

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALURGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“ANÁLISIS DE VARIABLES DE CONTROL PARA
DESARROLLAR UN INDICADOR DE DESEMPEÑO
INTEGRAL DE CARGUÍO Y ACARREO QUE PERMITA
REDUCIR IMPACTO NEGATIVO EN LA PRODUCCIÓN DE
MINADO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

ELABORADO POR

GUSTAVO ADOLFO MOROMISATO GIBU

ASESOR

ING ADOLFO JESUS CHAVEZ VALDIVIA

LIMA-PERÚ

2023

DEDICATORIA

Esta Trabajo de suficiencia no hubiese sido posible sin el apoyo y comprensión de mis amores Lucrecia, Rafaella y Felipe, de mi madre Bertha, mis hermanos Haru, Juan y Aiko y finalmente a mi tío Carlos

Gracias.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento es principalmente para Dios, quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, a mi Facultad de Ingeniería de Minas; a mis docentes por sus enseñanzas y por el apoyo constante que recibí para mi desarrollo profesional

RESUMEN

En la presente investigación se analizaron las variables de control y su interacción en la flota de carguío y acarreo. Las variables de control fueron monitoreadas y controladas en el sistema de despacho incluido el tiempo del proceso productivo de cada equipo a un nivel de detalle de actividades.

Las actividades de los equipos están dentro de la línea de tiempo, cada equipo tiene 24 horas por día los 365 días o 366 días (en año bisiesto) por año, las cuales se distribuyen por 3 partes principales, la primera es el tiempo disponible para la operación, la segunda es el tiempo requerido para realizar el mantenimiento y la tercera es el tiempo requerido para reparación mayor o el ensamble del equipo.

La línea de tiempo se considera fijo en el período estipulado (como ejemplo un día con 24 horas, 1,440 minutos o 86,400 segundos) en cuanto a las actividades del ciclo productivo, considerando que son procesos independientes, las variables de control contribuyen inversamente al valor final de la producción, esto significa que, si los equipos realizan sus ciclos en menos tiempo, la producción se incrementa.

El problema consiste en el impacto que genera las prácticas individuales de las guardias y los cambios de planes sin tener un análisis previo y para determinar que variables son los de mayor relevancia se modela el ciclo en base al principio de balance de capacidad de flota "Factor de producción" donde las capacidades son equivalentes.

La capacidad excedente se reduce adicionando demoras hasta que se equilibra con el de menor capacidad para balancear la producción entre sí. Sea el caso, si es mayor la flota de cargadores, se necesita agregar tiempo como tiempo de espera para camiones y para flota de acarreo, el tiempo agregado es la cola en la flota de cargadores.

Se desarrolló el modelo productivo y con la simulación Montecarlo se determinó el impacto entre variables de control y los resultados de sensibilidad expresado en toneladas ponderan cada factor contra su objetivo y que el promedio ponderado geométrico de los factores de mayor impacto seleccionados integra todo el modelo y su preponderancia en un solo indicador clave.

Finalmente, el modelo se ajustó a los escenarios planteados y la simulación se comparó contra los resultados de cada escenario real, con lo que se demostró que las prácticas planteadas son las mejores opciones para el proceso productivo.

Palabras Claves: Sistema de despacho, Indicador Clave de Desempeño, Carguío y Acarreo, Simulación Montecarlo, Balance de Flota, Factor de Productividad

ABSTRACT

In the current research the control variables and their interacting into the loading and hauling fleet are analyzed, which are monitored and controlled in the dispatch system included the time of the productive process of each equipment and their activities.

The equipment activities are into the timeline, each equipment has 24 hour per day the 365 or 366 days per year (in leap year) and it is mainly distributed by 3 parts, first it is the time available by operation, second it is the time for equipment maintenance and the last is the time used for overhauling or assemble the equipment

The timeline is considered fixed in a stipulated period (as sample one day has 24 hours or 86,400 seconds) in term of the activities of the production cycle, considering that they are independent processes, the control variables contribute inversely to the final value of production, which It means that if the equipment achieve their cycles in less time the production rises.

The problem consists of the impact generated by individual practices of the shift crew and the plans changes without previous analysis and to determine which variables are the most relevant and to set this analysis it is necessary modeled the fleet cycle based on the principle of fleet capacity balance usually called "fleet match" where those capacities are equivalent.

The surplus production capacity is reduced adding delays time up to set within the minor production capacity to balance each other, as example, if the loader fleet capacity is higher, it is necessary to add as truck waiting time, in contrast, if the hauling fleet capacity is higher, it is necessary to add as queue time at the loader fleet.

The production process model was developed and simulated with Montecarlo's method to determine the impact for each control variable and the result obtained as sensitivity analysis, each variable it is powered by the impact expressed in tonnages and their weighted geometric mean of those highest impact factor it is represents the key performance indicator (KPI) proposed.

Finally, the model was tuned for each sceneries proposed and compared against each real production, which is demonstrated that those practices proposed are the best option for production process.

Key Words: Dispatch System, Key performance indicator, Loading and Hauling, Montecarlo's simulation, Fleet Match, Performance Factor

PROLOGO

El presente trabajo de investigación consta de seis capítulos, dos secciones concluyentes del resultado de la investigación, culminando en la parte final con la bibliografía y anexos, los cuales se detallan a continuación:

En el capítulo I corresponde a la Introducción y contiene cuatro artículos de la siguiente forma:

- Generalidades: contiene una descripción del objetivo de los sistemas de administración de despacho, las problemáticas a solucionar y la finalidad de la investigación.
- Descripción el Problema de investigación: se detalla la problemática del sistema de despacho e infiere específicamente los hallazgos a analizar en la investigación y se plantea el problema a solucionar en forma de pregunta.
- Objetivo: se define el objetivo del trabajo de investigación.
- Antecedentes Investigativos: contiene los resúmenes de investigaciones recientes relacionadas al trabajo de investigación las cuales están ordenadas primero con las investigaciones internacionales, luego las nacionales.

En el Capítulo II corresponde al marco teórico y contiene dos artículos de la siguiente forma:

- Base teórica: contiene los resúmenes importantes agrupados por temas relacionados al trabajo de investigación.
- Marco conceptual: donde se enlista los términos utilizados que tienen distintas interpretaciones y se indica la interpretación utilizada en el trabajo de investigación.

En el Capítulo III corresponde a la hipótesis y operacionalización de variables y contiene dos artículos de la siguiente forma:

- Hipótesis: donde se plantea la hipótesis a validar la finalidad de la investigación.
- Operacionalización de variables: donde se definen las variables de la hipótesis y para esta investigación una variable dependiente y una variable independiente.

En el Capítulo IV corresponde a la metodología de la investigación y contiene tres artículos que detallamos a continuación:

- Tipo y diseño de la investigación: donde se determina el enfoque, alcance y diseño de la investigación.
- Unidad de análisis: donde se describe la organización, área, sistema y el proceso, sus características y especificaciones del estudio.
- Matriz de consistencia: donde se analiza la consistencia de las variables de la hipótesis que hace referencia a la finalidad, el planteamiento del problema y el objetivo de la investigación.

En el Capítulo V corresponde al Desarrollo de la investigación y se muestra la recolección de datos y la transformación de los datos, también se desarrolla el modelo matemático para generar los escenarios para obtener los comparativos y realizar el contraste de la hipótesis

En el capítulo VI corresponde al análisis y discusión de resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación y se analizó los escenarios y se comprueba si la hipótesis es verdadera

En las Conclusiones corresponde a la etapa final del informe donde se indica las proposiciones finales de los argumentos relevantes de la investigación.

En las recomendaciones del informe indica las sugerencias para próximas investigaciones, también sugiere propuestas para la implementación de la investigación.

En la bibliografía se encuentra la lista de documentos y libros revisados para esta investigación

En el anexo corresponde a todos los formatos con la información recopilada para la investigación.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	III
ABSTRACT.....	V
PROLOGO	VII
INDICE	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS	XIII
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2.1 <i>Formulación del problema</i>	6
1.3 OBJETIVO.....	6
1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
1.4.1 <i>Antecedentes internacionales</i>	6
1.4.2 <i>Antecedentes nacionales</i>	10
CAPITULO II MARCO TEORICO	
2.1 BASES TEÓRICAS	14
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	25
CAPITULO III HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	
3.1 HIPÓTESIS	27
3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	27
CAPITULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	28
4.2 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	29

4.3	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	33
CAPITULO V DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		
5.1	RECOLECCIÓN DE DATOS	34
5.1.1	<i>Recolección de información de Alta precisión de minado</i>	<i>34</i>
5.1.2	<i>Recolección de información del sistema de despacho.....</i>	<i>37</i>
5.2	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	44
CAPITULO VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		
6.1	ANÁLISIS DEL INDICADOR CLAVE DE DESEMPEÑO PARA LA SEGURIDAD	59
6.2	SIMULACIÓN MONTECARLO ESCENARIO 1	62
6.3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE VARIABLES DE CONTROL.....	67
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES.....		73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		74
ANEXOS		

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Piramide de bird	3
Figura 1.2 Minutos promedio de cola por hora	5
Figura 1.3 Factor de Productividad	11
Figura 1.4 Grafica de producción bajo mínimo costo	12
Figura 2.1 Medida del límite central	18
Figura 2.2 Variación del Proceso	19
Figura 4.1 Esquema del Areas	30
Figura 4.2 Ciclo de Carguío	31
Figura 4.3 Ciclo de Acarreo	31
Figura 5.1 Pantalla del Operador de Pala	34
Figura 5.2 Control de nivel de piso de la pala	35
Figura 5.3 Grafica comparativa del ajuste de Disponibilidad mecánica, Flota Carguío	45
Figura 5.4 Utilización efectiva o usaje de las Flotas Cat 992GHL, Cat 994 A/D/F, Hit 2500 y Hit 5500	46
Figura 5.5 Gráfico de la Disponibilidad Mecánica de la flota de acarreo	49
Figura 5.6 grafica de ajuste de la Utilización Efectiva o usaje flota de acarreo	51
Figura 5.7 Gráfico de la distribución del ciclo de acarreo de la flota Cat 777D	52
Figura 5.8 Grafica de la distribución del ciclo de acarreo de la flota Cat 785C	53
Figura 5.9 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793B	54
Figura 5.10 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793C	55

Figura 5.11 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793D	56
Figura 5.12 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793DT	57
Figura 5.13 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793F	58
Figura 6.1 Distribución de inspecciones y revisiones de seguridad	60
Figura 6.2 Distribución de hallazgos de seguridad	61
Figura 6.3 Pareto de Cantidad de Demoras en Pala	62
Figura 6.4 Grafo de traslado de equipo	63
Figura 6.5 Causa raíz Frente en mala condición	63
Figura 6.6 Resultado de tres simulaciones incluyendo traslados	66
Figura 6.7 Resultado de tres simulaciones con reducción de traslados	66
Figura 6.8 Grafica Tornado de impacto por variables de control	68
Figura 6.9 Función Sigmoide	69
Figura 6.10 Grafico Comparativo de TPH vs KPI	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Categoría de estados para equipos	14
Tabla 4.1 Características epistemológicas de la investigación cualitativa y cuantitativa	28
Tabla 4.2 Matriz de Consistencia	33
Tabla 5.1 Reconciliación de la alta precisión de la pala	35
Tabla 5.2 Resumen por variación de la precisión de minado	36
Tabla 5.3 Ajuste de la Disponibilidad Mecánica	44
Tabla 5.4 Ajuste de la Utilización Efectiva o Usaje	45
Tabla 5.5 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Cat 992 GHJ	47
Tabla 5.6 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Cat 994 A/D/F	47
Tabla 5.7 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Hit 2500	48
Tabla 5.8 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Hit 5500EX	48
Tabla 5.9 Ajuste de la Disponibilidad Mecánica de la flota de Acarreo	49
Tabla 5.10 Ajuste de distribución de la utilización efectiva o usaje de la flota de acarreo	50
Tabla 5.11 Ajuste del Ciclo de Acarreo de la Flota Cat 777D	51
Tabla 5.12 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la flota Cat 785C	52
Tabla 5.13 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793B	53
Tabla 5.14 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793C	54
Tabla 5.15 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793D	55
Tabla 5.16 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793DT	56
Tabla 5.17 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793F	57
Tabla 6.1 Desempeño de seguridad, registro acumulado	59

Tabla 6.2 Evaluación de causa raíz actos controlables	64
Tabla 6.3 Primera simulación	65
Tabla 6.4 Modelo Matemático de producción de los equipos de carguío y acarreo	67
Tabla 6.5 Resultado del impacto de las variables de control	68
Tabla 6.6 Simulación de variables de control con resultados de KPI	71

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Los sistemas de despacho registran las actividades de forma automática basados en la activación de los componentes de cada equipo y su posición espacial. La información es registrada en el sistema para realizar los cálculos tanto de la programación lineal como la dinámica. Con los cálculos el sistema asigna los equipos de acuerdo con la configuración de la flota y los tiempos de los ciclos.

Para alcanzar los objetivos trazados, un sistema de gestión de flota (FMS) bien administrado es esencial para maximizar la utilización y el rendimiento de la flota de una mina. La gestión de la producción y el rendimiento general debe estar alineado con el plan y de forma segura.

El FMS proporciona una vista de todos los aspectos de las operaciones de la mina. Proporciona información a las áreas de soporte, además, es una herramienta que permite acceder a los registros para implementar oportunidades de mejora.

El sistema no gestiona la asignación de polígonos, eso es ejecutado en base al plan que indique la supervisión. El sistema gestiona la distribución de equipos en base a la configuración que gestione el supervisor de despacho, principalmente se calcula de acuerdo con los siguientes parámetros: equipos de carguío y acarreo disponibles, disposición de polígonos, locaciones de descarga, mezcla de materiales (por leyes, finos y características geotécnicas), distancias de acarreo y de descarga (por estabilidad geotécnica).

Con respecto al escenario planificado existen actividades que en el momento de ejecución no es viable configurar en el sistema como la secuencia de minado por lo que genera desvíos del plan que no están previamente evaluados y son trabajados a criterio de cada jefatura de forma empírica sin tener las herramientas para tomar las decisiones con la capacidad de minimizar impactos en la producción.

La investigación determina un indicador clave de desempeño (KPI) como una herramienta para mejorar la toma de decisiones del proceso de carguío y acarreo.

1.2 Descripción del Problema de Investigación

En los procesos de carguío y acarreo en empresas mineras los cambios en los planes en la operación son frecuentes y no son evaluadas lo que ocasiona impactos en producción, la supervisión decide cambiar de frente de carguío para mejorar la productividad del equipo y su turno.

El cambio de frente interrumpe la secuencia de minado y en consecuencia traslada el problema al turno siguiente quien requerirá terminar el minado volviendo a trasladar el equipo. Si bien en el turno mantiene las variables de control dentro del rango estimado, sin embargo, ocasiona un traslado del problema a la siguiente guardia en vez de analizar otras opciones antes de trasladar el equipo de carguío.

Una de las variables de control que impactan significativamente es la cola de camiones en el equipo de carguío y específicamente luego del cambio de guardia. La guardia saliente procura cerrar su turno con el mayor tonelaje descargado posible lo que ocasiona que los equipos de acarreo terminen en mayor número vacíos, además de que el operador de pala realiza su cambio de turno paralizando temporalmente el proceso de carguío

Los hallazgos que impactan al proceso productivo en esta investigación son los siguientes:

1. Las operaciones con problemas en el control de seguridad es un potencial factor de pérdida tanto sobre la vida de las personas, daños en los equipos y/o propiedad o finalmente a la producción, sin embargo, el objetivo de

proponer que la seguridad sean no tener accidentes tiene dos resultados, reduce los accidentes o se ocultan eventos y no se determina porque no se aplican los controles u omisiones a los procedimientos, en la Figura 1.1 se muestra pirámide de bird.

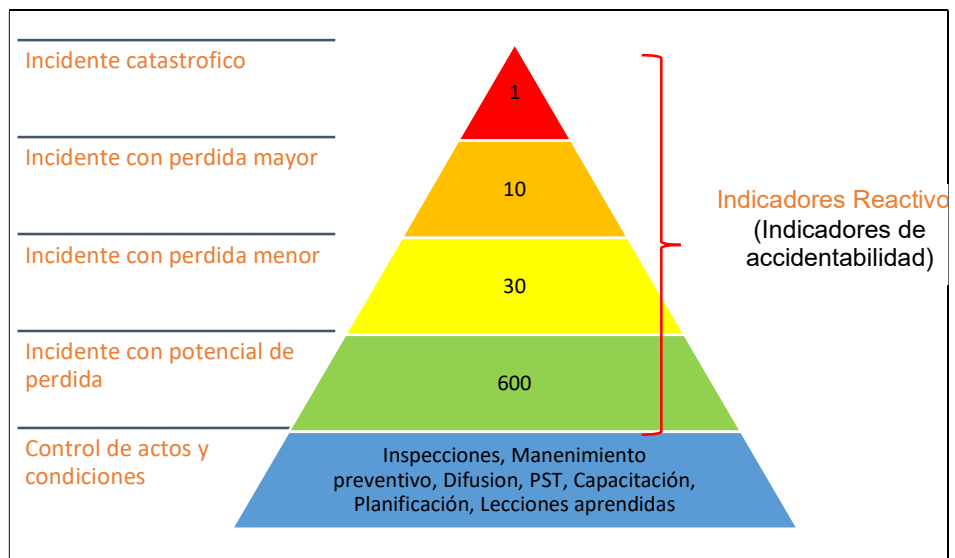


Figura 1.1 Pirámide de bird

Fuente: Vásquez, R. (2022) "La teoría de la causalidad de Frank Bird"

Libandro, Maribel (2018), "Evaluación y control de riesgos en la compañía minera huancapetí" la supervisión ejecuta los protocolos luego de producirse el evento se considera un método reactivo a los eventos. Las medidas correctivas en el sistema de gestión de seguridad no permiten mejorar ni reorientar la estrategia, con esta metodología no se evita la ocurrencia de incidentes y tampoco controla las situaciones de riesgo, con esa metodología no identifica las principales consecuencias de los posibles problemas como la organización, no existe seguimiento ni medidas preventivas.

2. Desbalance entre capacidades de carguío y acarreo afectados por factores como cambio de secuencia de minado, falla de equipo de carguío, traslados de equipo de carguío lo que ocasiona que los variables de control de cola del equipo de acarreo y espera del equipo de carguío impacten directamente en la producción.

Castillo José, (2014) **“Factor equivalente entre la flota de carguío y acarreo, y su aplicación en el área de dispatch en Minera Yanacocha”** La principal premisa del modelo es la homogeneidad de las flotas de camiones, es decir, todos los camiones son iguales en tamaño y velocidades teóricas de operación, además, se considera tiempos promedios fijos de operación y no considera la congestión o los vacíos en los ciclos para tener el balance entre flotas, por lo tanto, cuando no está balanceado el sistema por cambios en los ciclos genera congestión o por el contrario vacíos en los ciclos para mantener el equilibrio de factores.

3. Incremento de tiempo de cola en los equipos de acarreo por cambio de guardia, mostrado en la Figura 1.2, ocasiona un impacto en la producción por tener muchos equipos esperando a ser cargados sin producción y también están consumiendo combustible.

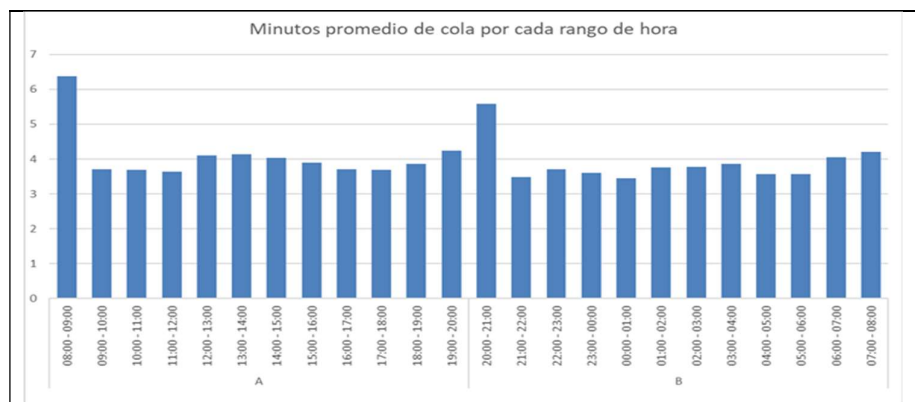


Figura 1.2 Minutos promedio de cola por hora
Fuente: Sistema de despacho Minera Yanacocha (2012) “Reporte de cola promedio por hora”

4. No se tiene definido cuánto impactan los cambios de frente de trabajo por la intención de mejorar productividad, frecuentemente si el supervisor de la guardia entrante encuentra al equipo de carguío con una baja productividad, recomienda inmediatamente cambiar el frente de minado con lo que genera una demora por traslado del equipo a un nuevo frente, postergando el frente con problemas y por no tener definido cual es el impacto esta actividad no es controlada.
5. No se tiene evaluado el impacto por evitar generar cola en el equipo de carguío cambiando el destino más alejado de los equipos de acarreo, esto sucede cuando existen muchos camiones asignados a destinos con distancias cortas lo que conlleva a generar cola en los equipos de acarreo y realizan el cambio para que los camiones descarguen en destinos más alejados.
6. La evaluación del balance y tiempos entre cola de camiones y espera de la pala por camiones está basado en valores relativos a los ciclos de producción y en ocasiones cambian de estrategia alargando los ciclos de acarreo, pero

finalmente genera un impacto en la productividad moviendo el mismo tonelaje en mayor tiempo.

7. No se tiene evaluado el impacto por no realizar seguimiento el sistema de alta precisión de los equipos, el sistema de despacho registra los puntos donde excavó en el polígono y requiere ser revisado constantemente por la supervisión para mantener el mayor porcentaje de cargas dentro del polígono.

1.2.1 Formulación del problema

¿De qué manera las variables de control impactan de forma negativa en la producción?

1.3 Objetivo

Desarrollar un indicador clave de desempeño integral de carguío y acarreo que reduzca los impactos negativos en la producción de minado

1.4 Antecedentes Investigativos

1.4.1 Antecedentes internacionales

Canellas Paula, (2020). “**Identificación de parámetros operacionales críticos en el rendimiento de camiones mediante redes bayesianas.**” La investigación identificó los parámetros que intervienen en el rendimiento de la flota, y con la

aplicación de redes bayesianas estima la relación de los parámetros operacionales críticos y en la que postula que las variables no son estrictamente independientes.

En la investigación refiere que las redes bayesianas se han aplicado en variados ámbitos y en otras industrias, pero no en una operación minera.

Primero definió parámetros operativos y un horizonte temporal para el análisis, luego seleccionó las variables del ciclo de acarreo y recolectó la información de la base de datos del sistema de despacho y basados en estudios clásicos de estadística descriptiva que determinó criterios de selección y la calidad de la información y que variables son las potencialmente críticos en el proceso de transporte, finalmente desarrolló las redes bayesianas mediante evaluación de algoritmos de aprendizaje.

Las potenciales soluciones se representan en grafos y las que no cumplen con las condiciones iniciales de la base de datos son excluidas. El tipo de grafo escogido es tipo Hill-Climbing y los arcos eliminados son aquellos que no represente el comportamiento esperado, tenga una baja correlación.

De acuerdo con la metodología descrita, la aplicación de redes bayesianas demostró que las variables que afectan al rendimiento son el tiempo de viaje (-0.77) y la distancias (-0.71) con correlaciones negativas altas.

En cuanto a las variables que afectan al rendimiento de manera directa como la velocidad (0.17) y el factor de carga (0.16), no tuvo resultado que se esperaba porque las correlaciones resultantes fueron bajas. Este modelo es el paso siguiente a los árboles de valores y concluyó que las variables influyentes son las más correlacionadas. Recomendó identificar la forma en que las variables se relacionan mediante estimaciones, y considerar el análisis de variables que no incluyó en este modelo y además parámetros que relacionen variables como el TPH y que no muestre una correlación.

Mohammadi Mousa, Gupta Suprakash, Rai Piyush (2015), "**Performance Measurement of Mining Equipment**". Esta publicación refiere al análisis del rendimiento del proceso productivo en minería.

Los minerales son una de las necesidades básicas porque son materia prima que son básicas para la fabricación de herramientas, máquinas y nos proporcionan

potencia y energía. La demanda cada vez mayor de minerales, debido a la rápida industrialización y la explosión demográfica, ha obligado a las minas de superficie y subterráneas a producir más. Como tal, una gran cantidad de equipos de excavación carga y transporte (BELT) basados en cucharones, como dragalinas, palas, volquetes, cargadores de descarga lateral (SDL), carga, acarreo y descarga (LHD) y descarga de perfil bajo. Se despliegan camiones (LPDT) para satisfacer la demanda. Con el despliegue de estos enormes equipos que requieren mucho capital, mejorar su eficacia y rendimiento generales es absolutamente importante para lograr un objetivo de alta producción y productividad. Como tal, implica una medición adecuada de la eficiencia del equipo.

En este sentido, varios indicadores como el tiempo de ciclo, el factor de llenado del balde, el factor de hinchamiento del material, la confiabilidad, la disponibilidad, la capacidad de mantenimiento, la utilización y la eficiencia de producción han sido evaluados con mayor frecuencia. La publicación tiene como objetivo revisar la literatura pertinente disponible en el tema y trata varios aspectos de la medición del rendimiento de los equipos BELT en la industria minera.

Giunta Marinella, Praticò Filippo (2017), **“Proposal of a Key Performance Indicator for Railway Track Based on LCC and RAMS Analyses”**

En la investigación propone un indicador de performance de las líneas ferroviarias y enumera los problemas en el sector del transporte refiriéndose a: (1) creciente demanda de tráfico y congestión; (2) aumentando demanda de suministro de energía; (3) efectos sobre el calentamiento global y el carbono huella; y (4) necesidad de un transporte equilibrado y sostenible y por un cambio modal hacia modos sostenibles.

En consecuencia, se espera que el sector ferroviario: (1) asuma una mayor proporción de la demanda de transporte en las próximas décadas; (2) para un mejor desempeño en términos de gestión (servicio, costos, interoperabilidad, capacidad, nuevos negocios, soluciones organizativas y logísticas, nuevas asociaciones y, finalmente, nuevas tecnologías); (3) para hacer frente los nuevos desafíos a través de tecnologías mejoradas, velocidades más altas y cargas por eje; y (4) para un mejor desempeño desde un punto de vista ambiental punto de vista (por ejemplo, reducción de ruido y huella de carbono).

Para el cumplimiento de los objetivos anteriormente señalados evaluó el rendimiento del ferrocarril, no solo planteó los componentes materiales, tecnologías y soluciones de avanzada, también con métodos más comprensivos. El desempeño del ferrocarril depende del desempeño de sus componentes principales: material rodante, operaciones, gestión del tráfico, e infraestructura.

La definición de un KPI para la infraestructura, y particularmente para la vía, tiene que considerar sinérgicamente la complejidad de los diferentes enfoques y metodologías, tales como confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS), y costeo del ciclo de vida (LCC).

RAMS y LCC son cruciales para los ferrocarriles: RAMS se centra en rendimiento vital y tecnicismos, mientras que LCC aborda el ciclo de vida visión. A pesar de esto, existen relaciones limitadas entre RAMS y LCC y, en consecuencia, se requiere un marco sinérgico.

Los principales objetivos del estudio que propuso en este trabajo, donde configuró y validó una metodología para analizar diferentes soluciones de vía definiendo un KPI que tenga en cuenta tanto LCC como RAMS. Para ello, cada componente del KPI fue dirigido adecuadamente.

En el análisis RAMS, planteó un nuevo método para evaluar los parámetros RAMS y definió un indicador general de los componentes RAMS. Además, configuró un modelo basado en LCC para evaluar los costes totales de las soluciones de la competencia (por ejemplo, vía férrea tradicional y vía en placa). consideró costes tangibles e intangibles y una solución para resolver los problemas de la fluctuación de costos de CO2 y se estableció la cuantificación de costes externos. RAMS y LCC son finalmente unificados en el KPI.

1.4.2 Antecedentes nacionales

Castillo José (2014), **“Factor equivalente entre la flota de carguío y acarreo, y su aplicación en el área de dispatch en Minera Yanacocha”**

La investigación refiere la complejidad de equilibrar el dimensionamiento productivo entre la flota de carguío y la flota de acarreo, donde intervienen las distintas variables tales como las especificaciones técnicas (dimensiones, capacidades, performance, consumos, disponibilidad y confiabilidad) y económicas e incluso la compatibilidad del equipo con otros equipos.

El factor de productividad considera el ciclo de cada flota exceptuando las actividades que genera una pérdida de tiempo en el ciclo, para el ciclo de acarreo la cola (en el equipo de carguío) se define como una actividad que genera pérdida de tiempo, y en el ciclo de carguío la espera (tiempo de espera por equipo de acarreo) se define como una actividad que genera pérdida de tiempo.

La diferencia del factor de productividad genera un impacto a las actividades del factor que resulta mayor, por ejemplo, si el factor de productividad es mayor en los equipos de acarreo la actividad principalmente afectada será la cola, por el contrario, si el factor de productividad es mayor en los equipos de carguío ocasiona una falta de camiones en el ciclo de los equipos de carguío e impacta en la actividad de espera de equipo de acarreo, como se muestra en la Figura 1.3

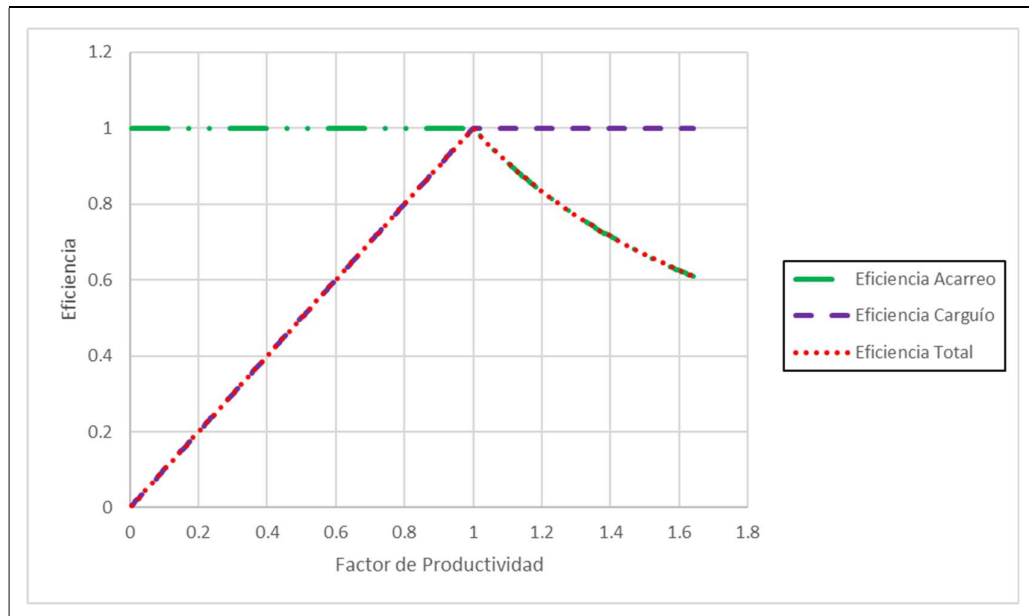


Figura 1.3 Factor de Productividad

Fuente: Instituto tecnológico geominero de España (1991), Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto

Se desarrollan diversos controles de seguimiento horario de las capacidades para mantener el balance entre estos dos factores

Cordova, Fredy (2018) “**Determinación de los kpi’s de la flota de camiones para la optimización del acarreo de lastre en la Mina Pierina 2017**” La tesis propone optimizar y gestionar el acarreo de material rocoso de la cantera América, donde inicialmente se registró los datos de tiempos de los ciclos de acarreo en campo de la flota inicial de 3 cargadores y 11 camiones, para procesar la información y analizar sus indicadores clave de desempeño. Se determinó el índice de acoplamiento que resultó 1 para la flota de 2 cargadores y 18 camiones lo que determinó la relación ideal entre cargadores y camiones. Para la nueva flota se registró los datos de los ciclos de acarreo en campo y se determinó los indicadores claves de desempeño con los cuales se gestiona óptimamente la flota de acarreo en la cantera.

El resultado de este trabajo de investigación se realizó mediante el alcance descriptivo, el enfoque cuantitativo y el diseño de la investigación fue aplicativo y

longitudinal. El análisis de determinación de capacidad de las flotas se basó en la metodología de factor de producción y costo por tonelada como se muestra en la Figura 1.4 a continuación:

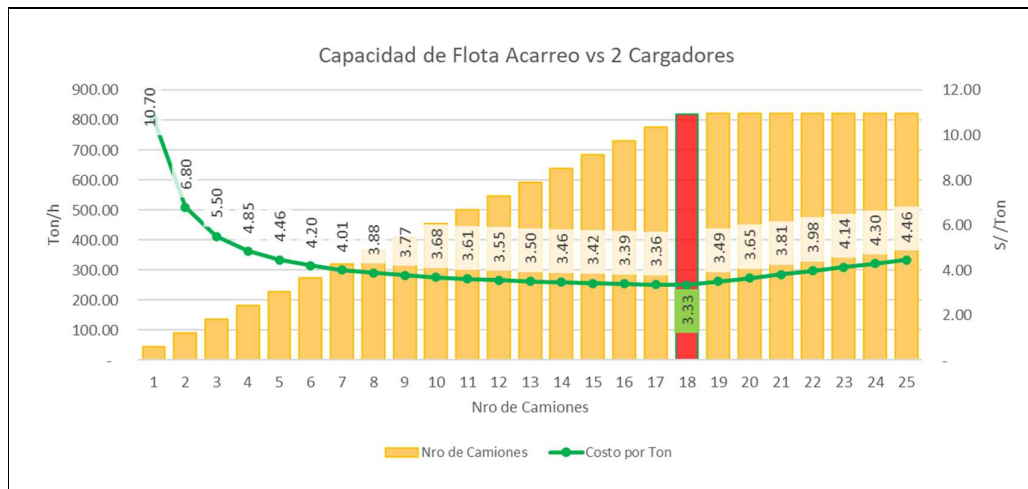


Figura 1.4 Grafica de producción bajo mínimo costo

Fuente Cordova Fredy (2018), “**Determinación de los kpi’s de la flota de camiones para la optimización del acarreo de lastre en la mina pierina 2017**”

Los trabajos de acarreo en la cantera se realizaban sin análisis previo y por experiencia de la supervisión y por lo general se tercerizaba este trabajo y de forma frecuente estaba desabastecido del material rocoso fragmentado.

La mina Pierina pertenece a Minera Barrick Misquichilca, empresa que extrae oro y plata a nivel mundial. Esta unidad en la actualidad está en la etapa de cierre progresivo y requiere de un abastecimiento constante de material rocoso que es extraído de la cantera con la que cuenta en sus instalaciones.

Pizarro Yury (2019), “**Carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño en CIA Minera Los Quenuales S.A. Yauliyacu, lima -2018.**”

En una unidad producen con dos métodos de minado mecanizado y convencional, el objetivo de la investigación es la mejora de los métodos de trabajos, debido a que no

está definido un control de producción que permita realizar seguimiento del trabajo con la finalidad de que todas las actividades mineras optimicen los costos.

se realizó un análisis de productividad a los equipos de carguío (Scoop Tram 4.2 yd³ y Scoop Tram 6 yd³) respectivamente pertenecientes a la unidad minera, a sí mismo se analizaron a los equipos de acarreo (DUMPER- EJC-417) cuya función es de transporte de mineral. En esta investigación se diseñó y se calibró los KPIs de los equipos mencionados en la lista a continuación: disponibilidad mecánica, utilización efectiva y rendimientos. adicionalmente se identificaron las causas y sub-causas que afectan a la productividad, los cuales se analizarán haciendo uso de diagramas de Pareto y diagramas de Ishikawa para proponer soluciones que aporten a la toma de decisiones a causa de los problemas recurrentes en las demoras operativas y la baja utilización de los equipos. Del mismo modo, se cuantificó la producción diaria de acuerdo con el incremento en la capacidad de procesamiento de la planta concentradora.

El presente trabajo de investigación recomienda la implementación de una nueva metodología para la reducción de costos en las operaciones básicas de carguío y acarreo de mineral con un incremento sustancial del nivel de producción para el beneficio de la empresa minera. La metodología que se usó para la demostración de la hipótesis fue descriptiva con la evaluación de los indicadores y las causas que generaban un elevado índice cuantitativo, con ello se tomaron las decisiones pertinentes en las operaciones de minado con el objetivo de buscar, optimizar y colocar el negocio de las explotaciones mineras en un nivel rentable de producción.

finalmente se proponen la solución para la reducción de los costos dentro de la secuencia de minado y obtener una mayor productividad en la unidad minera.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Bases Teóricas

Categorías de Estados para equipos e indicadores de productividad

Minera Yanacocha SRL,(2011) “Feet Management Standard”

La correcta asignación de los estados es de vital importancia para el proceso productivo, permite controlar los indicadores de desempeño individuales optimizando los tiempos y desviaciones del proceso para tomar acción inmediata siempre y cuando se desarrolle un análisis de las categorías y para mejorar un proceso se debe captar la información de campo estructurado de acuerdo a las actividades críticas del equipo, y para lograrlo se deberá categorizar los tiempos y así tener control del proceso y mejorar la evaluación de cada responsable (

Tabla 2.1):

Tabla 2.1 Categoría de estados para equipos

Horas totales del Equipo						
Mantenimiento		Horas disponibles				Fuera de Plan (Equipos fuera del plan de Minado)
Programado	NoProgramado	Operativo	No Operativas			
Inspecciones y PM	Reparaciones		Proyecto	Demoras	Esperas	
	Mantenimiento			Operador	Operador	
	Operaciones			Proceso	Proceso	
				Clima	Clima	

Fuente: Minera Yanacocha SRL,(2011) “Feet Management Standard”

Variables de control

Ciclo de Acarreo

En el ciclo de acarreo se define 6 actividades productivas y 2 actividades de pérdida de tiempo y que cada una de ellas registrará un tiempo y que afectará al ciclo del equipo, para que esto sea controlable el sistema de despacho registra de manera automática y para cada una tiene un criterio basado a las señales del equipo y posición GPS instalado en el equipo.

Acarreo

Esperando

Es el tiempo en que el camión se encuentra en cola en el equipo de carguío

Cuadrando

Es el tiempo en que el camión se encuentra cuadrándose en el equipo de carguío

Cargando

Es el tiempo en que el equipo de carguío carga con material al camión

Acarreando

Es el tiempo que demora en transportar el material a la zona de descarga ya sea mineral o desmonte

En Cola

Es el tiempo en que el camión se encuentra en cola en la descarga

Retrocediendo

Es el tiempo en que el camión demora en cuadrarse en la zona de descarga

Descargando

Es el tiempo en que el camión descarga el material

Viajando Vacío

Es el tiempo que toma el camión hacia un equipo de carguío

Ciclo de Carguío

En el ciclo de acarreo se define 3 actividades productivas y 1 actividad de pérdida de tiempo y que cada una de ellas registrará un tiempo y que afectará al ciclo del equipo, para que esto sea controlable el sistema de despacho registra de manera automática y para cada una tiene un criterio basado a las señales del equipo como el traslado, los movimientos por pase, pesómetro del camión para primer cucharón y posición GPS instalado en el equipo.

Carguío

Cargando

Es el tiempo en que el equipo de carguío carga con material al camión

Cuadrando

Es el tiempo que demora el equipo de carguío en iniciar el cargado del camión siempre y cuando ya tenga un camión esperando a ser cargado (el camión debe estar en posición de cargado)

Esperando

Es el tiempo de espera del equipo de carguío por un camión (no tiene camiones en cola ni camiones cuadrados)

Estadística Descriptiva, inferencial, Histograma, Medidas de limite central

Bernstein Stephen, Bernstein Ruth (1999)“**Schaum's Outline of Elements of Statistics I: Descriptive Statistics and Probability**”

Estadística. Está relacionado con la necesidad de recoger, analizar, interpretar y presentar datos. La estadística es una ciencia con nombre propio que deriva de la matemática para lograr los objetivos anteriormente señalados.

Estadística descriptiva hace referencia a un grupo de métodos que permite describir como su propio nombre lo indica, un conjunto de datos de forma reducida y ordenada.

Estadística inferencial es la que permite llegar a conclusiones de un conjunto de datos más grande, observando una porción de ellos conocido como muestra.

Medidas del límite central es el cálculo de medidas descriptivas a partir de los datos: valores numéricos que resume las características de los datos, típicamente con un solo número. Se refiere a la medida que describe el límite central, el valor promedio y la ubicación, y luego complementaremos con la medida que describe la dispersión (la dispersión de los datos en una distribución). se introducen otras medidas descriptivas a medida que se necesitan a lo largo de la investigación.

las medidas estáticas descriptivas tienen dos funciones: proporcionan una imagen mental de una distribución de datos a alguien con formación estadística, y es un componente esencial de la estadística inferencial, la base tanto de la estimación como de la prueba de hipótesis. tienen esta función en las estadísticas inferenciales porque la mayoría de las medidas descriptivas de muestras se han desarrollado como estimaciones de medidas de población comparables. la medida de la muestra se llama estadística y la medida de la población que está estimando se llama parámetro.

para introducir las medidas descriptivas, examinemos algunas de las características de la curva de frecuencia unimodal simétrica Figura 2.1 en esta curva, las frecuencias más altas se encuentran cerca de la mitad de la distancia de x_s a x_l . este agrupamiento de las medidas cerca del centro de una distribución, típico de muchos tipos de datos, se denomina límite central, y las medidas estadísticas que describen el aspecto del "centro" de una distribución se denominan medidas de límite central

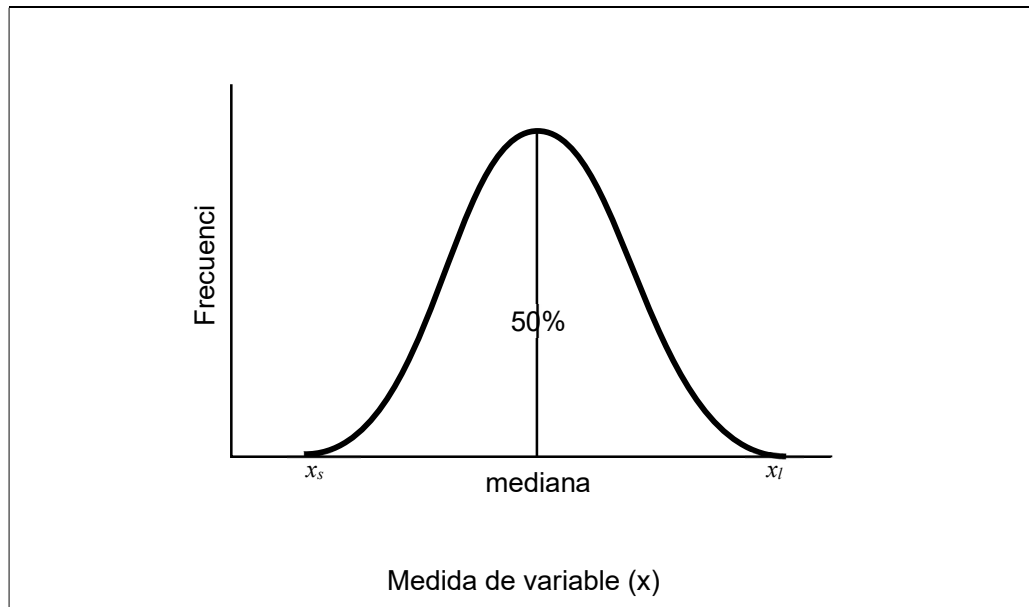


Figura 2.1 Medida del límite central

Fuente: Bernstein Stephen, Bernstein Ruth (1999) **“Schaum's Outline of Elements of Statistics I: Descriptive Statistics and Probability”**

METODOLOGÍA SIX SIGMA

Simco International, (2010), **“Lean Six Sigma”** la metodología se desarrolló debido a que las compañías requieren una visión rigurosa y disciplinada con el fin de mejorar sus productos y servicios basándose en las expectativas y requerimientos de cada uno de los procesos, en resumen, una visión “externa hacia el interior”.

El proceso se define como una serie de actividades o acciones específicas repetitivas y sistemáticas donde los aportes de los proveedores (del mismo sistema o un proveedor externo) se transforman y agregar valor para ser entregados a los clientes (interno/externo).

El objetivo de la metodología Lean Six Sigma es entender la relación entre las distintas variables de entrada y la variable dependiente, para poder alinear y ajustar el comportamiento de la variable dependiente se debe analizar el comportamiento de las variables de entrada y que parte de las acciones del proceso afecta al resultado final.

La variación existe y en la Figura 2.2 se muestra como ejemplo grafico la variabilidad del control de calidad y el impacto en el resultado final

- Todas las actividades repetitivas de un proceso tienen una cierta cantidad de fluctuación o variación
- En la metodología la variación se denomina como la “Voz del proceso”
- Cuando se representa gráficamente, la variación del proceso se vuelve visible con el paso del tiempo
- Las medidas de los aportes, procesos y resultados tendrán una variación
- No entender la variación en una actividad resulta en costos adicionales

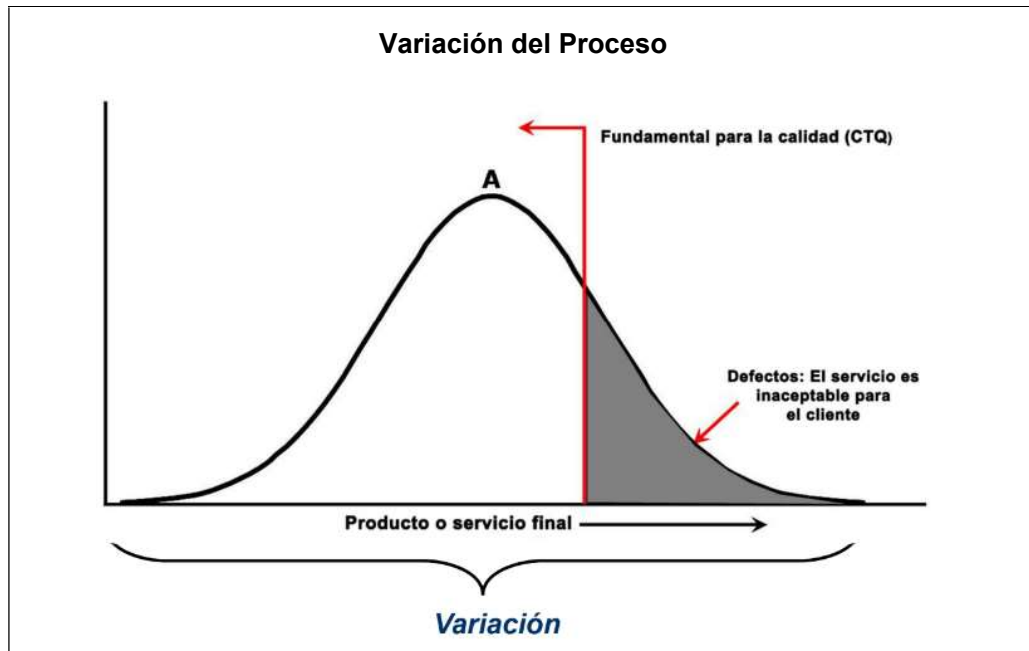


Figura 2.2 Variación del Proceso

Fuente: Simco International, (2010), “Lean Six Sigma”

GESTIÓN DEL PROCESO

Maneja procesos de una forma mucho más efectiva gracias a la recolección, muestra y evaluación de los datos del proceso.

Los datos son importantes ya que alimentan las formas de abordar las distintas soluciones de problemas, específicamente la habilidad de ejecutar proyectos Lean Six Sigma.

FACTOR DE PRODUCTIVIDAD

Castillo José (2014), “**Factor equivalente entre la flota de carguío y acarreo, y su aplicación en el área de dispatch en Minera Yanacocha**” El término “factor de Productividad” (FP) se define como la relación de productividad asociada a un conjunto de camiones y la productividad del cargador.

El principal supuesto del modelo es la homogeneidad de las flotas de camiones, es decir, todos los camiones son iguales en tamaño y velocidades teóricas de operación, además, se asume tiempos promedios fijos de operación que no permiten considerar los efectos de la congestión que se podría producir en cada una de las etapas del ciclo de transporte. Por lo tanto, el modelo no incluye tiempos de espera en colas, está dado por la que se muestra en la Ecuación 2.1 a continuación:

$$FP = \frac{(\text{Numero de Camiones}) \times \text{Ciclo de Carguío}}{\text{Ciclo de Acarreo}}$$

Ecuación 2.1 Factor de productividad

Fuente: Castillo José (2014), “**Factor equivalente entre la flota de carguío y acarreo, y su aplicación en el área de dispatch en Minera Yanacocha**”

El factor de productividad combina las eficiencias relativas de las flotas de camiones y palas para crear una eficiencia óptima para el total de la flota. En base a este concepto la eficiencia de las unidades del sistema tiene tres resultados posibles para el indicador FP:

- Sobredimensionamiento de las unidades de carga o palas ($FP < 1$), implicando el máximo de utilización de los vehículos de transporte, pero una subutilización de las unidades de carga (aumento del valor de HANG, espera del equipo de carguío).
- Sobredimensionamiento de la flota de camiones ($FP > 1$), implica máxima utilización de las unidades de carguío, pero una subutilización de la flota de vehículos. Los tiempos de espera (congestión) serán crecientes en relación al tamaño de la flota (aumento del valor de QUEUE, espera de los camiones).
- Equivalencia ($FP = 1$), corresponde a la equivalencia perfecta en términos de productividad entre ambos conjuntos de unidades. Los equipos de carguío pueden servir tan rápido como llegan los camiones.

INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO

Parmenter, David (2015) **"Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs"**

En las empresas se trabaja con el monitoreo de medidas de las cuales se denominan incorrectamente como KPI. No es correcto considerar que todas las medidas de desempeño son KPI. El libro hace referencia que durante los últimos 25 años de investigación llegó a la conclusión de que hay cuatro tipos de medidas de rendimiento y se dividen en dos grupos: indicador de resultado e indicador de desempeño.

El término *indicador de resultado (IR)* se utiliza para reflejar el proceso de las medidas que son la suma de las aportaciones de más de un equipo. Estas medidas son útiles para observar el trabajo en equipo combinado, pero desafortunadamente, no aporta a solucionar el problema, y es difícil identificar qué equipos fueron responsables del desempeño o la falta de desempeño.

El *indicador de desempeño (PI)*, por otro lado, son medidas que se pueden vincular a un equipo o grupo de equipos que trabajan en estrecha colaboración para un propósito común. El buen o mal desempeño ahora es responsabilidad de un equipo. Estas medidas dan así claridad y propiedad

Con estas dos medidas usamos la palabra adicional "clave". Por lo tanto, ahora tenemos dos medidas para cada tipo de medida:

1. Los indicadores clave de resultados (KRI) brindan a la junta un resumen general del desempeño de la organización.
2. Los IRs muestra a la gerencia cómo se combinan los equipos para producir resultados.
3. Los PIs muestra a la gerencia qué están entregando los equipos.
4. Los KPIs muestra a la gerencia cómo se está desempeñando la organización en sus factores críticos de éxito y, al monitorearlos, la gerencia puede aumentar el rendimiento de manera espectacular.

SIMULACIÓN MONTECARLO

Sobol I. M (1983), Editorial MIR “**Método Montecarlo**”

El método de Montecarlo es un método numérico que permite resolver problemas matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias.

Orígenes del método de Montecarlo

Se considera como fecha de nacimiento del método de Montecarlo el año 1949 en el que apareció el artículo titulado «The Monte Carlo method». La creación de este método suele asociarlo a los nombres de los matemáticos norteamericanos Neumann J. Von y Ulam S. En la Unión Soviética quienes publicaron los primeros artículos dedicados al método de Montecarlo entre 1955 y 1956.

La base teórica del método era bien conocida mucho tiempo antes. Es más, algunos problemas de la Estadística se resolvían empleando las muestras aleatorias, que significa, se aplica el método de Montecarlo.

Sin embargo, hasta la aparición de las máquinas calculadoras electrónicas (MCE), este método no encontraba aplicaciones suficientemente amplias, porque la simulación a mano de variables aleatorias constituye un proceso muy laborioso. Es decir, la aparición del método de Montecarlo en tanto que un método numérico de gran universalidad se hizo posible sólo gracias a la creación de las MCE.

La lógica principal detrás de este método es que los resultados se computan en base a un muestreo aleatorio y análisis estadístico repetido. La simulación de Montecarlo es de hecho experimentaciones aleatorias, en el caso de que los resultados de estos experimentos no sean bien conocidos. Las simulaciones de Montecarlo se caracterizan típicamente por una gran cantidad de parámetros desconocidos, muchos de los cuales son difíciles de obtener experimentalmente. Los métodos de simulación de Montecarlo no siempre requieren números verdaderamente aleatorios para ser útiles (aunque para algunas aplicaciones, como la prueba de primalidad, la imprevisibilidad es vital). Muchas de las técnicas más útiles son calculadas en secuencia determinista, pseudoaleatoria, porque facilita probar y volver a ejecutar simulaciones. La única cualidad generalmente necesaria para realizar buenas simulaciones es que la secuencia pseudoaleatoria sea "suficientemente aleatoria" en

el contexto técnico. Esto significa depende de la aplicación, pero normalmente deberían pasar una serie de pruebas estadísticas. Probar que los números estén distribuidos de manera uniforme o que sigan otra distribución deseada cuando se considera una cantidad lo suficientemente grande de elementos de la secuencia es uno de los más simples y comunes. Las correlaciones débiles entre muestras sucesivas también son necesarias

La simulación de Montecarlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen las computadoras para generar números Pseudo aleatorios y automatizar cálculos.

La simulación de Montecarlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y las computadoras para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (por lo general, cuando se trata de sistemas cuyo estado va cambiando con el paso del tiempo, se recurre bien a la simulación de eventos discretos o bien a la simulación de sistemas continuos).

La clave de la simulación Montecarlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema.

Una vez identificados los inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento que consiste en:

1. Generar números aleatorios (automáticamente o por medio de métodos generadores de los mismos)
2. Analizar el comportamiento del sistema ante los valores

El método de Montecarlo es en realidad una clase de métodos que comparten el siguiente conjunto de características:

Definen un dominio de entradas posibles.

Generan entradas aleatoriamente en el dominio definido.

Realizan cálculos determinísticos usando las entradas generadas.

Consolidan los resultados de los cálculos individuales en el resultado final.

2.2 Marco Conceptual

Banco

Es el nivel o sección que se divide el minado a cielo abierto para estandarizar y estabilizar el trabajo de los equipos de servicios, perforación, voladura, carguío y acarreo.

Balance.

Análisis comparativo de dos procesos productivos relacionados, o de los factores que intervienen en un proceso, para tratar de prever su evolución.

Cargando

Es la actividad del equipo carguío de flota mayor tales como cargadores, excavadoras y palas que realizan la remoción del material volado o suelto y es cargado hacia el camión o volquete

Cola

Es el tiempo en que el equipo de acarreo se encuentra en espera frente al equipo de carguío o área de descarga para que se libere el lugar para proceder a cuadrarse y ser cargado o descargado.

Control

Indicador del sistema de despacho para comprobación, inspección, fiscalización, intervención del proceso productivo.

Despacho

Es el área que se encarga de controlar, administrar y evaluar las flotas encargadas de la producción de operaciones mina.

Impacto

Efecto positivo o negativo generados en los indicadores de gestión por una acción dentro de la línea productiva

Ponderado

Resultado de multiplicar cada uno de los elementos de un conjunto por un valor particular llamado peso, sumar las cantidades así obtenidas, y dividir esa suma por la suma de todos los pesos.

Sensibilidad

Efecto que genera la modificación de una variable y afecte en determinada magnitud a un resultado, la comparación entre variables se define como análisis de sensibilidad.

CAPITULO III HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1 Hipótesis

Un adecuado indicador de desempeño de carguío y acarreo reducirá el impacto negativo en producción de minado

3.2 Operacionalización de variables

Variable Independiente = indicador de desempeño de carguío y acarreo

Variable dependiente = producción de minado

CAPITULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y Diseño de la Investigación

La presente investigación es bajo un enfoque cuantitativo porque la percepción de la realidad es objetiva y se contrasta contra el planteamiento de la hipótesis con la finalidad de comprobación de datos en base a la formulación de un modelo del proceso y simulando escenarios ajustado a las distribuciones de las variables de control con base estadística histórica de una línea de tiempo temporal que considere los escenarios cíclicos del proceso incluyendo las estacionales. El análisis de las características epistemológicas mostrado en la Tabla 4.1 concluye que el enfoque es cuantitativo.

Características	Investigación cualitativa	Investigación cuantitativa
Percepción de la realidad	Subjetiva. Incluyente	Objetiva. Excluyente
Razonamiento	Inductivo Genera hipótesis	Deductivo Contrasta hipótesis
Finalidad	Exploración	Comprobación
Orientada	Al proceso	Al resultado
Principio de verdad	Holística Dinámica (provisoria) Se construye Centrada en diferencias	Particulariza Estable (permanente) Predetermina Centrada en similitudes
Perspectiva del investigador	Desde dentro (próximo a los datos)	Desde afuera (al margen de los datos).
Causalidad	Interacción de factores	Antecedentes específico

Tabla 4.1 Características epistemológicas de la investigación cualitativa y cuantitativa
Fuente: Icart Teresa, Fuenteisaz Carmen, Pulpón Anna (2000) "Elaboración y presentación de un Proyecto de Investigación y una tesina"

4.2 Unidad de Análisis

En Minera Yanacocha es explotación de minería superficial siendo el proceso de Carguío y Acarreo es el núcleo del proceso productivo de operaciones mina con variables sensibles en base a las condiciones operativas después de perforación y voladura, y representa aproximadamente el 40% de los costos totales en la producción de la mina.

En el área de operaciones mina se diseñan procesos productivos con los más altos estándares de seguridad productividad y calidad para lo cual no es adecuado solo realizar el control y monitoreo continuo sino también tener la capacidad de adaptarse a los cambios de manera inmediata e integrar y formular nuevas opciones basadas en las prioridades del proceso.

El sistema de despacho está implementado en el área de Despacho y pertenece a la administración de Operaciones mina, este sistema está continuamente actualizado con la información del plan de minado por cada área que integra la gerencia de Mina para que el sistema refleje la información real de campo y estar alineado al plan de minado, las áreas que intervienen están representado como esquema en la Figura 4.1 a continuación:

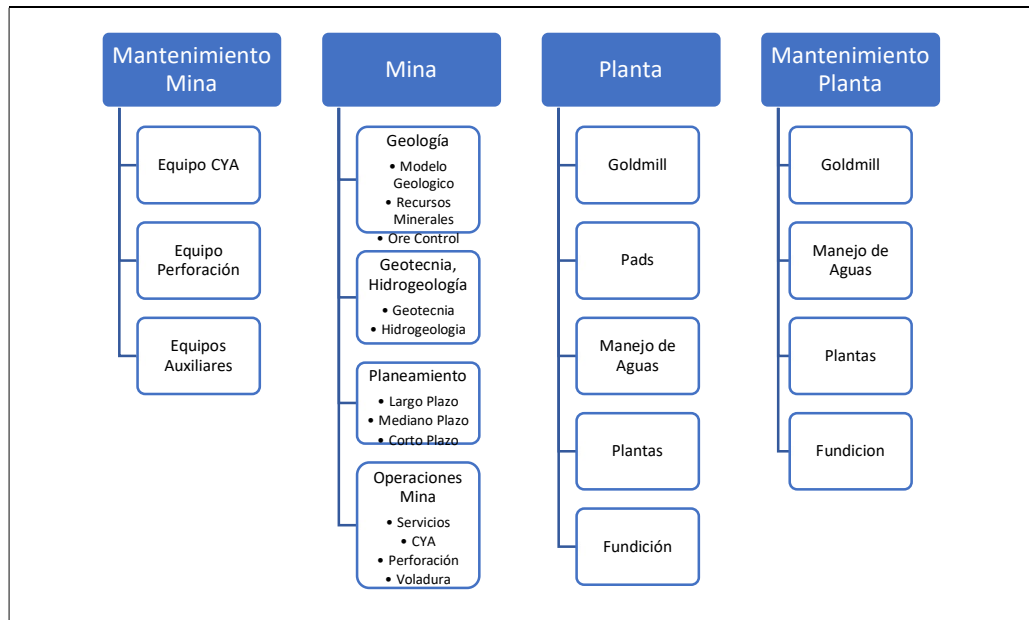


Figura 4.1 Esquema del Areas
Fuente: Minera Yanacocha SRL,(2011) "Feet Management Standard"

Las flotas que operan en el área de Carguío y acarreo son las siguientes:

Los equipos de carguío comprenden con las siguientes flotas:

Pala Hitachi 55000

Excavadora Hitachi 2500

Cargador Frontal 994 A, D y F

Cargador Frontal 992GLH

Los equipos de acarreo comprenden con las siguientes flotas:

Camión CAT 793 B/C/D/F

Camión CAT 785 C

Camión CAT 777D

La información que registra el sistema de despacho consiste en los ciclos de producción que se indica a continuación:

Para la flota de carguío mostrado en la Figura 4.2

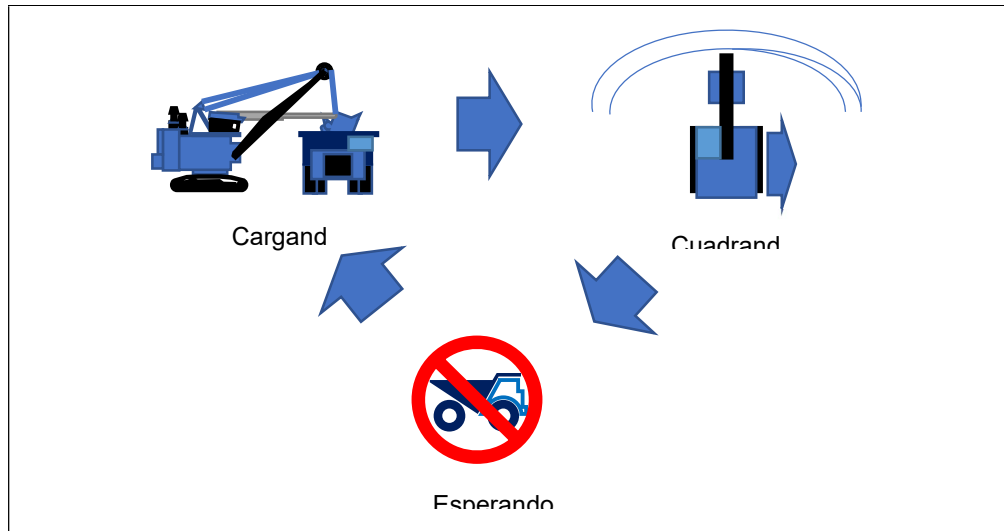


Figura 4.2 Ciclo de Carguío

Fuente: Minera Yanacocha SRL,(2011) "Feet Management Standard"

Para la flota de acarreo mostrado en la Figura 4.3

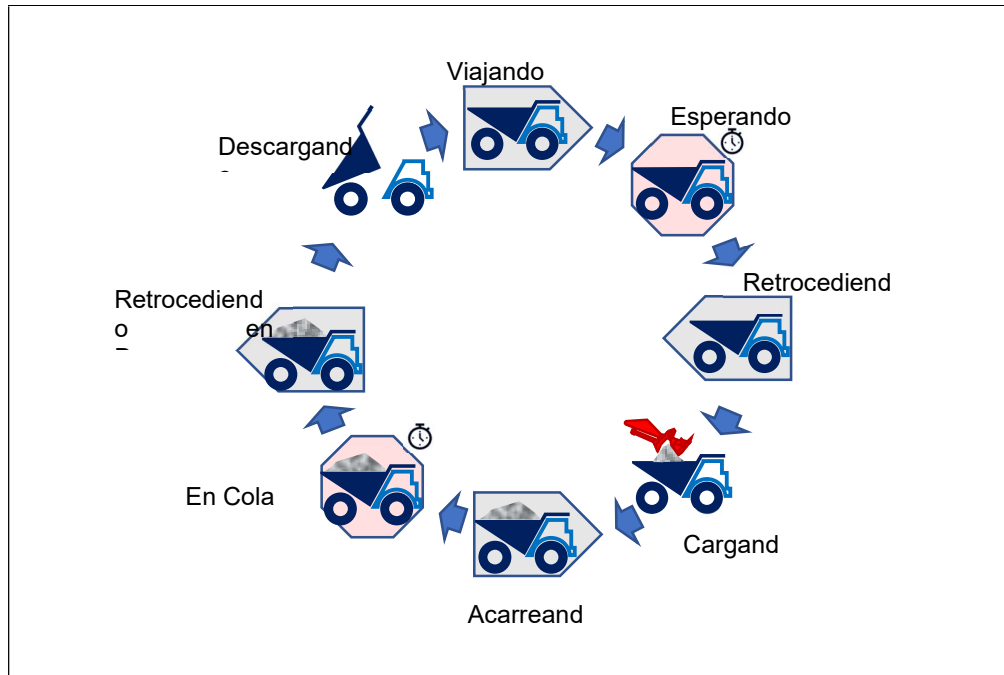


Figura 4.3 Ciclo de Acarreo

Fuente: Minera Yanacocha SRL,(2011) "Feet Management Standard"

La interfase de comunicación del sistema de despacho

Hardware

Tres servidores con configuración de réplica de información en tiempo real

Un servidor de reportes generales para la operación

Interfase de fibra óptica

Cobertura WAP móvil de dos frecuencias 5Ghz y 2.4Ghz en las diferentes frentes de carguío y descargas para mantener estable la cobertura de señal inalámbrica de acuerdo con la planificación del minado

Cada equipo tiene una interfaz de hardware conectado al sistema de gestión de información vital y permite el registro de las métricas, por ejemplo, velocidad, activación de shift D, N o R, nivel de cambio, activación de levantamiento de tolva, posicionamiento GPS, presión de suspensión, activación de freno de parqueo, botón de emergencia, rpm del motor, y si el criterio cumple con la configuración la interfaz activa de forma automática la actividad.

Software

Sistema de despacho “JMineops Leyca”

Sistema de reportes de Operaciones Mina – “SQL-Cubos” (MORS siglas en ingles)

Sistema de reportes en tiempo real en “Crystal Xcelsius” desarrollado por Symbiosis

Base de datos de Código Abierto “PostgreSQL”

4.3 Matriz de consistencia

Análisis de variables de control para desarrollar un indicador de desempeño de carguío y acarreo que reduzca el impacto negativo en la producción de minado.

Tabla 4.2 Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE		
¿De qué manera las variables de control del sistema de despacho impactan negativamente en la producción?	Desarrollar un indicador clave de desempeño que reduzca los impactos negativos en la producción	Un adecuado indicador clave de desempeño de carguío y acarreo reducirá el impacto negativo en producción de minado	Producción de minado	Indicador de desempeño de carguío y acarreo	<ul style="list-style-type: none"> • Balance C&A • Tiempo de carga • Traslado de Palas • Cola de camiones • Espera de pala • Alta Precisión • Distancias de transporte • Velocidades de camiones • Porcentaje de tiempos de viajes cargados y vacíos • Usage 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo sistemático de la variable de control de la Base de datos del sistema de despacho • Sistema de clasificación de accidentes en la operación

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

5.1 Recolección de datos

5.1.1 Recolección de información de Alta precisión de minado

Registro de la alta precisión en el sistema de despacho, el sistema muestra en la pantalla del operador la Figura 5.1 a continuación:

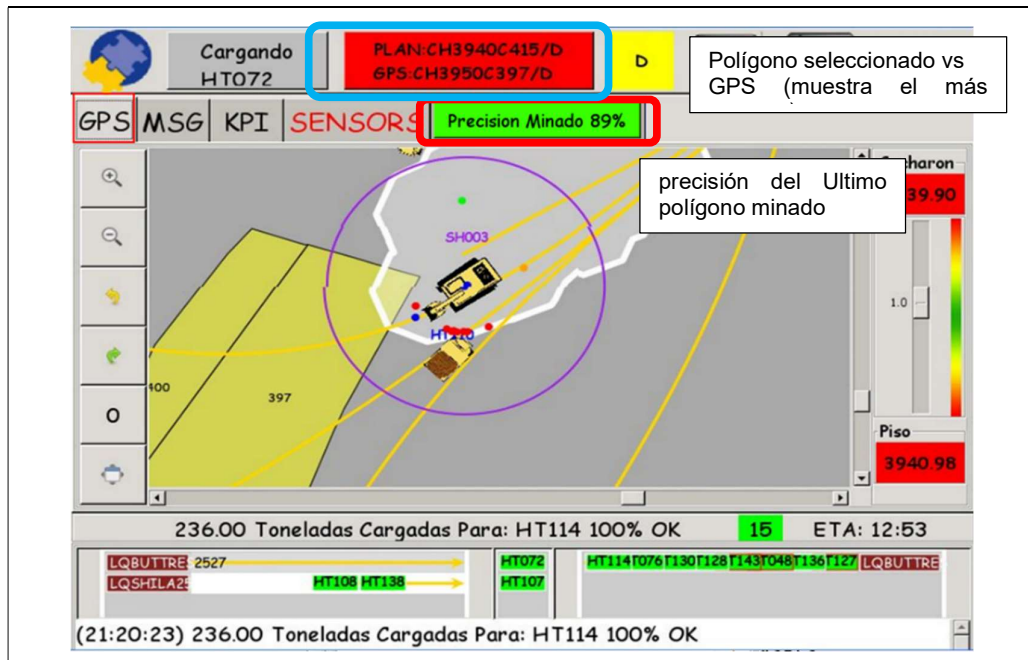


Figura 5.1 Pantalla del Operador de Pala
Fuente: Elaboración Propia, Captura de pantalla

Control de nivel de piso en el sistema de despacho, en la pantalla del operador de pala se muestra el nivel de piso actual y está ubicado al margen derecho de la pantalla como se muestra en la Figura 5.2 a continuación:

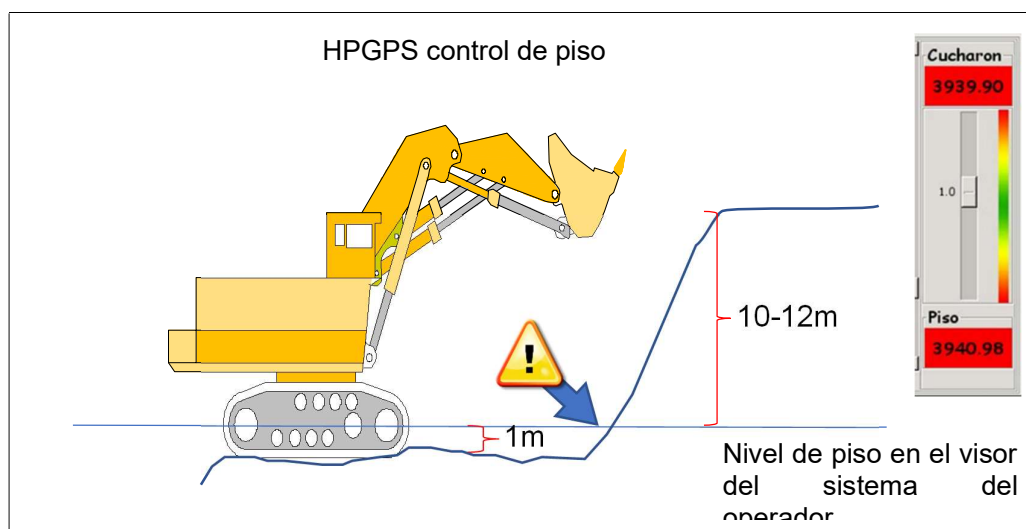


Figura 5.2 Control de nivel de piso de la pala

Fuente: Elaboración Propia

La información es por cada polígono (GT Poly) la información se recolectó del sistema de despacho en el Anexo 10.1 y se hizo la reconciliación con el levantamiento topográfico dando el resultado siguiente de precisión mostrado en la Tabla 5.1 a continuación:

Tabla 5.1 Reconciliación de la alta precisión de la pala

Chaquicocha	Desmante			
	Minado	Total Polys	Intersección	Variación
Correcto	26,791	1	25,580	1,211
Sobreminado	122,520	5	95,365	27,154
Socavada	148	1	2,528	-2,381
Dentro del GT Poly no mi	0	8	16,001	-16,001
Fuera del poligono	0	112	0	0
Variación Total				
Toneladas incorrectas de Desmante				28,365
% Incorrecto al Desmante				18.98%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.2 se muestra solo la variación en toneladas por precisión de minado:

Tabla 5.2 Resumen por variación de la precisión de minado

Chaquicocha	Desmante	Pad	Stock	Total	Total
	Variación	Variación	Variación	Toneladas	%
Correcto	1,211	912	-1,627	3,750	0.5%
Sobreminado	27,154	52,674	9,791	89,620	12.8%
Socavada	-2,381	-23,135	-3,721	29,236	4.2%
Dentro del GT Poly no minado	-16,001	-16,191	-2,509	34,701	5.0%
Fuera del poligono	0	475	0	475	0.1%
Variacion Total				93,845	
Total Minado				698,556	
% Toneladas minadas correctame	81.0%	86.5%	92.3%		86.6%
Total por GT Poly				671,903	96.2%

Fuente: Elaboración propia

El sistema de despacho hace el comparativo entre GT Poly y el punto GPS del cucharón de porcentaje de tonelaje minado correctamente será parte del KPI del modelo matemático estocástico y está determinada por la Ecuación 5.1 que se muestra a continuación:

$$HPGPS = \left(\frac{\text{Numero cargas mal clasificadas}}{\text{Numero total de cargas}} \right) \text{ Ecuación 5.1}$$

La información fue recolectada como se muestra en el Anexo 10.1 a continuación:

Anexo 10.1 Alta precisión de polígonos

Minado	% Precisión Sistema HPGPS	Tonelaje Minado	Tonelaje Reconciliación Geología
Correcto	4.52%	26,791	25,580
Sobreminado	22.16%	122,520	95,365
Socavada		148	2,528
GT Poly no minado		0	16,001
Fuera del poligono	0.00%	0	0

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Recolección de información del sistema de despacho

- a. Con el Anexo 10.2 se recolectó datos de disponibilidad mecánica de la flota de carguío

Anexo 10.2 Disponibilidad Mecánica Equipo de Carguío

% Disponibilidad Mecánica						
Periodo	Equipo de Carguío					
	Cat 992GHL	Cat 994A	Cat 994D	Cat 994F	Hit 2500	Hit 5500EX
May-2010	88.31	56.13	83.31	88.55	72.05	90.71
Jun-2010	92.19	87.47	50.65	91.06	89.50	90.76
Jul-2010	89.66	87.97	87.53	84.78	92.60	92.53
Ago-2010	89.34	83.44	90.62	94.31	86.84	88.40
Set-2010	90.42	86.34	75.87	88.62	93.18	89.38
Oct-2010	87.28	87.66	88.78	84.98	92.45	92.02
Nov-2010	85.68	69.90	87.31	86.14	90.38	90.17
Dic-2010	79.39	82.53	89.05	80.68	86.24	84.14
Ene-2011	87.96	80.44	81.87	80.20	86.12	97.34
Feb-2011	90.10	73.29	77.30	84.98	88.41	73.52
Mar-2011	99.23	-	83.95	100.00	99.10	96.86
Abr-2011	87.85	-	81.37	86.47	87.78	89.06

Fuente: Elaboración Propia

- b. Con el Anexo 10.3 mostrado a continuación se recolectó los datos de tiempo de la utilización efectiva o usaje de la flota de carguío

Anexo 10.3 Utilización Efectiva o Usaje Equipo de Carguío

% Usaje						
Periodo	Equipo de Carguio					
	Cat 992GHL	Cat 994A	Cat 994D	Cat 994F	Hit 2500	Hit 5500EX
May-2010	73.40	85.36	84.88	90.16	85.78	91.35
Jun-2010	79.46	89.86	86.34	91.24	85.64	91.29
Jul-2010	68.43	82.70	82.99	83.51	87.36	90.41
Ago-2010	61.05	74.56	76.82	80.18	89.39	91.78
Set-2010	58.24	72.05	74.91	85.23	88.29	90.47
Oct-2010	52.84	77.73	77.12	81.06	86.07	88.89
Nov-2010	52.70	76.56	79.79	83.84	84.01	87.19
Dic-2010	59.95	83.48	78.78	80.36	85.66	85.75
Ene-2011	67.38	84.98	84.72	88.35	87.22	89.50
Feb-2011	65.42	81.29	81.70	78.84	85.15	86.33
Mar-2011	58.19	-	65.30	65.98	87.42	87.29
Abr-2011	63.16	-	80.58	84.27	86.51	89.35

Fuente: Elaboración Propia

- c. Recolección de datos de las actividades de la flota de Carguío
- I. Con el Anexo 10.4 se recolectó la información de la actividad del equipo de carguío denominado "Cargando"

Anexo 10.4 Cargando (Equipo de Carguío)

Cargando				
Guardia	Equipo de Carguio			
	Cat 992GHL	Cat 994A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Guardia A	3.09	3.77	3.44	2.77
Guardia B	3.25	3.37	3.54	2.87
Guardia C	3.27	3.47	3.83	2.84
Guardia D	3.37	3.44	3.76	2.79

Fuente: Elaboración Propia

- II. Con el Anexo 10.5 se recolectó la información de la actividad del equipo de carguío denominado “Esperando”

Anexo 10.5 Esperando (equipo de carguío)

Esperando				
Guardia	Equipo de Carguio			
	Cat 992GHL	Cat 994A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Guardia A	4.16	1.05	14.67	0.57
Guardia B	4.85	1.49	8.52	0.59
Guardia C	4.25	1.35	11.29	0.63
Guardia D	5.12	1.76	9.00	0.60

Fuente: Elaboración Propia

- III. Con el Anexo 10.6 se recolectó la información de la actividad del equipo de carguío denominado “Cuadrando”

Anexo 10.6 Cuadrando (Equipo de carguío)

Cuadrando				
Guardia	Equipo de Carguio			
	Cat 992GHL	Cat 994A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Guardia A	0.99	0.83	0.71	1.32
Guardia B	0.90	0.95	0.74	1.37
Guardia C	0.90	0.85	0.73	1.38
Guardia D	0.89	0.89	0.70	1.24

Fuente: Elaboración Propia

- d. Con el Anexo 10.7 se recolectó los datos de disponibilidad mecánica de la flota de acarreo

Anexo 10.7 Disponibilidad Mecánica de los equipos de acarreo

% Disponibilidad							
Fecha	Equipo de Acarreo						
	Cat 777D	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C	CAT 793D	CAT 793DT	CAT 793F
05/01/2010		90.00	84.13	86.81	85.67	88.88	
06/01/2010	100.00	89.66	83.80	86.87	86.28	90.80	
07/01/2010	91.83	88.92	82.66	87.56	86.44	88.56	
08/01/2010	86.61	91.00	84.52	86.17	85.75	90.52	
09/01/2010	75.74	89.67	83.08	86.69	85.33	91.73	
10/01/2010	86.17	88.87	85.25	87.99	83.21	89.80	
11/01/2010	79.10	88.95	80.33	87.11	84.92	81.81	65.51
12/01/2010	74.99	89.93	82.36	86.98	84.28	89.23	52.61
01/01/2011	91.02	88.69	84.57	85.63	85.59	85.36	63.85
02/01/2011	82.91	90.57	79.70	84.35	82.40	89.05	71.74
03/01/2011	100.00	92.38	72.65	82.23	85.66	82.35	98.40
04/01/2011	82.95	89.63	83.05	86.62	85.01	88.55	63.33

Fuente: Elaboración Propia

- e. Con el Anexo 10.8 se recolectó los datos de tiempo de la utilización efectiva o usaje de la flota de acarreo

Anexo 10.8 Utilización efectiva o usaje de equipos de acarreo

% Usaje							
Fecha	Equipo de Acarreo						
	Cat 777D	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C	CAT 793D	CAT 793DT	CAT 793F
05/01/2010		93.52	94.34	94.76	94.50	94.11	
06/01/2010	100.00	92.98	94.21	94.89	94.41	94.79	
07/01/2010	60.05	93.50	94.96	95.01	94.95	94.89	
08/01/2010	61.06	94.29	94.89	94.97	95.05	95.47	
09/01/2010	76.97	94.39	93.71	94.71	94.72	94.94	
10/01/2010	66.37	93.13	93.63	94.23	93.74	94.17	
11/01/2010	66.01	92.42	93.15	93.65	93.61	93.36	84.72
12/01/2010	66.26	92.83	91.34	92.90	92.67	93.10	93.26
01/01/2011	53.20	91.62	92.81	93.93	93.69	93.04	92.70
02/01/2011	52.42	88.87	90.13	92.56	92.31	92.96	89.88
03/01/2011	50.79	86.21	83.07	94.03	94.46	94.74	95.08
04/01/2011	51.08	87.77	88.32	93.18	93.99	94.10	94.38

Fuente: Elaboración Propia

- f. Con el Anexo 10.9 se recolectó los datos de velocidades y distancias recorridas por la flota de acarreo

Anexo 10.9 Distancia horizontal equivalente, Velocidades y Tiempos de viajes

Equipo de Acarreo	DHE Cargado (Km)	DHE Vacío (Km)	Vel. Cargado (Km/h)	Vel. Vacío (Km/h)	Tiempo de Viaje Cargado (h)	Tiempo de Viaje Vacío (h)
Cat 777D	7.73	4.59	14.42	22.62	12.24	9.38
Cat 785C	9.86	5.61	14.14	25.66	15.32	9.79
Cat 793B	13.28	6.76	13.83	27.36	19.87	11.21
Cat 793C	14.39	7.06	13.74	27.05	21.52	11.67
Cat 793D	14.73	5.01	13.89	28.42	21.73	11.38
CAT 793DT	14.95	7.24	14.40	29.20	21.33	11.24

Fuente Elaboración Propia

- g. Con el Anexo 10.10 se recolectó las actividades del ciclo de acarreo que son Cola, Cuadrando, Cargando, Acarreando, Cola en descarga,

retrocediendo, descargando y viajando vacío todos los valores expresados en minutos.

Anexo 10.10 Ciclo de acarreo

Equipo de Acarreo	Cola (min)	Cuadrando (min)	Cargando (min)	Acarreando (min)	Esperando (min)	Cuadrando en Descarga (min)	Descargando (min)	Viajando Vacío (min)
Cat 777D	3.86	0.68	2.04	11.74	0.50	0.38	0.88	9.03
Cat 785C	3.11	1.01	2.55	11.70	0.35	0.31	0.87	7.38
Cat 793B	3.38	1.44	3.27	11.31	0.39	0.30	1.06	7.11
Cat 793C	3.27	1.45	3.10	11.13	0.39	0.34	0.97	7.04
Cat 793D	3.33	1.67	3.11	10.27	0.43	0.33	0.94	7.15
Cat 793DT	3.25	1.65	3.08	10.23	0.48	0.36	0.96	7.03
Cat 793F	3.23	1.67	3.13	10.20	0.53	0.38	0.93	7.05

Fuente: Elaboración Propia

- h. El Anexo 10.11 se utilizó para la data referente a los traslados de los equipos y aportó para el análisis de los traslados y determinar del grupo de razones Para la toma de decisiones sobre los frentes con bajos rendimientos.

Anexo 10.11 Categoría de Actividades de Estados

ID	Equipo	Revisión por Actividad	Estado	Descripción	Hora	DiaTurno	Turno
1	SH001		Operativo	PRODUCCION	3.814	01-Sep-10	A
2	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.097	01-Sep-10	A
3	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.749	01-Sep-10	A
4	SH001		Listo en Espera	TRASLADO OPERATIVO 5 MIN	0.107	01-Sep-10	A
5	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.007	01-Sep-10	A
5	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.265	01-Sep-10	A
6	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.057	01-Sep-10	A
7	SH001		Operativo	PRODUCCION	2.489	01-Sep-10	A
8	SH001	SIN TRASLADO	Demora	DISPARO	0.890	01-Sep-10	A
9	SH001		Operativo	PRODUCCION	3.366	01-Sep-10	A
10	SH001		Demora	CAMBIO TURNO	0.159	01-Sep-10	A
10	SH001		Demora	CAMBIO TURNO	0.023	01-Sep-10	B
11	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.042	01-Sep-10	B
11	SH001		Operativo	PRODUCCION	1.763	01-Sep-10	B
12	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.001	01-Sep-10	B
12	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.001	01-Sep-10	B
12	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.024	01-Sep-10	B
13	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.004	01-Sep-10	B
14	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.374	01-Sep-10	B
15	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.004	01-Sep-10	B
16	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.202	01-Sep-10	B
17	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.018	01-Sep-10	B
17	SH001		Operativo	PRODUCCION	2.904	01-Sep-10	B
18	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.043	01-Sep-10	B
19	SH001		Operativo	PRODUCCION	1.702	01-Sep-10	B
20	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.057	01-Sep-10	B
21	SH001		Operativo	PRODUCCION	4.649	01-Sep-10	B
22	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.124	01-Sep-10	B
23	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.065	01-Sep-10	B

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Procesamiento de la información

El Procesamiento de información de la data recolectada del Anexo 10.2 correspondiente a la disponibilidad mecánica de la flota de carguío se hizo el ajuste de la distribución con la aplicación @risk para determinar la función que permite alinear el resultado de la simulación con respecto a la situación real

Se realizó el ajuste de distribución de la disponibilidad mecánica de las Flotas Cat 992GHL, Cat 994 A/D/F, Hit 2500 y Hit 5500EX con la aplicación @Risk mostrada en la Tabla 5.3 a continuación

Tabla 5.3 Ajuste de la Disponibilidad Mecánica

Disponibilidad Mecánica				
Name	Cat 992GHL	Cat 994 A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Ajuste de Función	RiskTriang (0.42853,1,1)	RiskPert (0.49356,1.0000,1.0000)	RiskTriang (0.45157,1,1)	RiskNormal (0.868040,0.070651)
AIC	-99.9962	-176.9451	-107.3236	-144.5164
Mínimo	0.4285263	0.493561	0.4515653	-∞
Maximo	1	1	1	+∞
Median	0.8095088	0.915593	0.8171884	0.86803999
Moda	1	1	1	0.86803999
Mediana	0.8326192	0.934442	0.8393672	0.86803999
Desviación Estándar	0.1346976	0.071337	0.1292673	0.07065146

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución de la disponibilidad mecánica de las Flotas Cat 992GHL, Cat 994 A/D/F, Hit 2500 y Hit 5500EX con la aplicación @Risk mostrada en la Figura 5.3 a continuación

Grafica comparativa del ajuste de la disponibilidad mecánica de la flota de carguío

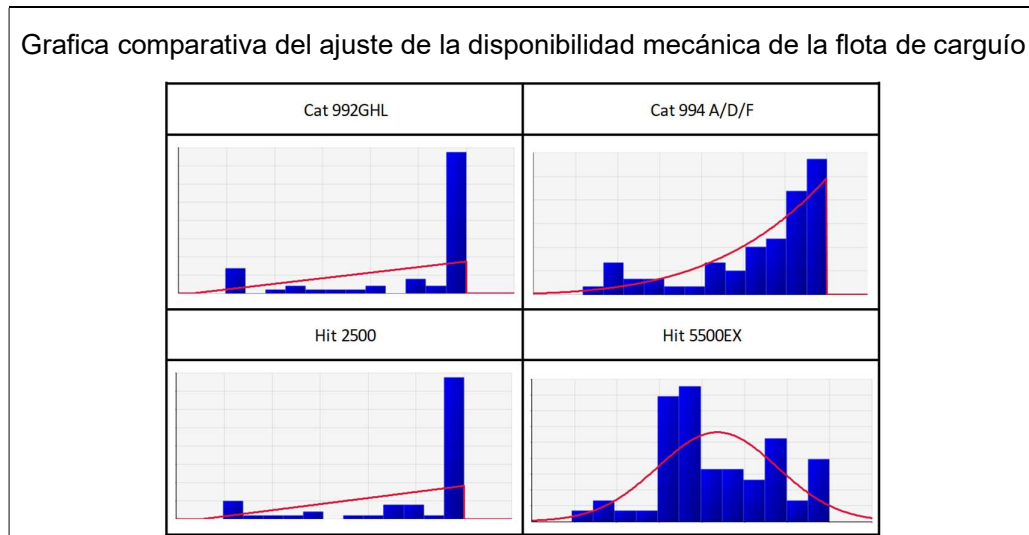


Figura 5.3 Grafica comparativa del ajuste de Disponibilidad mecánica, Flota Carguío
Fuente: Elaboración Propia

El procesamiento de información de la data recolectada del Anexo 10.3 correspondiente a la utilización efectiva o usaje de la flota de carguío se hizo el ajuste de la distribución con la aplicación @risk para determinar la función

Se realizó el ajuste de distribución de la utilización efectiva o usaje de las Flotas Cat 992GHL, Cat 994 A/D/F, Hit 2500 y Hit 5500EX con la aplicación @Risk mostrada en la Tabla 5.4 a continuación:

Tabla 5.4 Ajuste de la Utilización Efectiva o Usaje

Utilización Efectiva o Usaje				
Name	Cat 992GHL	Cat 994 A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Ajuste de Función	RiskExtValueMin (0.93196,0.081010)	RiskExtValueMin (0.93635,0.023600)	RiskExtValueMin (0.91234,0.047054)	RiskExtValueMin (0.91959,0.032434)
AIC	-90.7708	-253.7006	-173.6628	-216.6832
Mínimo	-∞	-∞	-∞	-∞
Maximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Median	0.885195	0.922723	0.885179	0.900865
Moda	0.931955	0.936346	0.912339	0.919587
Mediana	0.902264	0.927696	0.895093	0.907699
Desviación Estándar	0.103899	0.030268	0.060349	0.041598

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución de la utilización efectiva o usaje de la Flota Hit 5500 mostrada en la Figura 5.4 a continuación:

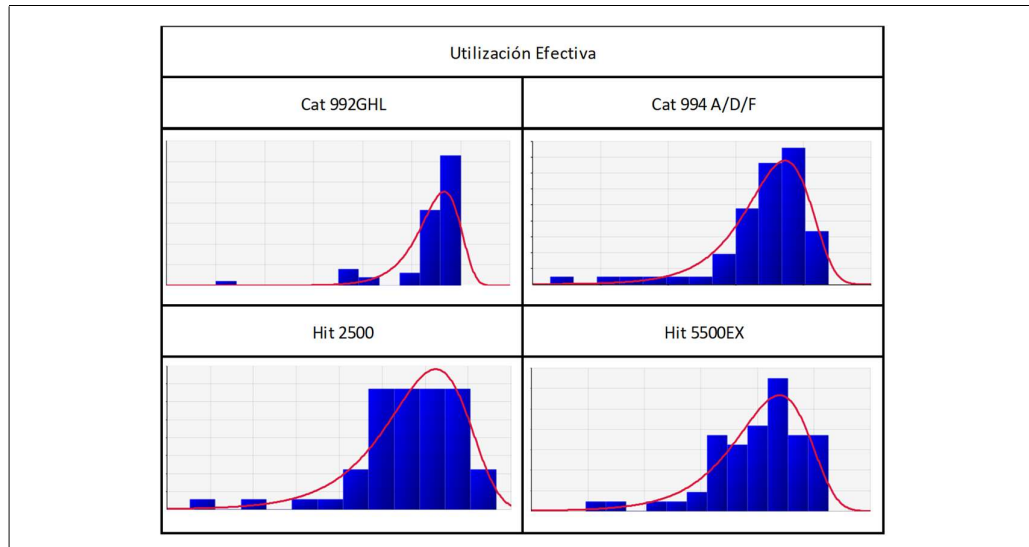

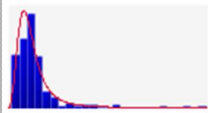
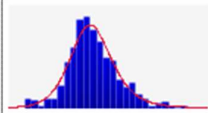


Figura 5.4 Utilización efectiva o usaje de las Flotas Cat 992GHL, Cat 994 A/D/F, Hit 2500 y Hit 5500
Fuente: Elaboración propia

El Procesamiento de información de la data recolectada del correspondiente al ciclo de la flota de carguío (recolectados en las siguientes tablas: Anexo 10.4, Anexo 10.5 y Anexo 10.6) se hizo el ajuste de la distribución con la aplicación @risk para determinar la función que permite alinear el resultado de la simulación con respecto a la situación real

Se realizó el ajuste de la distribución de las actividades del ciclo de la Flota Cat 992 GHL mostrada en la Tabla 5.5 a continuación:

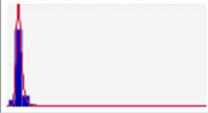
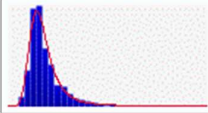
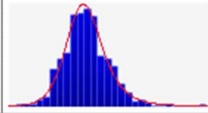
Tabla 5.5 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Cat 992 GHL

Ajuste de distribución del ciclo de la Flota de Carguío Cat 992 GHL			
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando
Ajuste de la Función	RiskLogLogistic (0.35348,7.7064,2.9061)	RiskLogLogistic (0.016131,0.69835,2.7780)	RiskLogLogistic (-7.7749,11.948,17.290)
AIC	3406.9624	440.3297	1222.6849
Mínimo	0.353485	0.0161312	-7.77487
Máximo	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
Media	9.794139	0.8889928	4.23892
Moda	6.373946	0.5485321	4.09316
Mediana	8.059873	0.7144791	4.17292
Desviación Estandar	8.09508	0.8182444	1.26873
Grafico			

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución de las actividades del ciclo de la Flota Cat 994 A/D/F mostrada en la Tabla 5.6 a continuación:

Tabla 5.6 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Cat 994 A/D/F

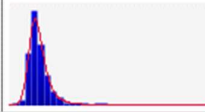
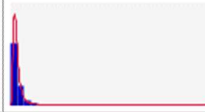
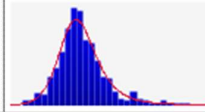
Ajuste de distribución del ciclo de la Flota de Carguío Cat 994 A/D/F			
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando
Ajuste de la Función	RiskLogLogistic (-0.054387,5.2810,7.1448)	RiskLogLogistic (0.18061,0.63676,3.4532)	RiskLogLogistic (-1.7824,5.4741,12.932)
AIC	2472.3281	457.7551	1607.8345
Mínimo	-0.054387	0.1806067	-1.782404
Máximo	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
Media	5.40068	0.914492	3.745915
Moda	5.022372	0.7163894	3.626501
Mediana	5.22659	0.8173642	3.691702
Desviación Estandar	1.441774	0.4717859	0.784681
Grafico			

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución de las actividades del ciclo de la Flota Hit 2500 mostrada en la

Tabla 5.7 a continuación:

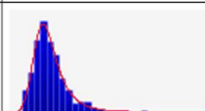

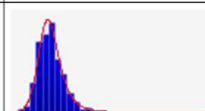
Tabla 5.7 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Hit 2500

Ajuste de distribución del ciclo de la Flota de Carguío Hit 2500			
Nombre	Esperando	Cuadrando	Cargando
Ajuste de la Función	RiskLogLogistic (0.20639,5.3786,5.2338)	RiskLogLogistic (0.047398,0.63915,2.7888)	RiskLogLogistic (-0.28812,3.6937,8.4804)
AIC	2941.6998	802.3522	1670.3157
Mínimo	0.206386	0.0473976	-0.288125
Máximo	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
Media	5.922047	0.8448282	3.491393
Moda	5.201715	0.5357412	3.303764
Mediana	5.584956	0.6865493	3.405536
Desviación Estandar	2.141369	0.741584	0.831533
Grafico			

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución de las actividades del ciclo de la Flota Hit 5500 mostrada en la Tabla 5.8 a continuación:

Tabla 5.8 Ajuste de distribución del ciclo de la flota Hit 5500EX

Ajuste de distribución del ciclo de la Flota de Carguío Hit 5500EX			
Nombre	Esperando	Cuadrando	Cargando
Ajuste de la Función	RiskLogLogistic (2.1555,1.3737,3.9738)	RiskLogLogistic (0.46827,0.98083,4.9420)	RiskLogLogistic (1.2101,1.2668,7.1779)
AIC	1345.6831	570.5252	384.6157
Mínimo	2.155478	0.4682688	1.210089
Máximo	$+\infty$	$+\infty$	$+\infty$
Media	3.683441	1.5184122	2.518222
Moda	3.362404	1.3709443	2.428314
Mediana	3.529179	1.4490986	2.476855
Desviación Estandar	0.80572	0.421023	0.34401
Grafico			

Fuente: Elaboración propia

El Procesamiento de información de la data recolectada del Anexo 10.7 correspondiente a la disponibilidad mecánica de la flota de acarreo se hizo el ajuste

de la distribución con la aplicación @risk para determinar la función que permite alinear el resultado de la simulación con respecto a la situación real

Se realizó el ajuste de la distribución de la disponibilidad mecánica de la Flota de acarreo mostrada en la Tabla 5.9 a continuación

Tabla 5.9 Ajuste de la Disponibilidad Mecánica de la flota de Acarreo

Ajuste de distribución de la disponibilidad mecánica de la Flota de Acarreo				
Nombre	Cat 777D	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C
Ajuste de la Función	RiskPert (-1.9988,100.00,100.00)	RiskWeibull (8.0906,22.939, RiskShift(68.019))	RiskLogistic (83.2541,3.5574)	RiskWeibull (10.662,27.487,c RiskShift(60.398))
AIC	1785.9227	1561.2139	1998.5159	1511.7122
Mínimo	-1.9988	68.01894	-∞	60.39779
Máximo	100	∞	∞	∞
Media	83.0002	89.63309	83.254125	86.61731
Moda	100	90.58663	83.254125	87.63219
Mediana	86.7963	89.9417	83.254125	86.95609
Desviación Estandar	14.3675	3.17327	6.452331	2.969
Nombre	Cat 793D	CAT 793DT	Cat 793F	
Ajuste de la Función	RiskWeibull (8.4181,43.543, RiskShift(43.885))	RiskBetaGeneral (6.9648,1.7254,41.337,100.291)	RiskTriang (-21.932,100,100)	
AIC	1926.2504	2034.4228	1036.5321	
Mínimo	43.88455	41.33699	-21.9322	
Máximo	∞	100.29098	100	
Media	84.99103	88.58604	59.3559	
Moda	86.77837	93.89889	100	
Mediana	85.57248	89.97685	64.2869	
Desviación Estandar	5.815	7.55465	28.7397	

Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución de la disponibilidad mecánica de las Flota de acarreo con la aplicación @Risk mostrada en la Figura 5.5 a continuación:

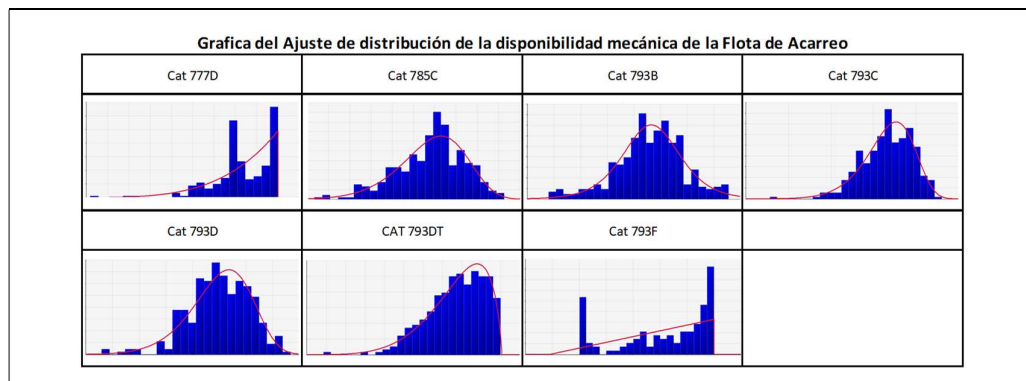


Figura 5.5 Gráfico de la Disponibilidad Mecánica de la flota de acarreo
Fuente Elaboración propia

El Procesamiento de información de la data recolectada del Anexo 10.8 correspondiente a utilización efectiva o usaje de la flota de acarreo se hizo el ajuste de la distribución con la aplicación @risk para determinar la función que permite alinear el resultado de la simulación con respecto a la situación real

Se realizó el ajuste de la distribución de la utilización efectiva o usaje de la Flota Cat 777D mostrada en la Tabla 5.10 a continuación

Tabla 5.10 Ajuste de distribución de la utilización efectiva o usaje de la flota de acarreo

Ajuste de distribución de la Utilización Efectiva o Usaje de la Flota de Acarreo				
Nombre	Cat 777D	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C
Ajuste de la Función	RiskTriang (7.0016,77.710,102.599)	RiskExtValueMin (94.0158,1.9243)	RiskExtValueMin (94.5203,1.8147)	RiskExtValueMin (94.9823,1.2175)
AIC	2007.4745	1410.8926	1388.8064	1138.5915
Mínimo	7.00163	-∞	-∞	-∞
Máximo	102.59903	+∞	+∞	+∞
Media	62.43686	92.905098	93.472802	94.279578
Moda	77.70993	94.01584	94.520261	94.982316
Mediana	65.13738	93.310555	93.855159	94.5361
Desviación Estandar	20.24708	2.468023	2.327412	1.561456
Nombre	Cat 793D	CAT 793DT	Cat 793F	
Ajuste de la Función	RiskExtValueMin (94.9288,1.4034)	RiskExtValueMin (95.0074,1.4238)	RiskExtValueMin (94.0588,4.8780)	
AIC	1226.9463	1218.4281	658.6845	
Mínimo	-∞	-∞	-∞	
Máximo	+∞	+∞	+∞	
Media	94.118768	94.185572	91.243137	
Moda	94.928804	95.007415	94.058789	
Mediana	94.414458	94.485572	92.270943	
Desviación Estandar	1.799866	1.826101	6.256265	

Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución de la Utilización efectiva o usaje de la Flota de acarreo mostrada en la Figura 5.6 a continuación:

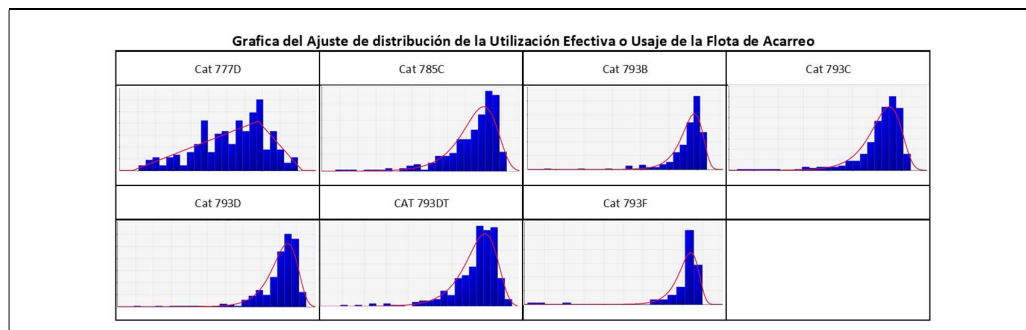


Figura 5.6 grafica de ajuste de la Utilización Efectiva o usaje flota de acarreo
Fuente Elaboración propia

El Procesamiento de información de la data recolectada del Anexo 10.10 correspondiente a las actividades de la flota de acarreo se hizo el ajuste de la distribución con la aplicación @risk para determinar la función que permite alinear el resultado de la simulación con respecto a la situación real

Se realizó el ajuste la distribución del ciclo de la Flota Cat 777D mostrada en la Tabla 5.11 a continuación

Tabla 5.11 Ajuste del Ciclo de Acarreo de la Flota Cat 777D

Ajuste del ciclo de acarreo de la flota Cat 777D				
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando	Acareando
Ajuste de la Función	RiskExpon (4.1523)	RiskLognorm (0.76952,0.60131)	RiskLogLogistic (-1.7987,3.5957,6.3555)	RiskLogLogistic (-10.822,22.873,5.7568)
AIC	815.5751	189.2179	495.7743	1142.5908
Mínimo	-0.024864	-0.1487807	-1.798732	-10.82233
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	4.12742	0.6207398	1.947678	13.2263
Moda	-0.024864	0.2276964	1.621841	10.69745
Mediana	2.85328	0.4575734	1.796963	12.05029
Desviación Estandar	4.152284	0.6013104	1.125684	8.07395
Nombre	En Cola	Retrocediendo	Descargando	Viajando Vacío
Ajuste de la Función	RiskInvGauss (0.29195,0.012265)	RiskExpon (0.26244)	RiskExpon (0.66870)	RiskLogLogistic (-2.2800,9.9735,3.7245)
AIC	-196.4472	-106.7358	205.6636	1023.5135
Mínimo	-0.0038737	-0.0015715	-0.0040042	-2.280048
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	0.2880772	0.2608637	0.6646931	8.98225
Moda	0.0002137	-0.0015715	-0.0040042	6.323132
Mediana	0.0206872	0.1803347	0.4595015	7.693461
Desviación Estandar	1.4244156	0.2624351	0.6686973	6.488998

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de ciclo de acarreo de la Flota Cat 777D mostrada en la Figura 5.7 a continuación:

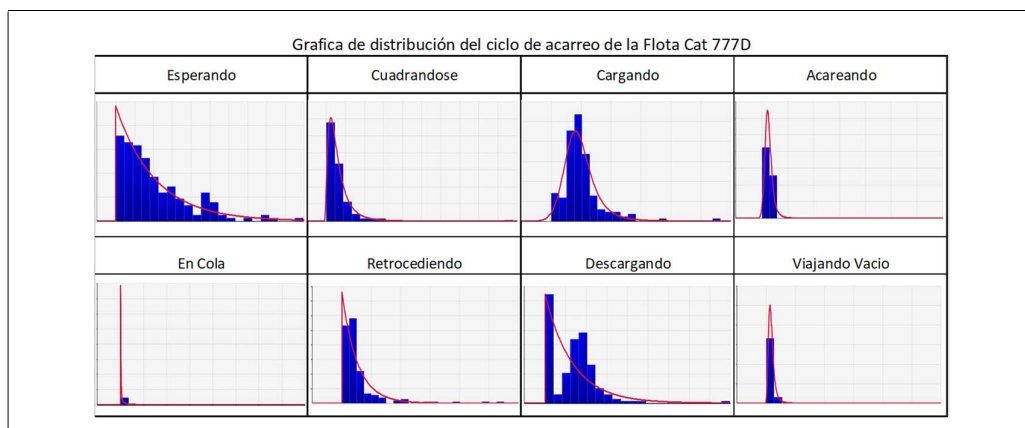


Figura 5.7 Gráfico de la distribución del ciclo de acarreo de la flota Cat 777D
Fuente: Elaboración Propia

Se realizó el ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 785C mostrada en la Tabla 5.12 a continuación:

Tabla 5.12 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la flota Cat 785C

Ajuste del ciclo de acarreo de la flota Cat 785C				
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando	Acareando
Ajuste de la Función	RiskInvGauss (1.9223,0.017707)	RiskExpon (0.61234)	RiskLogLogistic (-23.250,26.186,31.037)	RiskExpon (12.218)
AIC	172502.1795	98873.2884	356261.9853	679696.4737
Mínimo	-0.005356	-0.000006312	-23.25002	-0.000126
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	1.916919	0.6123358	2.98045	12.2183
Moda	0.000547	-0.000006312	2.88135	-0.000126
Mediana	0.032748	0.4244369	2.93568	8.46904
Desviación Estandar	20.028529	0.6123421	1.53605	12.21843
Nombre	En Cola	Retrocediendo	Descargando	Viajando Vacío
Ajuste de la Función	RiskExpon (0.56325)	RiskExpon (0.25927)	RiskLogLogistic (-0.26548,1.0020,3.6923)	RiskExpon (8.7330)
AIC	82657.9086	-67885.8901	152705.7002	614533.7179
Mínimo	-0.000005806	-0.000002672	-0.265476	-0.00009002
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	0.563243	0.2592643	0.868484	8.73295
Moda	-0.000005806	-0.000002672	0.596569	-0.00009002
Mediana	0.3904085	0.1797075	0.736532	6.053192
Desviación Estandar	0.5632488	0.259267	0.661369	8.73304

Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota de Cat 785 mostrada en la Figura 5.8 a continuación:

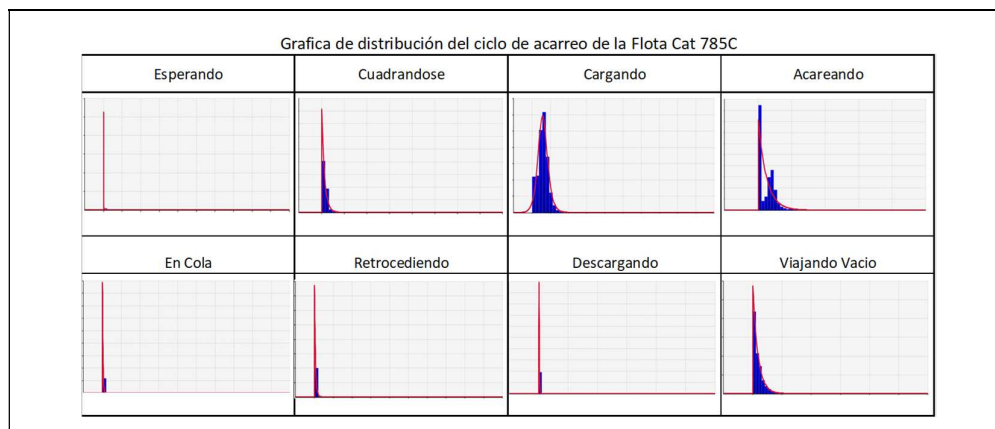


Figura 5.8 Grafica de la distribución del ciclo de acarreo de la flota Cat 785C
Fuente Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793B mostrada en la Tabla 5.13 a continuación:

Tabla 5.13 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793B

Ajuste del ciclo de acarreo de la flota Cat 793B				
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando	Acareando
Ajuste de la Función	RiskPearson5 (15.493,77.006)	RiskLogLogistic (0.070128,1.2237,3.6703)	RiskLogLogistic (1.1796,1.9841,5.7950)	RiskLogLogistic (1.4073,9.8653,7.7510)
AIC	2447.6561	1302.3336	1358.6173	3234.8528
Mínimo	-1.86931	0.070128	1.179617	1.407282
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	3.44387	1.457095	3.264348	11.548013
Moda	2.79959	1.120941	3.047885	10.947837
Mediana	3.20978	1.293829	3.163724	11.27263
Desviación Estandar	1.44641	0.815818	0.694674	2.455125
Nombre	En Cola	Retrocediendo	Descargando	Viajando Vacío
Ajuste de la Función	RiskPearson5 (1.9630,0.39547)	RiskLogLogistic (0.12541,0.14920,3.4838)	RiskLogLogistic (0.36667,0.62488,5.6654)	RiskLogLogistic (1.9244,4.9580,5.1317)
AIC	-225.5266	-1604.1239	-204.0534	2840.1748
Mínimo	0.0131462	0.125413	0.3666712	1.92443
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	0.4238207	0.2969282	1.0247637	7.206197
Moda	0.1466166	0.2513423	0.9534154	6.515301
Mediana	0.2540547	0.27461	0.9915516	6.882412
Desviación Estandar	N/A	0.1088153	0.2250047	2.025073

Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793B mostrada en la Figura 5.9 a continuación:

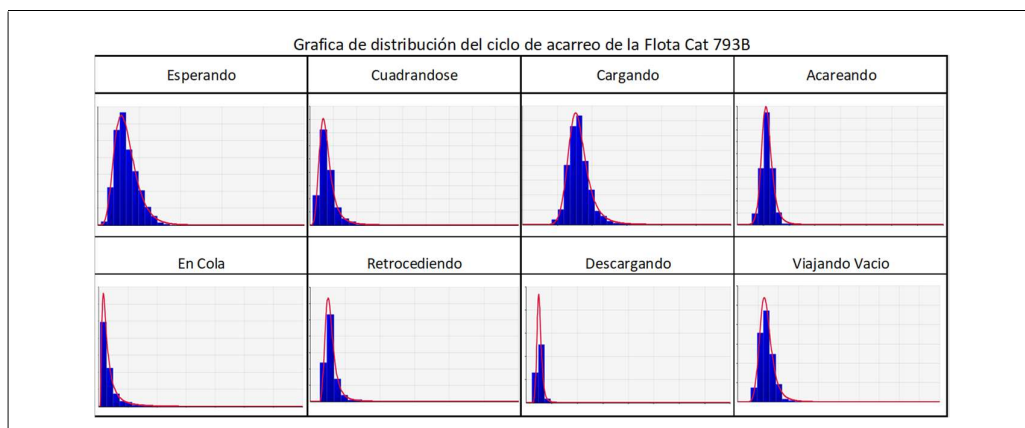


Figura 5.9 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793B
Fuente Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793C mostrada en la Tabla 5.14 a continuación:

Tabla 5.14 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793C

Ajuste del ciclo de acarreo de la flota Cat 793C				
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando	Acareando
Ajuste de la Función	RiskInvGauss (2.7149,0.19239)	RiskExpon (0.72399)	RiskLaplace (2.7667,1.6485)	RiskLaplace (20.8833,8.0842)
AIC	1086817.628	392409.6576	1070217.383	1991818.171
Mínimo	-0.054345	-0.000002498	-∞	-∞
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	2.660523	0.7239826	2.766667	20.883333
Moda	0.009748	-0.000002498	2.766667	20.883333
Mediana	0.308855	0.5018258	2.766667	20.883333
Desviación Estandar	10.198477	0.7239851	1.648507	8.084199
Nombre	En Cola	Retrocediendo	Descargando	Viajando Vacío
Ajuste de la Función	RiskExpon (0.22692)	RiskExpon (0.40746)	RiskLogLogistic (-1.3033,2.1387,10.670)	RiskLogLogistic (-8.6942,20.266,5.3417)
AIC	-280036.7004	59240.118	275714.0727	1937655.765
Mínimo	-0.000000783	-0.000001406	-1.303318	-8.69424
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	0.226919	0.4074624	0.866618	12.78922
Moda	-0.000000783	-0.000001406	0.798055	10.18429
Mediana	0.157288	0.282431	0.835404	11.57196
Desviación Estandar	0.2269198	0.4074638	0.375423	7.85977

Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793C mostrada en la Figura 5.10 a continuación:

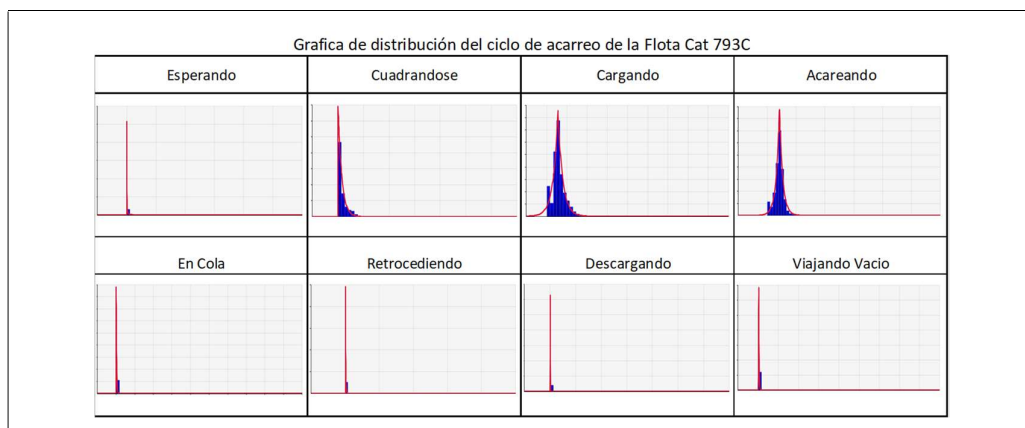


Figura 5.10 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793C
Fuente Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793D mostrada en la Tabla 5.15 a continuación:

Tabla 5.15 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793D

Ajuste del ciclo de acarreo de la flota Cat 793D				
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando	Acareando
Ajuste de la Función	RiskInvGauss (2.8263,0.22205)	RiskExpon (0.73975)	RiskLaplace (2.6833,1.5823)	RiskLaplace (21.1167,7.9916)
AIC	581102.386	210977.0869	545321.3442	1034467.635
Mínimo	-0.062315	-0.000004899	-∞	-∞
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	2.763976	0.7397482	2.683333	21.116667
Moda	0.011652	-0.000004899	2.683333	21.116667
Mediana	0.350591	0.5127529	2.683333	21.116667
Desviación Estandar	10.083175	0.7397531	1.582329	7.991627
Nombre	En Cola	Retrocediendo	Descargando	Viajando Vacío
Ajuste de la Función	RiskExpon (0.23080)	RiskExpon (0.40847)	RiskLogLogistic (-1.3107,2.1297,10.195)	RiskLogLogistic (-8.8472,20.377,5.3204)
AIC	-140799.3081	31616.4851	152844.0559	1012584.671
Mínimo	-0.000001528	-0.000002705	-1.310666	-8.84718
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	0.2308002	0.4084669	0.85312	12.764
Moda	-0.000001528	-0.000002705	0.778327	10.12364
Mediana	0.159978	0.2831268	0.819041	11.52984
Desviación Estandar	0.2308017	0.4084696	0.39247	7.94333

Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793D mostrada en la Figura 5.11 a continuación:

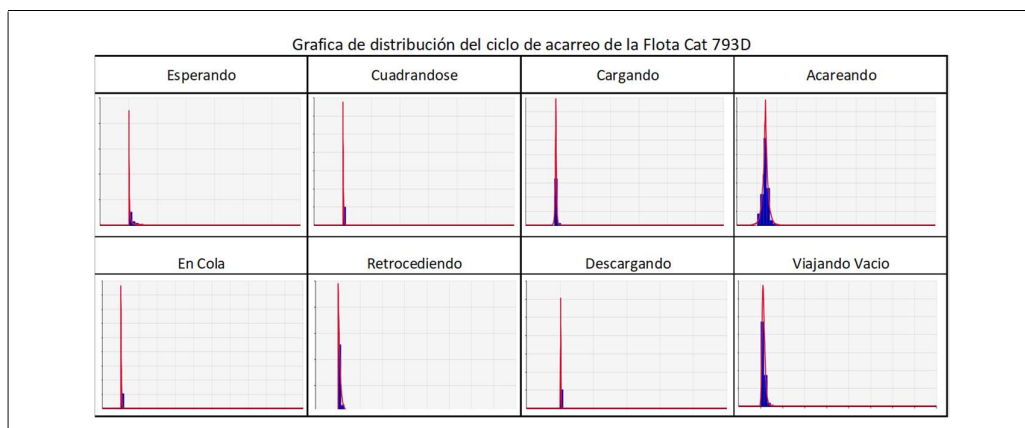


Figura 5.11 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793D
Fuente Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793DT mostrada en la Tabla 5.16 a continuación:

Tabla 5.16 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793DT

Ajuste del ciclo de acarreo de la flota Cat 793DT				
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando	Acareando
Ajuste de la Función	RiskInvGauss (2.7409,0.18734)	RiskExpon (0.72155)	RiskLaplace (2.7000,1.6096)	RiskLaplace (20.7167,8.2167)
AIC	369332.8014	132355.7556	358074.8804	678350.6811
Mínimo	-0.052633	-0.000007345	-∞	-∞
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	2.688252	0.7215469	2.7	20.716667
Moda	0.009781	-0.000007345	2.7	20.716667
Mediana	0.302809	0.5001359	2.7	20.716667
Desviación Estandar	10.483872	0.7215542	1.6096	8.216709
Nombre	En Cola	Retrocediendo	Descargando	Viajando Vacío
Ajuste de la Función	RiskExpon (0.24519)	RiskExpon (0.38081)	RiskLogLogistic (-1.1400,1.9685,10.190)	RiskLogLogistic (-7.4695,18.849,4.9470)
AIC	-79704.0008	6791.0899	88117.1481	657315.3924
Mínimo	-0.000002496	-0.000003877	-1.139979	-7.46955
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	0.2451882	0.3808025	0.860048	12.70833
Moda	-0.000002496	-0.000003877	0.790846	9.88028
Mediana	0.1699507	0.263951	0.828516	11.37919
Desviación Estandar	0.2451907	0.3808063	0.362961	8.0798

Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793DT mostrada en la Figura 5.12 a continuación:

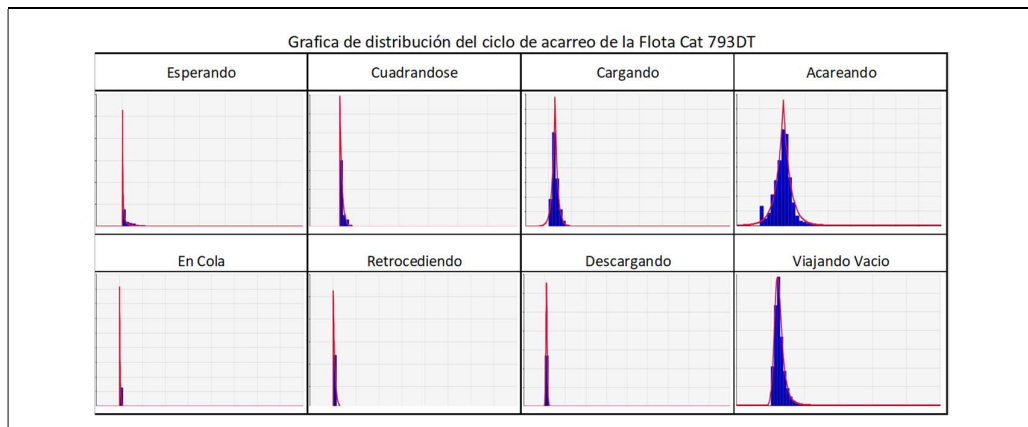


Figura 5.12 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793DT
Fuente Elaboración propia

Se realizó el ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793F mostrada en la Tabla 5.17 a continuación:

Ajuste del ciclo de acarreo de la flota Cat 793F				
Nombre	Esperando	Cuadrándose	Cargando	Acareando
Ajuste de la Función	RiskExpon (3.5532)	RiskWeibull (1.2604,1.4924)	RiskLogLogistic (-1.9774,5.0094,6.3959)	RiskLaplace (20.3333,7.5213)
AIC	36028.313	13072.4446	32417.3665	64766.9735
Mínimo	0.016219	0.000811	-1.977423	-∞
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	3.569375	1.38819	3.239201	20.333333
Moda	0.016219	0.427946	2.791	20.333333
Mediana	2.479079	1.116632	3.031951	20.333333
Desviación Estandar	3.553156	1.108077	1.556474	7.521282
Nombre	En Cola	Retrocediendo	Descargando	Viajando Vacío
Ajuste de la Función	RiskPareto (0.71306,0.016667)	RiskLogLogistic (-0.21587,0.73247,5.4888)	RiskLogLogistic (-0.58670,1.4249,8.3663)	RiskLogLogistic (-6.2110,17.672,5.0453)
AIC	-16430.5797	476.2136	6668.8955	63213.8664
Mínimo	0.01666667	-0.215865	-0.586702	-6.211
Máximo	+∞	+∞	+∞	+∞
Media	N/A	0.5581823	0.872199	12.65636
Moda	0.01666667	0.4690471	0.797827	10.10806
Mediana	0.04405691	0.5166067	0.838154	11.46056
Desviación Estandar	N/A	0.2744274	0.32561	7.38041

Tabla 5.17 Ajuste de la distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793F
Fuente Elaboración propia

Se realizó la comparación gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793F mostrada en la Figura 5.13 a continuación:

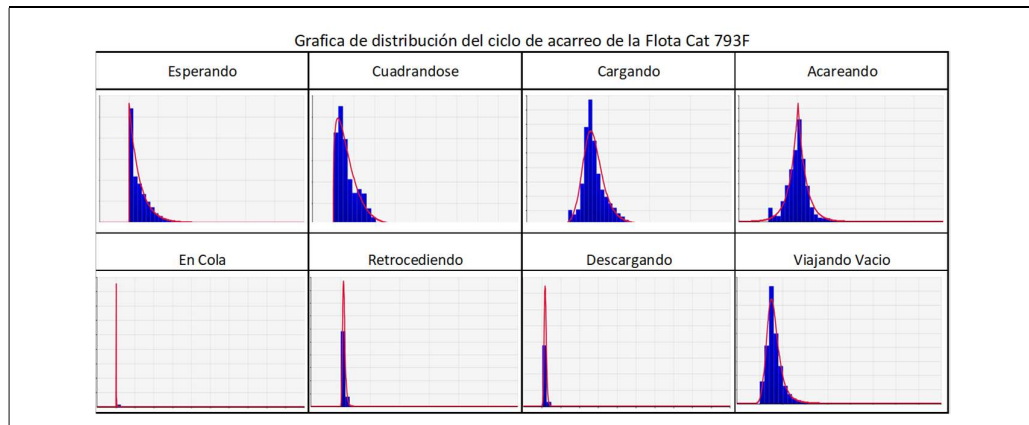


Figura 5.13 gráfica del ajuste de distribución del ciclo de acarreo de la Flota Cat 793F
Fuente Elaboración propia

CAPITULO VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Análisis del indicador clave de desempeño para la seguridad

El desempeño de seguridad se evalúa en base a las horas sin tener accidentes, pero no determina la calidad del desempeño real de la seguridad y no permite visualizar el problema real en el área de trabajo, la información no proviene de la misma unidad, pero el análisis comparativo va dirigido a la metodología y en el sector utilizan la misma calificación para obtener el desempeño, para tener una mejor evaluación compararemos el desempeño de seguridad mostrada en Tabla 6.1 contrastadas con las inspecciones y revisiones

Tabla 6.1 Desempeño de seguridad, registro acumulado

Desempeño de Seguridad					
		Sem	Mes	Año	
1	Fatales	FAT	1	1	1
2	Tiempo perdido	LTI	1	8	55
3	Tratamiento Medico	MTC	0	2	33
4	Totales Registrables (1+2+3)	TRC	2	11	89
5	Primeros Auxilios	FAT	9	33	335
	Total de lesiones (4+5)		11	44	424
	Daño a la Propiedad	PD	3	25	318
	Cercano a perdida	NM	3	17	159
	Incidente Alto Potencial	HPI	0	1	12
	Peligro Alto Potencial	HPH	0	0	2

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis de las inspecciones y revisiones de frentes de trabajo y mostraron resultados que no están siendo analizados por la supervisión, se analizaron 1978 registros y el resultado fue el siguiente Figura 6.1

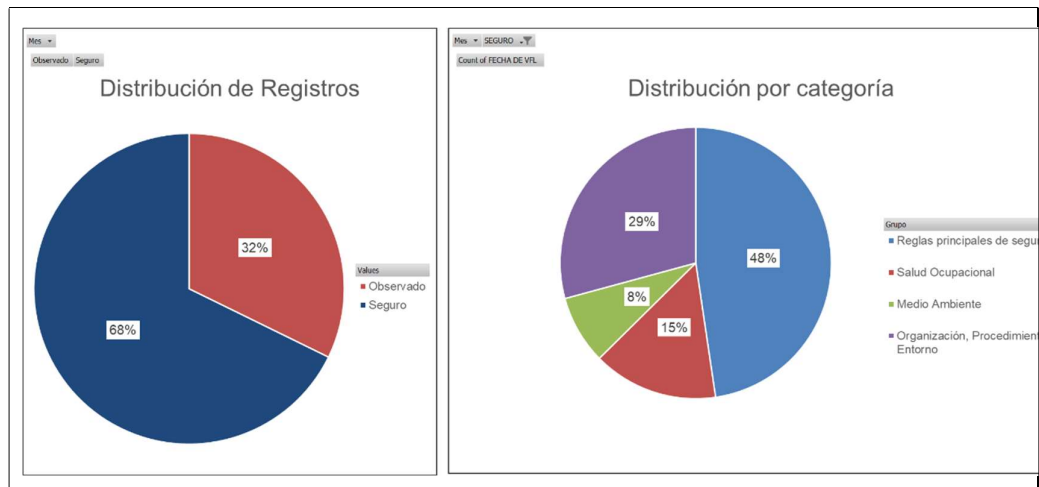


Figura 6.1 Distribución de inspecciones y revisiones de seguridad
Fuente: Elaboración Propia

De las 1978 inspecciones el 32% tuvo observaciones en el área de trabajo, quiere decir que existía un acto o condición de seguridad que aumentaba el riesgo a tener un incidente. Observando el detalle de la información observada se obtuvo que el 48% de los registros con observados que representa 304 registros fueron por reglas principales de seguridad, quiere decir que 15% de las actividades tiene probabilidad de que exista un acto o condición con riesgo a tener un evento con pérdida en la siguiente Figura 6.2 se observa que los hallazgos principales son por aspectos básicos de seguridad, equipos móviles y vehículos livianos, y trabajos en la operación mismas que están catalogados de alto potencial de pérdidas

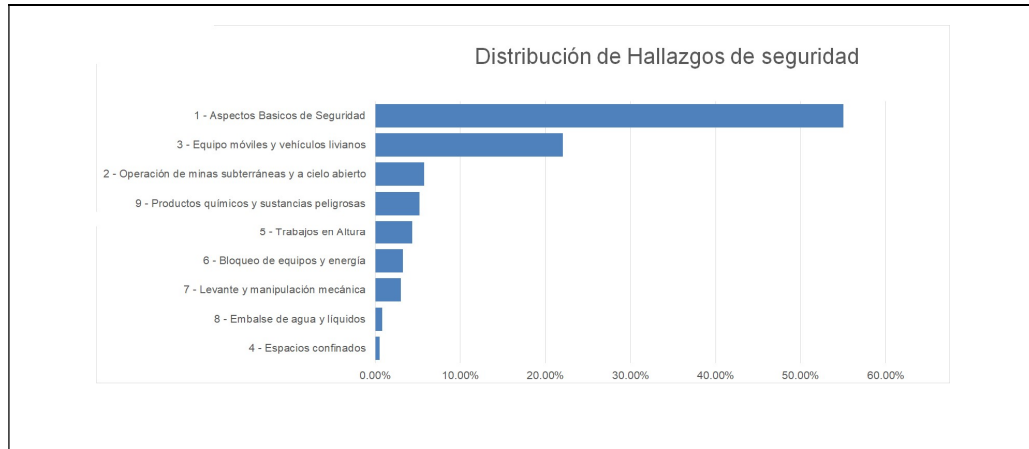


Figura 6.2 Distribución de hallazgos de seguridad
Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de este indicador se utilizará el indicador de seguridad y adicionar el nivel de inspección por área de las actividades con alto potencial de pérdida bajo un nivel de muestreo de 5% de error con una confianza de 95% con una proporción de 50% se obtiene que la muestra debe estar en 0.7% del universo, quiere decir que si hay 1000 actividades se deben inspeccionar 7 de ellas y no tener ninguna observación, esto es en relación diaria sin excepción para tener uniformidad y consistencia en la muestra.

El indicador de seguridad se mide de la siguiente fórmula a continuación en la Ecuación 6.1

$$\text{Indicador de Seguridad} = FA \times FCI$$

Donde:

FA = Factor de Accidente (valor 0 en caso registre un accidente en el periodo)

$$FCI = \frac{\text{Nro Inspecciones}}{\text{Objetivo Inspecciones}} \times \frac{\text{Nro Inspecciones sin desvios}}{\text{Nro Total de Inspecciones}}$$

Ecuación 6.1 Fórmula de indicador de seguridad

Fuente: Elaboración propia

6.2 Simulación Montecarlo Escenario 1

Se analizó la información del registro de estados del Anexo 10.11 por cantidad de veces utilizadas y se graficó el Pareto de las demoras más utilizadas en el periodo de un mes como se muestra en la Figura 6.3

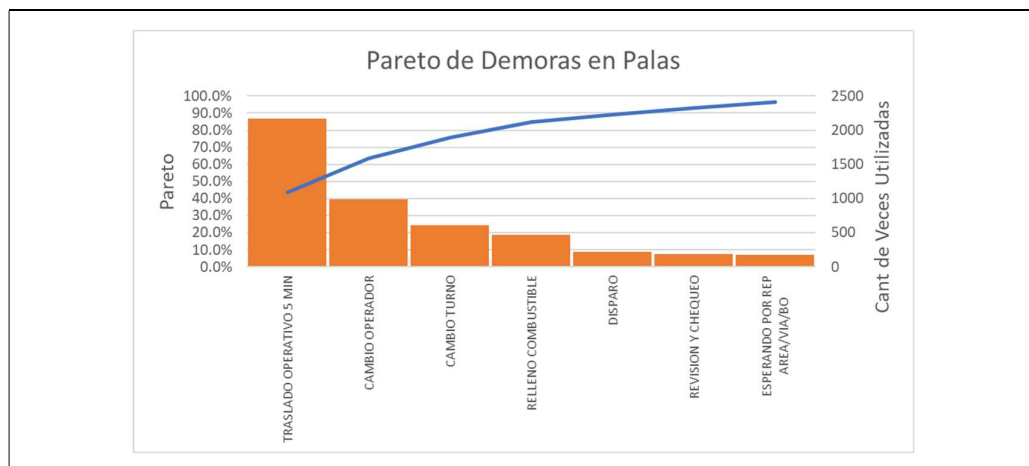


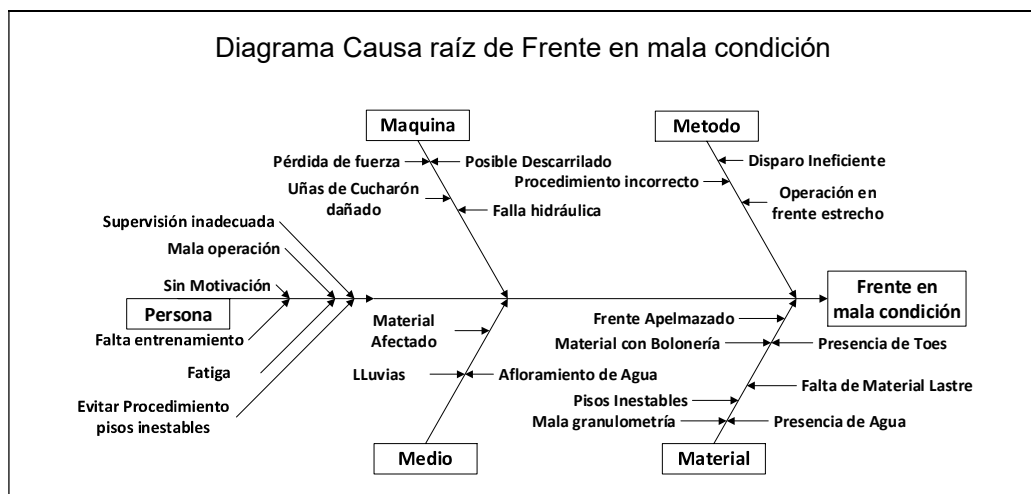
Figura 6.3 Pareto de Cantidad de Demoras en Pala
Fuente: Elaboración Propia

Se analizó las razones más frecuentes para traslado de equipo y se utilizó el grafo de redes bayesianas para facilitar la relación de las razones e identificar el desvío para lograr la evaluación en el modelo como se muestra en la Figura 6.4, determinó que las demoras por frente en mala condición son por una condición no operativa y a continuación se analizó la causa raíz del frente en mala condición, y esta demora representa el 14.2% del resto de demoras, la evaluación es referencial para mantener la proporción de impacto en las demoras.



*Figura 6.4 Grafo de traslado de equipo
Fuente: Elaboración Propia*

La causa raíz del frente en mala condición está mostrado en la Figura 6.5 a continuación



*Figura 6.5 Causa raíz Frente en mala condición
Fuente: Elaboración Propia*

la causa raíz del problema, se identificó las actividades que tiene influencia por actos controlables por las personas y no por procesos que no son mitigables mostrado en la Tabla 6.2

Tabla 6.2 Evaluación de causa raíz actos controlables

Indice	Elemento	Descripción de Causa Raíz	Controlable
1	Persona	Supervision Inadecuada	1
2	Persona	Mala Operación	1
3	Persona	Sin Motivación	1
4	Persona	Falta de entrenamiento	1
5	Persona	Fatiga	1
6	Persona	Evitar procedimiento de pisos inestables	1
7	Maquina	perdida de fuerza	1
8	Maquina	posible descarrilamiento	0
9	Maquina	uñas de cucharon dañadp	1
10	Maquina	falla hidráulica	1
11	Método	procedimiento incorrecto	1
12	Método	disparo ineficiente	1
13	Método	operación en frente estrecho	0
14	Medio	material afectado	0
15	Medio	lluvias	0
16	Medio	afloramiento de agua	0
17	Material	frente apelmazado	0
18	Material	material con bolonería	1
19	Material	presencia de toes	1
20	Material	falta material para lastrar	1
21	Material	pisos inestables	0
22	Material	mala granulometría	1
23	Material	presencia de agua	0

Fuente: Elaboración Propia

De la clasificación anterior tenemos que el porcentaje de causas raíz con impacto controlables representa el 65.2% de todos los elementos considerados.

Reducción de las demoras por cambios de frentes “Traslados de equipos de carguío” mostrado en la Tabla 6.3 a continuación

Tabla 6.3 Primera simulación

Modelo Matemático de Producción de los Equipos de Carguío y Acarreo

		Cat 777D	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C	Cat 793D	Cat 793F
Carga Util		88	140	230	240	240	230
Nro		6	25	9	30	24	1
Horas		144	600	216	720	576	24
Ciclo Acarreo	Cola	-	-	-	-	-	-
	Cuadrando	0.34	0.41	0.77	0.71	0.24	0.24
	Cargando	1.32	1.98	2.48	2.49	2.21	2.21
	Acarreando	18.14	17.29	27.64	27.52	27.73	25.82
	Cola en descarga	0.14	0.11	0.12	0.11	0.14	0.14
	Retrocediendo	0.23	0.12	0.17	0.15	0.17	0.17
	Descargando	0.60	0.54	0.49	0.51	0.38	0.38
	Viajando Vacío	12.36	10.98	15.37	15.63	15.17	14.92
Disponibilidad Mecánica		61.57%	93.03%	93.45%	94.31%	94.17%	91.14%
Uso de la Disponibilidad		99.57%	99.36%	99.35%	99.35%	99.35%	99.37%
Utilización Efectiva		96.40%	95.08%	95.34%	95.56%	95.18%	82.96%
Horas disponibles		85	527	191	645	513	18
Demoras		3.18	27.26	9.34	29.94	25.96	3.70
Demoras	ESPERANDO POR REP AREA/VIA/BO	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.8%
	RELLENO COMBUSTIBLE	0.1%	1.1%	1.0%	1.0%	0.8%	9.0%
	RESCATE	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.5%
	DISPATCH REPAIR	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.7%
	VIA BLOQUEADA	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	1.1%
	OTRAS DEMORAS RUTINARIAS	2.1%	3.2%	2.9%	2.9%	3.3%	3.3%
	Tiempo Total Espera y Listo para operar	1.00	4.16	1.50	4.99	3.99	0.17
Espera y Listo para operar	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	

	13,564	140,946	56,080	197,002	160,443	5,670
Produccion Acarreo						573,705

		Cat 992	Cat 994	SH2500	SH5500
Carga Util		143	169	179	231
Nro		3	4	2	6
Horas		72	96	48	144
Ciclo Carguío	Cargando	3.84	4.13	4.33	3.34
	Esperando	5.02	1.06	1.97	0.48
	Cuadrando Carguío	1.35	1.38	1.64	0.71
	Disponibilidad Mecánica	80.95%	80.78%	87.02%	89.67%
Uso de la Disponibilidad		93.88%	97.80%	98.56%	99.37%
Utilización Efectiva		95.93%	95.34%	87.94%	93.92%
Horas disponibles		52.49	72.32	36.20	120.51
Demoras		2.23	3.53	4.96	7.80
Demoras	TRASLADO DE EQUIPO MAS DE 15	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	TRASLADO OPERATIVO DE 2 MIN	0.36%	0.25%	0.38%	0.92%
	ESPERANDO POR REP AREA/VIA/BO	0.54%	0.21%	2.24%	0.15%
	TRASLADO OPERATIVO MAS DE 5 MIN	0.10%	0.08%	0.17%	0.08%
	TRASLADO OPERATIVO 15MIN	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	OTRAS DEMORAS RUTINARIAS	2.09%	3.14%	7.54%	4.26%
Tiempo Total Espera y Listo para operar		5.44	2.61	0.80	1.02
Espera y Listo para operar		7.56%	2.72%	1.66%	0.70%

	43,993	111,471	48,910	369,211
Produccion Carguío				573,585

Fuente: Elaboración propia

Resultado de tres simulaciones considerando los traslados mostrados en la Figura 6.6 a continuación

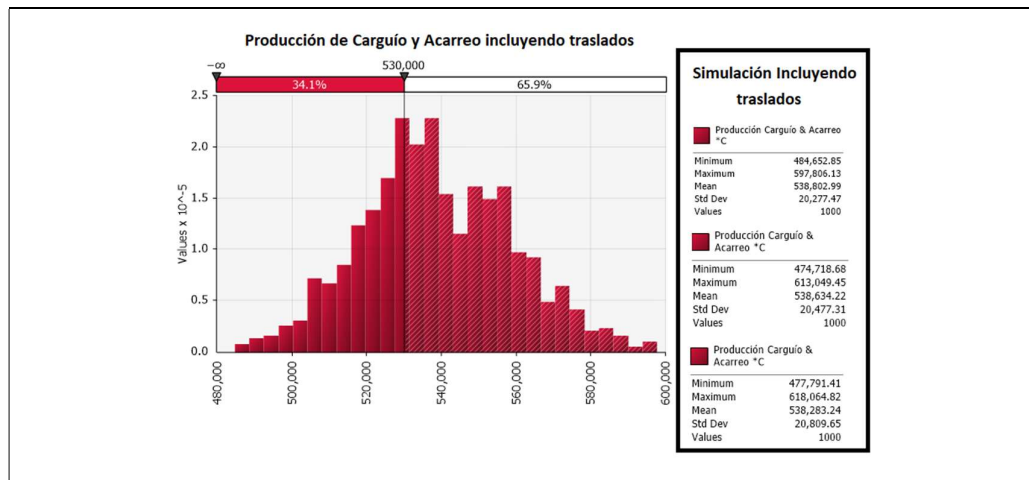


Figura 6.6 Resultado de tres simulaciones incluyendo traslados

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, el resultado de tres simulaciones reduciendo los traslados mostrados en la Figura 6.7 a continuación

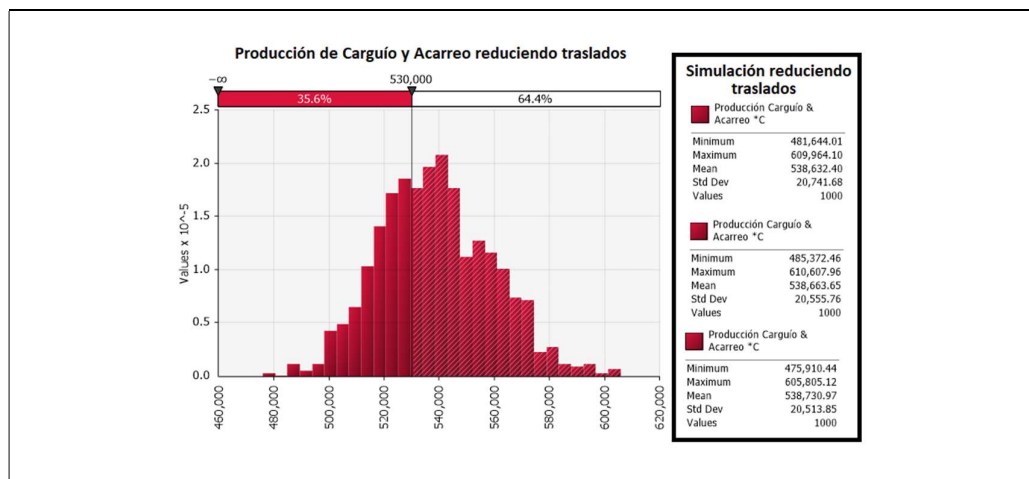


Figura 6.7 Resultado de tres simulaciones con reducción de traslados

Fuente: Elaboración propia

El resultado de las simulaciones no es determinante el impacto en la producción, se trazó un objetivo en las simulaciones y el nivel de confianza entre simulaciones obtuvieron resultados similares, por lo tanto, no resulta un impacto relevante para este escenario la propuesta de reducir el impacto por traslados en el frente con problemas

6.3 Análisis de sensibilidad de variables de control

Se realizó la simulación para analizar el impacto por cada actividad del ciclo de carguío y acarreo. Con el resultado se ponderará por tonelaje perdido los indicadores del modelo planteado.

El modelo matemático de producción de los equipos de carguío y acarreo de una sola flota para simplificar el proceso y se muestra en la Tabla 6.4 a continuación:

Tabla 6.4 Modelo Matemático de producción de los equipos de carguío y acarreo

Modelo Matemático de Producción de los Equipos de Carguío y Acarreo		
		Acarreo
Carga Util		240
Nro		65
Horas		65
Ciclo Acarreo	Cola	-
	Cuadrando	0.24
	Cargando	3.34
	Acarreando	25.82
	Cola en descarga	0.14
	Retrocediendo	0.17
	Descargando	0.38
	Viajando Vacío	14.92
	Disponibilidad Mecánica	91.14%
	Uso de la Disponibilidad	91.83%
	Utilización Efectiva	89.20%
Horas disponibles		49
Demoras		5.87
Demoras	ESPERANDO POR REP AREA/VIA/BO	1.0%
	RELLENO COMBUSTIBLE	2.0%
	RESCATE	1.0%
	DISPATCH REPAIR	1.0%
	VIA BLOQUEADA	1.0%
	Demoras	3.0%
	Tiempo Total Espera y Listo para operar	5.83
	Espera y Listo para operar	9.0%
Produccion Acarreo		15,526
		65
		Carguío
Carga Util		240
Nro		6
Horas		6
Ciclo Carguío	Cargando	3.34
	Esperando	0.04
	Cuadrando Carguío	0.71
	Disponibilidad Mecánica	89.67%
Uso de la Disponibilidad		91.96%
Utilización Efectiva		89.10%
Horas disponibles		4.41
Demoras		0.54
Demoras	TRASLADO DE EQUIPO MAS DE 15	1.00%
	TRASLADO OPERATIVO DE 2 MIN	2.00%
	ESPERANDO POR REP AREA/VIA/BO	1.00%
	TRASLADO OPERATIVO MAS DE 5 MIN	1.00%
	TRASLADO OPERATIVO 15MIN	1.00%
	Demoras	2.99%
Tiempo Total Espera y Listo para operar		0.54
Espera y Listo para operar		8.97%
Produccion Carguío & Acarreo		15,526
		65

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6.8 se muestra el impacto generado en tonelaje de los indicadores solo de flota principal de carguío y acarreo

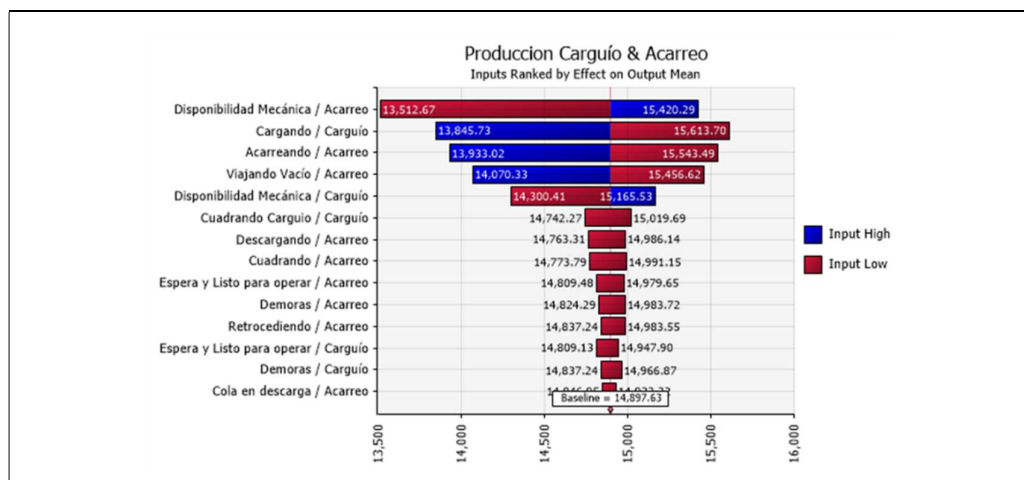


Figura 6.8 Gráfica Tornado de impacto por variables de control
Fuente: Elaboración propia

El impacto en la producción por las variables de control se utilizará como factor de ponderación y se designará bajo el diferencial de tonelaje superior e inferior del resultado del modelo como se muestra en la Tabla 6.5 a continuación

Tabla 6.5 Resultado del impacto de las variables de control

<i>Resultado del impacto de las variables de control</i>				
Nombre de la variable de control	Inferior	Superior	Diferencia	Diferencia / Min
Disponibilidad Mecánica / Acarreo	13,512.67	15,420.29	1,907.62	14.72
Cargando / Carguío	13,845.73	15,613.70	1,767.96	13.64
Acarreando / Acarreo	13,933.02	15,543.49	1,610.46	12.42
Viajando Vacío / Acarreo	14,070.33	15,456.62	1,386.29	10.69
Disponibilidad Mecánica / Carguío	14,300.41	15,165.53	865.12	6.67
Cuadrando Carguío / Carguío	14,742.27	15,019.69	277.42	2.14
Descargando / Acarreo	14,763.31	14,986.14	222.83	1.72
Cuadrando / Acarreo	14,773.79	14,991.15	217.36	1.68
Espera y Listo para operar / Acarreo	14,809.48	14,979.65	170.18	1.31
Demoras / Acarreo	14,824.29	14,983.72	159.43	1.23
Retrocediendo / Acarreo	14,837.24	14,983.55	146.31	1.13
Espera y Listo para operar / Carguío	14,809.13	14,947.90	138.77	1.07
Demoras / Carguío	14,837.24	14,966.87	129.63	1.00

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la simulación se utilizó para calcular el KPI en base a la ecuación sigmoide (Figura 6.9) que permite utilizar un rango de valores de -5 a 5 unidades y cada variable de control se ajustará de acuerdo con el objetivo diario planificado y un rango máximo y mínimo de variabilidad para así controlar los desvíos

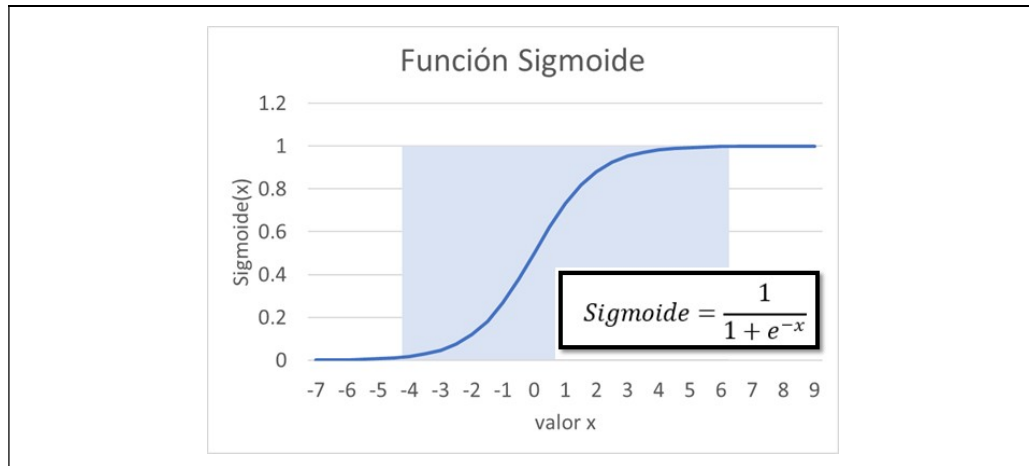


Figura 6.9 Función Sigmoide
Fuente: Elaboración propia

El valor objetivo del KPI se determinará con la valuación del factor de X

Se tiene que las variables de control se clasifican en dos tipos, la primera consiste en caso la variable de control resulte un valor menor y genera una producción mayor, en consecuencia, es inversamente proporcional a la producción. Las variables de control son todas las actividades de los ciclos tanto de carguío como acarreo. El segundo corresponde a las horas perdidas o utilizadas para mantenimiento como porcentaje de disponibilidad, uso de la disponibilidad y utilización efectiva, resultando en valores más altos y por ende mejoran la productividad, en consecuencia, es directamente proporcional a la producción.

Para que los kpis estén homogenizados y se active de acuerdo con los objetivos y variación máxima y mínima se propuso en la Ecuación 6.2 que asumirá la variable “x” de la función sigmoide.

Para que el KPI resulte más exigente se condiciona la variación calculada con respecto al objetivo de 25% el resultado del KPI tendrá una calificación de 50%

$$x = \left(1.25 - \frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Objetivo}}\right) \times 20$$

Factor para variables de control relacionado con los ciclos de los equipos de carguío y acarreo

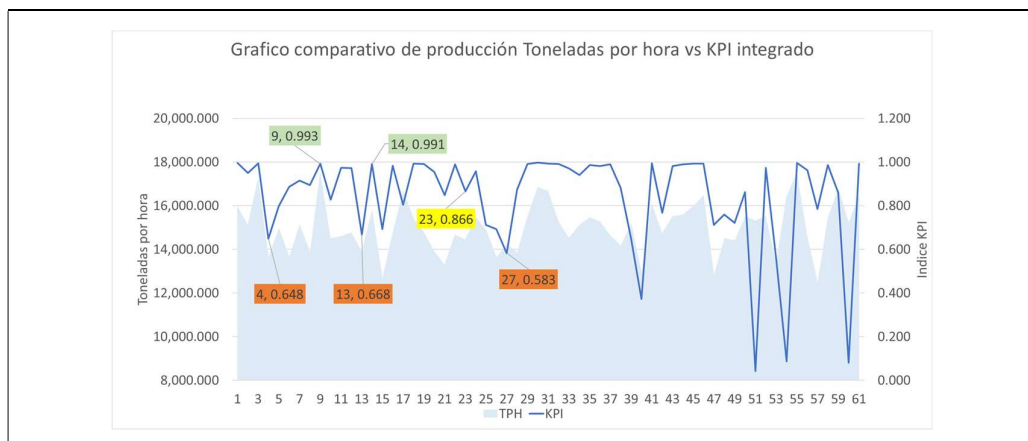
$$x = \left(0.75 - \frac{\text{Valor Real}}{\text{Valor Objetivo}}\right) \times -20$$

Factor para variables de control relacionado con los indicadores de disponibilidad, uso de disponibilidad y utilización efectiva de los equipos de carguío y acarreo

*Ecuación 6.2 Factores de valuación de la función sigmoide para variables de control
Fuente: Elaboración propia*

Teniendo en cuenta todos los factores se promediará de forma geométrica para que todos los factores impactarán a todo el resultado y en caso sea cercano a cero, todo el resultado del KPI será inducido a una baja calificación del indicador.

En la Figura 6.10 a continuación se compara el resultado del KPI respecto a la producción horaria



*Figura 6.10 Gráfico Comparativo de TPH vs KPI
Fuente: Elaboración Propia*

Se seleccionaron 6 valores de las simulaciones, dos de ellos con resultados altos, un resultado intermedio y tres resultados de KPI por debajo de 0.8 mostrado en la Tabla 6.6 se resaltaron en colores rojo las variables de control que obtuvieron un KPI por debajo de 0.5. se resaltaron en color naranja las variables de control con un KPI entre 0.8 y 0.5. se resaltaron en color amarillo todas las variables que resultó con un KPI entre 0.9 y 0.8 y el resto en color verde.

Tabla 6.6 Simulación de variables de control con resultados de KPI

Nombre de la variable de control	Resultado KPI por variable de Control							Valor resultado de la simulación						
	Ponderado	Numero de Fila						Objetivo	Numero de Fila					
		9	14	23	4	13	27		9	14	23	4	13	27
Disponibilidad Mecánica / Acarreo	14.72	0.950	0.906	0.896	0.941	0.897	0.756	90%	0.929	0.900	0.895	0.922	0.896	0.853
Cargando / Carguío	13.64	0.973	0.806	0.363	0.030	0.938	0.998	3.30	3.098	3.442	3.702	3.923	3.241	2.653
Acarreando / Acarreo	12.42	0.995	0.930	0.387	0.358	0.849	0.834	25.00	21.473	24.825	28.083	28.187	25.847	25.975
Viajando Vacio / Acarreo	10.69	0.892	0.992	0.918	2E-13	2E-13	0.564	14.00	14.325	12.480	14.121	19.355	19.384	15.469
Disponibilidad Mecánica / Carguío	6.67	0.966	0.979	0.966	0.969	0.979	0.980	90%	0.911	0.933	0.912	0.916	0.933	0.935
Cuadrando Carguío / Carguío	2.14	0.999	0.943	0.886	0.985	0.873	0.988	0.70	0.590	0.750	0.775	0.703	0.780	0.694
Descargando / Acarreo	1.72	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.60	0.368	0.077	0.292	0.327	0.366	0.149
Cuadrando / Acarreo	1.68	1.000	0.959	1E-04	1.000	1.000	1E-08	0.50	0.108	0.533	0.760	0.034	0.066	0.899
Espera y Listo para operar / Acarreo	1.31	0.994	0.994	0.994	0.995	0.994	0.995	90%	0.914	0.917	0.919	0.922	0.918	0.921
Demoras / Acarreo	1.23	0.991	0.990	0.990	0.991	0.990	0.988	0.90	0.896	0.890	0.889	0.897	0.893	0.884
Retrocediendo / Acarreo	1.13	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.60	0.264	0.283	0.066	0.421	0.104	0.146
Espera y Listo para operar / Carguío	1.07	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	90%	0.919	0.916	0.919	0.920	0.917	0.916
Demoras / Carguío	1.00	0.993	0.993	0.992	0.992	0.993	0.992	90%	0.896	0.897	0.894	0.893	0.896	0.895
Cola / Acarreo	1.00	0.716	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.70	0.843	0.500	0.278	-	-	-
Cola en descarga / Acarreo	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.70	0.056	0.062	0.059	0.047	0.400	0.306
Cargando / Carguío	13.64	0.973	0.806	0.363	0.030	0.938	0.998	3.30	3.098	3.442	3.702	3.923	3.241	2.653
Esperando / Carguío	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	0.009	2E-12	0.50	-	-	-	0.138	0.742	1.300

Fuente Elaboración Propia

El resultado del KPI se multiplicará el indicador de seguridad y el indicador de HPGPS y resultará el KPI final que determinará el rendimiento de la gestión de flota.

CONCLUSIONES

- El indicador de seguridad aporta a realizar un mejor seguimiento y supervisión de las actividades críticas porque incluye las inspecciones con calificación y para asegurar la calidad, los procedimientos deben ser realizados con el soporte del área de seguridad y salud ocupacional.
- El análisis para reducir traslados por frente de minado con problemas en esta investigación no es contundente, las simulaciones realizadas del proceso productivo se obtuvo resultados similares, el comparativo se validó respecto al grado de confianza contra el objetivo trazado. Por lo tanto, no se considera en el indicador de desempeño.
- La ponderación relacionada al impacto en tonelaje genera mejor resultado del indicador con respecto a la producción porque cada variable de control tiene un comportamiento distinto con la producción.
- En la primera comparación de simulación obtenemos un mejor grado de confianza con el objetivo de una productividad, lo que resulta a favor de la propuesta.

RECOMENDACIONES

- Para que el KPI tenga un resultado favorable a la producción debe ser calculado en tiempo real para tomar acción y programar los ajustes en campo.
- La toma muestra de información estados debe ser estructurada y con la mayor cantidad de campos para mejorar el análisis y tener mejores clasificaciones de los estados.
- La simulación montecarlos es un método que evalúa el modelo matemático y está condicionado al diseño y a la interacción de cada variable. La distribución de cada entrada también interviene en el resultado de la simulación.
- El ajuste de las variables de control para la simulación debe estar referenciada a la escala de tiempo y estructura de equipos a modelar porque impactaría en el resultado de la simulación de forma negativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bernstein S., Bernstein R. (1999) "Schaum's Outline of Elements of Statistics I: Descriptive Statistics and Probability"
- Canellas P., (2020). "Identificación de parámetros operacionales críticos en el rendimiento de camiones mediante redes bayesianas." [Tesis de Ingeniería, Universidad de Chile]
- Castillo J. (2014), "Factor equivalente entre la flota de carguío y acarreo, y su aplicación en el área de dispatch en Minera Yanacocha" [Trabajo Suficiencia, Universidad Nacional de Ingeniería]
- Giunta M., Praticò F. (2017), "Proposal of a Key Performance Indicator for Railway Track Based on LCC and RAMS Analyses"
- Goldratt Eliyahu M. (2010) "La Meta"
- Icart T., Fuenteisaz C., Pulpón A. (2000) "Elaboración y presentación de un Proyecto de Investigación y una tesina"
- Libandro, M. (2018), "Evaluación y control de riesgos en la compañía minera huancapet"
- Paliside (2022) "Manuales de @Risk" Simulación Montecarlo
- Parmenter, David (2015) "Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs"
- Pardo Álvarez, J. M. (2017) "Gestion por procesos y riesgo operacional"
- Pizarro Y. (2019), "Carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño en CIA Minera Los Quenuales S.A. Yauliyacu, lima -2018."
- PMI (2014) "PMBook Guide"
- Minera Yanacocha SRL,(2011) "Feet Management Standard"
- Mohammadi M., Gupta S., Rai P. (2015), "Performance Measurement of Mining Equipment".

Simco International, (2010), "Lean Six Sigma"

SOBOL I. M. (1983) "Metodo de Montecarlo" Editorial MIR

Vásquez, R. (2022) "La teoría de la causalidad de Frank Bird"

ANEXOS

Anexo 10.1 para la recolección de información de alta precisión de polígonos minados

Anexo 10.1 Alta precisión de polígonos

Minado	% Precisión Sistema	Tonelaje Minado	Tonelaje Reconciliación Geología
Correcto	4.52%	26,791	25,580
Sobreminado	22.16%	122,520	95,365
Socavada		148	2,528
Dentro del GT Poly no minado		0	16,001
Fuera del poligono	0.00%	0	0

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.2 para la recolección de información de la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío, se muestra el promedio mensual por flota

Anexo 10.2 Disponibilidad Mecánica Equipo de Carguío

% Disponibilidad Mecánica						
Periodo	Equipo de Carguio					
	Cat 992GHL	Cat 994A	Cat 994D	Cat 994F	Hit 2500	Hit 5500EX
May-2010	88.31	56.13	83.31	88.55	72.05	90.71
Jun-2010	92.19	87.47	50.65	91.06	89.50	90.76
Jul-2010	89.66	87.97	87.53	84.78	92.60	92.53
Ago-2010	89.34	83.44	90.62	94.31	86.84	88.40
Set-2010	90.42	86.34	75.87	88.62	93.18	89.38
Oct-2010	87.28	87.66	88.78	84.98	92.45	92.02
Nov-2010	85.68	69.90	87.31	86.14	90.38	90.17
Dic-2010	79.39	82.53	89.05	80.68	86.24	84.14
Ene-2011	87.96	80.44	81.87	80.20	86.12	97.34
Feb-2011	90.10	73.29	77.30	84.98	88.41	73.52
Mar-2011	99.23	-	83.95	100.00	99.10	96.86
Abr-2011	87.85	-	81.37	86.47	87.78	89.06

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.3 para la recolección del uso efectivo o Usaje de los equipos de carguío, se muestra el promedio mensual por flota

Anexo 10.3 Utilización Efectiva o Usaje Equipo de Carguío

% Usaje						
Periodo	Equipo de Carguío					
	Cat 992GHL	Cat 994A	Cat 994D	Cat 994F	Hit 2500	Hit 5500EX
May-2010	73.40	85.36	84.88	90.16	85.78	91.35
Jun-2010	79.46	89.86	86.34	91.24	85.64	91.29
Jul-2010	68.43	82.70	82.99	83.51	87.36	90.41
Ago-2010	61.05	74.56	76.82	80.18	89.39	91.78
Set-2010	58.24	72.05	74.91	85.23	88.29	90.47
Oct-2010	52.84	77.73	77.12	81.06	86.07	88.89
Nov-2010	52.70	76.56	79.79	83.84	84.01	87.19
Dic-2010	59.95	83.48	78.78	80.36	85.66	85.75
Ene-2011	67.38	84.98	84.72	88.35	87.22	89.50
Feb-2011	65.42	81.29	81.70	78.84	85.15	86.33
Mar-2011	58.19	-	65.30	65.98	87.42	87.29
Abr-2011	63.16	-	80.58	84.27	86.51	89.35

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.4 para la recolección de tiempo cargando de los equipos de carguío, se muestra el promedio mensual por flota

Anexo 10.4 Cargando (Equipo de Carguío)

Cargando				
Guardia	Equipo de Carguio			
	Cat 992GHL	Cat 994A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Guardia A	3.09	3.77	3.44	2.77
Guardia B	3.25	3.37	3.54	2.87
Guardia C	3.27	3.47	3.83	2.84
Guardia D	3.37	3.44	3.76	2.79

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.5 para la recolección del tiempo esperando equipo de acarreo, se muestra el promedio mensual por flota

Anexo 10.5 Esperando (equipo de carguío)

Esperando				
Guardia	Equipo de Carguio			
	Cat 992GHL	Cat 994A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Guardia A	4.16	1.05	14.67	0.57
Guardia B	4.85	1.49	8.52	0.59
Guardia C	4.25	1.35	11.29	0.63
Guardia D	5.12	1.76	9.00	0.60

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.6 Para la recolección del tiempo cuadrando equipo de carguío, se muestra el promedio mensual por flota

Anexo 10.6 Cuadrando (Equipo de carguío)

Cuadrando				
Guardia	Equipo de Carguio			
	Cat 992GHL	Cat 994A/D/F	Hit 2500	Hit 5500EX
Guardia A	0.99	0.83	0.71	1.32
Guardia B	0.90	0.95	0.74	1.37
Guardia C	0.90	0.85	0.73	1.38
Guardia D	0.89	0.89	0.70	1.24

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.7 Para la recolección de la disponibilidad mecánica de los equipos de acarreo, se muestra el promedio mensual por flota

Anexo 10.7 Disponibilidad Mecánica de los equipos de acarreo

% Disponibilidad							
Fecha	Equipo de Acarreo						
	Cat 777D	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C	CAT 793D	CAT 793DT	CAT 793F
05/01/2010		90.00	84.13	86.81	85.67	88.88	
06/01/2010	100.00	89.66	83.80	86.87	86.28	90.80	
07/01/2010	91.83	88.92	82.66	87.56	86.44	88.56	
08/01/2010	86.61	91.00	84.52	86.17	85.75	90.52	
09/01/2010	75.74	89.67	83.08	86.69	85.33	91.73	
10/01/2010	86.17	88.87	85.25	87.99	83.21	89.80	
11/01/2010	79.10	88.95	80.33	87.11	84.92	81.81	65.51
12/01/2010	74.99	89.93	82.36	86.98	84.28	89.23	52.61
01/01/2011	91.02	88.69	84.57	85.63	85.59	85.36	63.85
02/01/2011	82.91	90.57	79.70	84.35	82.40	89.05	71.74
03/01/2011	100.00	92.38	72.65	82.23	85.66	82.35	98.40
04/01/2011	82.95	89.63	83.05	86.62	85.01	88.55	63.33

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.8 Para la recolección del utilización efectiva o usaje de los equipos de acarreo, se muestra el promedio mensual por flota

% Usaje							
Fecha	Equipo de Acarreo						
	Cat 777D	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C	CAT 793D	CAT 793DT	CAT 793F
05/01/2010		93.52	94.34	94.76	94.50	94.11	
06/01/2010	100.00	92.98	94.21	94.89	94.41	94.79	
07/01/2010	60.05	93.50	94.96	95.01	94.95	94.89	
08/01/2010	61.06	94.29	94.89	94.97	95.05	95.47	
09/01/2010	76.97	94.39	93.71	94.71	94.72	94.94	
10/01/2010	66.37	93.13	93.63	94.23	93.74	94.17	
11/01/2010	66.01	92.42	93.15	93.65	93.61	93.36	84.72
12/01/2010	66.26	92.83	91.34	92.90	92.67	93.10	93.26
01/01/2011	53.20	91.62	92.81	93.93	93.69	93.04	92.70
02/01/2011	52.42	88.87	90.13	92.56	92.31	92.96	89.88
03/01/2011	50.79	86.21	83.07	94.03	94.46	94.74	95.08
04/01/2011	51.08	87.77	88.32	93.18	93.99	94.10	94.38

Anexo 10.8 Utilización efectiva o usaje de equipos de acarreo

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.9 Para la recolección de distancias horizontales equivalentes, velocidades y tiempos de viaje de los equipos de acarreo, se muestra el promedio mensual por flota

Equipo de Acarreo	DHE Cargado (Km)	DHE Vacío (Km)	Vel. Cargado (Km/h)	Vel. Vacío (Km/h)	Tiempo de Viaje Cargado (h)	Tiempo de Viaje Vacío (h)
Cat 777D	7.73	4.59	14.42	22.62	12.24	9.38
Cat 785C	9.86	5.61	14.14	25.66	15.32	9.79
Cat 793B	13.28	6.76	13.83	27.36	19.87	11.21
Cat 793C	14.39	7.06	13.74	27.05	21.52	11.67
Cat 793D	14.73	5.01	13.89	28.42	21.73	11.38
CAT 793DT	14.95	7.24	14.40	29.20	21.33	11.24

*Anexo 10.9 Distancia horizontal equivalente, Velocidades y Tiempos de viajes
Fuente Elaboración Propia*

Anexo 10.10 Para la recolección de las actividades del ciclo de acarreo, se muestra el promedio mensual por flota

Anexo 10.10 Ciclo de acarreo

Equipo de Acarreo	Cola (min)	Cuadrando (min)	Cargando (min)	Acarreando (min)	Esperando (min)	Cuadrando en Descarga (min)	Descargando (min)	Viajando Vacío (min)
Cat 777D	3.86	0.68	2.04	11.74	0.50	0.38	0.88	9.03
Cat 785C	3.11	1.01	2.55	11.70	0.35	0.31	0.87	7.38
Cat 793B	3.38	1.44	3.27	11.31	0.39	0.30	1.06	7.11
Cat 793C	3.27	1.45	3.10	11.13	0.39	0.34	0.97	7.04
Cat 793D	3.33	1.67	3.11	10.27	0.43	0.33	0.94	7.15
Cat 793DT	3.25	1.65	3.08	10.23	0.48	0.36	0.96	7.03
Cat 793F	3.23	1.67	3.13	10.20	0.53	0.38	0.93	7.05

Fuente Elaboración Propia

Anexo 10.11 para datos de estados de los equipos de carguío, la tabla se muestra un fragmento del total de la información por razones referenciales los datos están ordenados por equipo y tiempo de inicio de actividad (no se muestra en la tabla) para validar cada actividad marcada tiene un traslado predecesora o sucesora

Anexo 10.11 Categoría de Actividades de Estados

ID	Equipo	Revisión por Actividad	Estado	Descripción	Hora	DiaTurno	Turno
1	SH001		Operativo	PRODUCCION	3.814	01-Sep-10	A
2	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.097	01-Sep-10	A
3	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.749	01-Sep-10	A
4	SH001		Listo en Espera	TRASLADO OPERATIVO 5 MIN	0.107	01-Sep-10	A
5	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.007	01-Sep-10	A
5	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.265	01-Sep-10	A
6	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.057	01-Sep-10	A
7	SH001		Operativo	PRODUCCION	2.489	01-Sep-10	A
8	SH001	SIN TRASLADO	Demora	DISPARO	0.890	01-Sep-10	A
9	SH001		Operativo	PRODUCCION	3.366	01-Sep-10	A
10	SH001		Demora	CAMBIO TURNO	0.159	01-Sep-10	A
10	SH001		Demora	CAMBIO TURNO	0.023	01-Sep-10	B
11	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.042	01-Sep-10	B
11	SH001		Operativo	PRODUCCION	1.763	01-Sep-10	B
12	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.001	01-Sep-10	B
12	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.001	01-Sep-10	B
12	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.024	01-Sep-10	B
13	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.004	01-Sep-10	B
14	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.374	01-Sep-10	B
15	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.004	01-Sep-10	B
16	SH001	SIN TRASLADO	Demora	RELLENO COMBUSTIBLE	0.202	01-Sep-10	B
17	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.018	01-Sep-10	B
17	SH001		Operativo	PRODUCCION	2.904	01-Sep-10	B
18	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.043	01-Sep-10	B
19	SH001		Operativo	PRODUCCION	1.702	01-Sep-10	B
20	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.057	01-Sep-10	B
21	SH001		Operativo	PRODUCCION	4.649	01-Sep-10	B
22	SH001	SIN TRASLADO	Demora	CAMBIO OPERADOR	0.124	01-Sep-10	B
23	SH001		Operativo	PRODUCCION	0.065	01-Sep-10	B

Fuente: Elaboración Propia