck )
655
656     END)
657
658     WHILE @counter <= @nmbrfuels
659     BEGIN
660         SET @evaluateFuel = ( SELECT FuelStationName FROM @grifos g
661 WHERE g.Ordernbr = @counter )
662         SET @registers_c2 = (
663             SELECT COUNT(*) FROM @CTE
664             WHERE FuelStation = @evaluateFuel
665         )
666         SET @Bays_c2 = (
667             SELECT MAX(nmbrBays) FROM @CTE
668             WHERE FuelStation = @evaluateFuel
669         )
670         SET @TiempoOcupado_c2_last =0.0
671         SET @TiempoOcupado_c2 =0.0
672         DECLARE @TiempoOcupado_bahial FLOAT = 0.0
673         DECLARE @TiempoOcupado_bahia2 FLOAT = 0.0
674         SET @run = 1
675
676         IF @Bays_c2 = 2 AND @registers_c2 > 2
677         BEGIN
678             SET @TiempoOcupado_bahial = (
679                 SELECT
680
681                 CASE

```

```

682                                                                 WHEN
683 ActualLoc = 0 THEN NextTime
684                                                                 WHEN
685 ActualLoc = 1 THEN NextTime + @FuelingTime
686                                                                 WHEN
687 ActualLoc = 2 THEN (
688
689         IIF(ActualLocation <> NextLocation, CAST ( ( SELECT Viaje_lleno
690
691             FROM @BestPathsTable
692
693             WHERE Origen = ActualLocation
694
695                 AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT ), 0)
696
697     + CAST( ( SELECT FieldTimedump
698
699         FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
700
701         WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
702
703     + CAST( ( SELECT Viaje_vacio
704
705         FROM @BestPathsTable
706
707         WHERE Origen = NextLocation AND Destino =
708 Preasignacion
709
710             )/60.0 AS FLOAT) )
711
712         + @FuelingTime
713
714             END
715 FuelStation = @evaluateFuel AND Ordernbr=1
716             )
717         SET @TiempoOcupado_bahia2 = (
718             SELECT
719                 CASE
720
721 ActualLoc = 0 THEN NextTime
722                                                                 WHEN
723 ActualLoc = 1 THEN NextTime + @FuelingTime
724                                                                 WHEN
725 ActualLoc = 2 THEN (
726
727         IIF(ActualLocation <> NextLocation, CAST ( ( SELECT Viaje_vacio
728
729             FROM @BestPathsTable
730
731             WHERE Origen = ActualLocation
732
733                 AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT ), 0)
734
735     + CAST( ( SELECT FieldTimedump
736
737         FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
738

```

```

739
740         WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
741
742     + CAST( ( SELECT Viaje_vacio
743
744         FROM @BestPathsTable
745
746         WHERE Origen = NextLocation
747
748             AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS
749 FLOAT) )
750
751     + @FuelingTime
752
753                                     END
754 FuelStation = @evaluateFuel AND Ordernbr=2
755                                     FROM @CTE WHERE
756                                     SET @TiempoOcupado_bahia1 = IIF(
757 @TiempoOcupado_bahia1 < @TiempoOcupado_bahia2
758
759     ,@TiempoOcupado_bahia1
760
761     ,@TiempoOcupado_bahia2 )
762     SET @TiempoOcupado_bahia2 = IIF(
763 @TiempoOcupado_bahia2 > @TiempoOcupado_bahia1
764
765     ,@TiempoOcupado_bahia2
766
767     ,@TiempoOcupado_bahia1 )
768     SET @TiempoOcupado_c2 =0
769     SET @run = 3
770     WHILE @run <= @registers_c2
771     BEGIN
772         SET @TiempoOcupado_bahia1 = (
773             SELECT
774
775
776                                     CASE
777                                     WHEN
778 ActualLoc = 0 THEN NextTime
779                                     WHEN
780 ActualLoc = 1 THEN NextTime + @FuelingTime
781                                     WHEN
782 ActualLoc = 2 THEN (
783
784     IIF(ActualLocation <> NextLocation
785
786     ,CAST ( ( SELECT Viaje_lleno
787
788         FROM @BestPathsTable
789
790         WHERE Origen = ActualLocation
791
792             AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT
793 ), 0)
794
795     + CAST( ( SELECT FieldTimedump

```

```

796
797                                     FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
798
799                                     WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT
800 )
801
802     + CAST( ( SELECT Viaje_vacio
803
804                                     FROM @BestPathsTable
805
806                                     WHERE Origen = NextLocation
807
808                                     AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS
809 FLOAT)
810
811         ) + @FuelingTime
812
813 IIF(@TiempoOcupado_bahial - (CASE
814
815 ActualLoc = 0 THEN NextTime
816
817 ActualLoc = 1 THEN NextTime
818
819 ActualLoc = 2 THEN (
820
821     IIF(ActualLocation <> NextLocation
822
823     ,CAST ( ( SELECT Viaje_lleno
824
825                                     FROM @BestPathsTable
826
827                                     WHERE Origen = ActualLocation
828
829                                     AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT
830 ), 0)
831
832     + CAST( ( SELECT FieldTimedump
833
834                                     FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
835
836                                     WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT
837 )
838
839     + CAST( ( SELECT Viaje_vacio
840
841                                     FROM @BestPathsTable
842
843                                     WHERE Origen = NextLocation
844
845                                     AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS
846 FLOAT)
847
848         )
849
850 @TiempoOcupado_bahial - (CASE
851
852 ActualLoc = 0 THEN NextTime

```

```

853                                                                                               WHEN
854 ActualLoc = 1 THEN NextTime
855                                                                                               WHEN
856 ActualLoc = 2 THEN (
857
858         IIF(ActualLocation <> NextLocation
859
860         ,CAST ( ( SELECT Viaje_lleno
861
862                 FROM @BestPathsTable
863
864                 WHERE Origen = ActualLocation
865
866                 AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT
867 ), 0)
868
869         + CAST( ( SELECT FieldTimedump
870
871                 FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
872
873                 WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT
874 )
875
876         + CAST( ( SELECT Viaje_vacio
877
878                 FROM @BestPathsTable
879
880                 WHERE Origen = NextLocation
881
882                 AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS
883 FLOAT)
884
885         )
886                                                                                               END ), 0
887 )
888                                                                                               FROM @CTE
889                                                                                               WHERE FuelStation =
890 @evaluateFuel
891                                                                                               AND Ordennbr = @run
892 )
893 DECLARE @Tempbahia1 FLOAT =
894 @TiempoOcupado_bahia1
895 DECLARE @Tempbahia2 FLOAT =
896 @TiempoOcupado_bahia2
897
898 SET @TiempoOcupado_bahia1 = IIF(
899 @TiempoOcupado_bahia1 < @TiempoOcupado_bahia2
900
901         ,@TiempoOcupado_bahia1
902
903         ,@TiempoOcupado_bahia2)
904 SET @TiempoOcupado_bahia2 = IIF(@Tempbahia1
905 > @Tempbahia2, @Tempbahia1, @Tempbahia2)
906
907 SET @TiempoOcupado_c2 =
908 @TiempoOcupado_bahia1
909 SET @TiempoTotal = @TiempoOcupado_c2

```

```

910                                     SET @run = @run + 1
911                                     END
912     END
913     ELSE IF @Bays_c2=2 AND @registers_c2=2
914     BEGIN
915         SET @TiempoOcupado_bahial =(
916             SELECT
917                 CASE
918                     WHEN ActualLoc =
919 0
920                         THEN
921 NextTime
922                     WHEN ActualLoc =
923 1
924                         THEN
925 NextTime + @FuelingTime
926                     WHEN ActualLoc =
927 2
928                         THEN
929 ( IIF(ActualLocation <> NextLocation
930
931         ,CAST ( ( SELECT Viaje_vacio
932
933             FROM @BestPathsTable
934
935             WHERE Origen = ActualLocation
936
937             AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT ), 0)
938
939 + CAST( ( SELECT FieldTimedump
940
941             FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
942
943             WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
944
945 + CAST( ( SELECT Viaje_vacio
946
947             FROM @BestPathsTable
948
949             WHERE Origen = NextLocation
950
951             AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS
952 FLOAT) )
953
954 + @FuelingTime
955
956                                     END
957                                     FROM @CTE WHERE FuelStation =
958 @evaluateFuel AND Ordenbr=1
959                                     )
960                                     SET @TiempoOcupado_bahia2 = (
961                                         SELECT
962                                             CASE
963                                                 WHEN ActualLoc =
964 0
965                                                     THEN
966 NextTime

```

```

1
NextTime + @FuelingTime
2
(IIF( ActualLocation <> NextLocation
,CAST ( ( SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = ActualLocation
AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT ), 0)
+ CAST( ( SELECT FieldTimedump
FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
+ CAST( ( SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = NextLocation
AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS
FLOAT) )
+ @FuelingTime
END
FROM @CTE WHERE FuelStation =
@evaluateFuel AND Ordenrnr=2
)
SET @TiempoOcupado_c2 = (
SELECT IIF( IsNull(@TiempoOcupado_bahia1,
0)<=IsNull(@TiempoOcupado_bahia2, 0)
,IsNull(@TiempoOcupado_bahia1, 0)
,IsNull(@TiempoOcupado_bahia2, 0)
)
)
SET @TiempoTotal = @TiempoOcupado_c2
END
ELSE IF @Bays_c2 = 1 AND @registers_c2 > 1
BEGIN
SET @TiempoOcupado_c2 = 0
SET @TiempoOcupado_c2 =(
SELECT
CASE
WHEN ActualLoc =
0

```

```

THEN NextTime
WHEN ActualLoc =
1
THEN NextTime +
@FuelingTime
WHEN ActualLoc =
2
THEN (CAST ( (
SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = ActualLocation
AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT )
+ CAST(
( SELECT FieldTimedump
FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
+ CAST(
( SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = NextLocation
AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS FLOAT) )
+
@FuelingTime
END
FROM @CTE WHERE FuelStation =
@evaluateFuel AND Ordenrnr=1
)
SET @run = 2
WHILE @run <= @registers_c2
BEGIN
SET @TiempoOcupado_c2 = (
SELECT
CASE
S1.ActualLoc = 0
WHEN
THEN @TiempoOcupado_c2 + @FuelingTime
WHEN
S1.ActualLoc = 1
THEN IIF( NextTime >= @TiempoOcupado_c2,NextTime
,@TiempoOcupado_c2 ) + @FuelingTime
WHEN
S1.ActualLoc = 2
THEN
IIF((CAST ( ( SELECT Viaje_lleno

```

```

FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = S1.ActualLocation
AND Destino =
S1.NextLocation )/60.0 AS FLOAT )
+ CAST( ( SELECT FieldTimedump
FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc
(NOLOCK)
WHERE FieldId =
S1.NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
+ CAST( ( SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = S1.NextLocation
AND Destino =
S1.Preasignacion )/60.0 AS FLOAT)
) >= @TiempoOcupado_c2
, (IIF(ActualLocation <> NextLocation,
CAST ( ( SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen =
S1.ActualLocation
AND
Destino = S1.NextLocation )/60.0 AS FLOAT ), 0)
+ CAST( ( SELECT FieldTimedump
FROM
CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
WHERE FieldId =
S1.NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
+ CAST( ( SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen =
S1.NextLocation
AND
Destino = S1.Preasignacion )/60.0 AS FLOAT) )

```

```

, @TiempoOcupado_c2 ) + @FuelingTime
END
FROM ( SELECT * FROM @CTE
WHERE FuelStation = @evaluateFuel ) S1
WHERE Ordenbr=@run
)
SET @TiempoTotal =
@TiempoOcupado_c2
SET @run = @run + 1
END
END
ELSE IF @Bays_c2 = 1 AND @registers_c2 = 1
BEGIN
SET @TiempoOcupado_c2 = 0
SET @TiempoOcupado_c2 = (
SELECT
CASE
WHEN ActualLoc = 0
THEN NextTime
WHEN ActualLoc = 1
THEN NextTime +
@FuelingTime
WHEN ActualLoc = 2
THEN (IIF(
ActualLocation <> NextLocation
,CAST ( ( SELECT Viaje_lleno
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = ActualLocation
AND Destino = NextLocation )/60.0 AS FLOAT
), 0 )
+ CAST(
( SELECT FieldTimedump
FROM CVEOperational.dbo.PITPitloc (NOLOCK)
WHERE FieldId = NextLocation)/60.0 AS FLOAT )
+ CAST(
( SELECT Viaje_vacio
FROM @BestPathsTable
WHERE Origen = NextLocation
AND Destino = Preasignacion )/60.0 AS FLOAT))
+
@FuelingTime
END
FROM ( SELECT * FROM @CTE WHERE FuelStation
= @evaluateFuel ) Q1
WHERE Ordenbr=1
)
END

```



```
, 'preassignar' evento
, Decision
FROM @truckstoevaluate
WHERE Decision in ('GRIFO_C2', 'GRIFO_PAD')
ORDER BY id
--END
```