

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



**“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE
COMBUSTIBLE LÍQUIDO A LA EMPRESA MINERA CERRO VERDE EN UNA
EMPRESA DE TRANSPORTES EN LA ZONA SUR DEL PERÚ”**

Tesis presentada por la Bachiller:

Rondón Rodríguez, Carolina Janeth

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniera Industrial

Asesor:

Ing. Urday Luna, Ferly Elmer

Arequipa-Perú

2020

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



INFORME DICTAMINATORIO
DE BORRADOR DE TESIS



VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO: "PROPUESTA DE OPTIMIZACION EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO A LA EMPRESA MINERA CERRO VERDE EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTES EN LA ZONA SUR DEL PERÚ"

PRESENTADO POR EL(LA) BACHILLER (ES) :

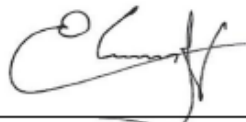
Rondón Rodríguez, Carolina Janeth

NUESTRO DICTAMEN ES:
Procedente

OBSERVACIONES:

Ninguna

Arequipa, 26 de agosto del 2019.



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Edwing Jesús Ticse Villanueva

Código: 1341



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Ferly Elmer Urday Luna

Código: 2350

Dedicado a:

Los grandes ejemplos de mi vida, mis padres y mis hermanos quienes son mi apoyo incondicional y a los cuales incluyo en cada uno de mis éxitos y fracasos, doy gracias por sus consejos, los cuales espero siempre aceptar con sabiduría, gracias por darme las herramientas necesarias para salir adelante y por siempre darme aliento, todo lo que soy se los debo a ustedes.

De igual manera mi agradecimiento a todos aquellos que de alguna u otra forma facilitaron la realización del presente trabajo.

RESUMEN

Sabiendo la importancia del transporte de combustible líquido, para el abastecimiento en los principales centros mineros del sur del país, específicamente para la empresa minera Cerro Verde, la presente tesis trata de dar a conocer que se puede optimizar el transporte de combustible líquido, utilizando de manera correcta los recursos como son camiones, conductores, etc.

En este caso se ha utilizado el Software Arena para elaborar un modelo que reflejaría el comportamiento real en el transporte de combustible líquido hacia Cerro Verde, mediante la prueba de hipótesis se determinó que el modelo en Arena emulaba el proceso real, posteriormente tomando el modelo inicial como base se propusieron las alternativas de mejora y se realizó un análisis económico tanto del modelo actual como el modelo propuesto.

Al finalizar se logró incrementar el número de viajes promedio por mes de 235 a 249 según el modelo propuesto, con lo cual los galones entregados también tendrían un incremento del 5.9%, de igual manera según nuestro análisis económico el modelo propuesto sería viable y más rentable que el modelo de transporte actual, concluyendo así que nuestro modelo propuesto puede ser llevado a la práctica.

Palabras clave: Simulación, Optimización, Transporte, Combustible Líquido

ABSTRACT

Knowing the importance of the transportation of liquid fuel, for the supply in the main mining centers of the south of the country, specifically for the mining company Cerro Verde, this thesis tries to make known that the transport of liquid fuel can be optimized, using correctly the resources such as trucks, drivers, etc.

In this case the Arena Software has been used to develop a model that would reflect the real behavior in the transport of liquid fuel to Cerro Verde, by means of the hypothesis test, the model in Arena was emulated, emulating the real process, later taking the initial model The improvement alternatives were proposed as a basis and an economic analysis was carried out of both the current model and the proposed model.

At the end, the average number of trips per month increased from 236.5 to 249 according to the proposed model, with which the gallons delivered would also have an increase of 5.9% , in the same way according to our economic analysis the proposed model would be viable and more cost effective than the current transport model, concluding so that our proposed model can be implemented.

Keywords: Simulation, Optimization, Transportation, Liquid Fuel

INTRODUCCIÓN

En el siguiente caso de estudio se propone la optimización en el proceso de abastecimiento de combustible líquido a la empresa minera Cerro verde mediante la simulación de eventos discretos, se está tomando como referencia a la empresa Servosa, la cual abastece cerca del 50% de la demanda, por lo cual es necesario optimizar los recursos que permitan el beneficio económico a la empresa.

En el capítulo 1 se describen las generalidades del estudio, planteando los objetivos, descripción, alcance, antecedentes y justificación del problema.

Posteriormente en el capítulo 2, se describen las diversas metodologías, técnicas y conceptos que componen las herramientas utilizadas para la mejora de procesos, como la simulación de eventos discretos, transporte de combustible líquido en el Perú y conceptos estadísticos.

En el capítulo 3 se describe a la empresa, se realiza un diagnóstico de la situación actual en la operación Cerro Verde, identificando los recursos con los que cuenta la operación, así como los principales factores de incumplimiento.

En el capítulo 4 se procedió con la recopilación de información, definiendo las variables de nuestro modelo y la recopilación de datos, utilizando el Input Analyzer para determinar las distribuciones de cada uno de los tiempos.

Asimismo, en el capítulo 5 se realiza la construcción del modelo en el Software Arena y validación del mismo, comparando el modelo real y el modelo en Arena utilizando una prueba de hipótesis.

Finalmente, en el capítulo 6 se plantean las propuestas de mejora, demostrando la viabilidad económica de la propuesta mediante un análisis económico comparativo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN	VI
CAPITULO 1: GENERALIDADES	1
1.1 TITULO:	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3 DESCRIPCIÓN PROBLEMA	1
1.4 OBJETIVOS:	1
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.5 HIPOTESIS	2
1.6 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	2
1.7 TIPO DE INVESTIGACIÓN	3
1.8 ALCANCE	3
1.9 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.9.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
1.9.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	3
1.9.3 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	4
1.10 VARIABLES	4
1.10.1 VARIABLE DEPENDIENTE:.....	4
1.10.2 VARIABLE INDEPENDIENTE:.....	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO	7
2.1 SISTEMA:	7

2.2	SIMULACIÓN:	7
2.2.1	ETAPAS DE UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN:	8
2.2.2	ELEMENTOS:.....	10
2.3	MODELO:	10
2.3.1	VARIABLES DEL MODELO	10
2.3.2	SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS:.....	11
2.4	ARENA ROCKWELL 14.0	12
2.5	CONCEPTOS ESTADÍSTICOS	12
2.5.1	POBLACIÓN Y MUESTRA	12
2.5.2	PRUEBAS DE HIPÓTESIS.....	13
2.6	TRANSPORTE DE MERCANCIAS:	14
2.6.1	REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE DE CARGA PELIGROSA PERÚ:.....	15
CAPÍTULO 3: DIAGNOSTICO SITUACIONAL		17
3.1	LA EMPRESA:	17
3.1.1	INFRAESTRUCTURA:	18
3.1.2	EMPRESAS DEL GRUPO SERVOSA:.....	19
3.1.3	CLIENTES:.....	20
3.2	OPERACIÓN CERRO VERDE:	20
3.2.1	ORGANIGRAMA DE LA OPERACIÓN:.....	20
3.2.2	HOJA DE RUTA OPERACIÓN CERRO VERDE	22
3.2.3	PROCESO PRODUCTIVO	23
3.2.4	PRINCIPALES PROCESOS:.....	26
3.3	RECURSOS:	28
3.3.1	PERSONAL	28
3.3.2	UNIDADES	30
3.3.3	MANTENIMIENTO:	31
3.3.4	COMBUSTIBLE:	34
3.4	DEMANDA Y CUMPLIMIENTO:	35
CAPÍTULO 4: RECOPIACION DE INFORMACION		39
4.1	DEFINICIÓN DE VARIABLES:	39
4.1.1	VARIABLES EXÓGENAS:.....	39
4.1.2	VARIABLES ENDÓGENAS:.....	39

4.2	PLAN DE RECOPIACION DE INFORMACION.....	40
4.2.1	FUENTES DE INFORMACIÓN:.....	40
4.2.2	PERIODO DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:.....	40
4.2.3	CANTIDAD DE DATOS A RECOPIAR:.....	40
	• Tiempo de cargado:.....	41
	• Tiempo de espera previo al carguío.....	42
	• Tiempo de demora en la salida de Mollendo.....	43
	• Tiempo de tránsito de Mollendo a la Mina Cerro verde.....	44
	• Tiempo en Garita de Control.....	44
	• Tiempo de Garita a grifo.....	45
	• Tiempo de espera descarga:.....	45
	• Tiempo de descarga:.....	46
	• Tiempo de espera salida mina.....	47
	• Tiempo de garita a Matarani:.....	47
	• Tiempo de Matarani a Planta Mollendo:.....	48
4.3	DISTRIBUCIONES:.....	49
4.3.1	DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS REGULARES.....	49
4.3.2	DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS EXTRA:.....	50
CAPÍTULO 5: IMPLEMENTACION DEL MODELO DE SIMULACION.....		52
5.1	PROPIEDADES DEL MODELO:.....	52
5.2	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS.....	52
5.2.1	ENTIDADES:.....	52
5.2.2	ATRIBUTOS:.....	53
5.2.3	RECURSOS:.....	53
5.2.4	COLAS:.....	54
5.2.5	ESTACIONES:.....	54
5.2.6	CONTADORES:.....	54
5.2.7	SUPUESTOS:.....	56
5.3	MODELO DE SIMULACIÓN.....	56
5.3.1	PARÁMETROS INICIALES:.....	56
5.3.2	PROCESO CARGA:.....	57
5.3.3	PROCESO TRANSPORTE:.....	61
5.3.4	PROCESO DE DESCARGA:.....	62
5.3.5	PROCESO DE MANTENIMIENTO:.....	64
5.3.6	MODELO ARENA.....	68
5.4	VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN.....	72
5.4.1	RESULTADOS:.....	72
5.4.2	DATOS REALES ACTUALES.....	72

5.4.3	COMPARACIÓN MODELO REAL Y EL MODELO EN ARENA	73
CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE MEJORA.....		75
6.1	TABLA DE RESULTADOS:	75
6.2	IDENTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA:	77
6.2.1	CONSIDERACIONES:.....	77
6.2.2	ESCENARIO PROPUESTO:.....	77
6.3	RESULTADOS.....	79
6.4	COMPARACIÓN DEL MODELO ACTUAL CON EL MODELO PROPUESTO:.....	79
6.5	ANÁLISIS ECONÓMICO	80
6.5.1	INVERSION:.....	80
6.5.2	DEPRECIACION	81
6.5.3	COSTOS DE LA OPERACIÓN	83
6.5.4	INGRESO POR VENTAS:	88
6.5.5	FLUJO DE CAJA MODELO ACTUAL:	89
6.5.6	FLUJO DE CAJA MODELO PROPUESTO.....	92
CONCLUSIONES		95
RECOMENDACIONES		97
BIBLIOGRAFÍA		98
ANEXOS		100
ANEXO 1: GPS DE LAS UNIDADES DE CERRO VERDE		100
ANEXO 2: DISTRIBUCIONES INPUT ANALYZER		101
ANEXO 3: ABASTECIMIENTO COMBUSTIBLE OPERACIÓN CERRO VERDE.....		107
ANEXO 4: TIEMPOS DE TRANSPORTE.....		109
ANEXO 5: FORMATO PARA EL REPORTE DE FALLAS DE UNIDADES.....		112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Variables e Indicadores	6
Tabla 2 - Capacidad de carga de las unidades	30
Tabla 4 - Frecuencia de mantenimientos correctivos	32
Tabla 5 - Frecuencia tipos de mantenimiento correctivo	33
Tabla 6 - Galones promedio x viaje	34
Tabla 7 - Cumplimiento y facturación total viajes por mes	35
Tabla 8 - Factores incumplimiento	36
Tabla 9 - Frecuencia observaciones mina.....	36
Tabla 10 - Frecuencia observaciones mina.....	37
Tabla 11 - Número de muestras para el tiempo de cargado	41
Tabla 12 - Número de muestras tiempo de espera carga preferencial	42
Tabla 13 - Número de muestras tiempo de espera carga normal	43
Tabla 14 - Número de muestras demora en salida Mollendo	43
Tabla 15 - Número de muestras tránsito de Mollendo a mina cerro verde.....	44
Tabla 16 - Número de muestras tiempo en garita de control	44
Tabla 17 - Número de muestras tiempo de garita a grifo	45
Tabla 18 - Número de muestras tiempo de espera descarga	46
Tabla 19 - Número de muestras tiempo de descarga	46
Tabla 20 - Número de muestras tiempo de espera salida mina	47
Tabla 21 - Número de muestras tiempo de garita a Matarani	47
Tabla 22 - Número de muestras tiempo Matarani a planta Mollendo	48
Tabla 23 - Resumen número de muestras	49
Tabla 24 - Resumen de distribuciones tiempos regulares.....	50
Tabla 25 - Resumen de distribución de los tiempos extra.....	51
Tabla 26 - Atributos	53
Tabla 27 - Recursos	53
Tabla 28 - Histórico de viajes de los últimos 18 meses de la operación	73
Tabla 29 - Depreciación tracto	82
Tabla 30 - Depreciación cisterna.....	82
Tabla 31 - Costos de RR.HH.....	84
Tabla 32 - Costos RR.HH. propuesto.....	85
Tabla 33 - Otros costos fijos modelo actual	86
Tabla 34 - Costos variables modelo actual	87
Tabla 35 - Costos variables modelo propuesto	88
Tabla 36 - Ingreso por ventas	89
Tabla 37 - Flujo de caja modelo actual.....	91
Tabla 38 -Flujo de caja modelo propuesto	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de estudio de simulación	9
Figura 2 - Unidades de negocio de Servosa	18
Figura 3 - Infraestructura Empresa	18
Figura 4 - Organigrama operación cerro verde	21
Figura 5 - Diagrama de bloques del proceso de transporte hacia CV	24
Figura 6 - Diagrama de flujo del proceso productivo	25
Figura 7 - Planta de abastecimiento Petroperu	26
Figura 8 - Traslado Petroperu – Sociedad Minera Cerro Verde	27
Figura 9 – Descarga Sociedad Minera Cerro Verde	28
Figura 10 - Recurrencia de mantenimiento preventivo	32
Figura 11 - Frecuencia tipos mantenimiento correctivo	33
Figura 12 - Cumplimiento total de viajes por mes	35
Figura 13 - Frecuencia observaciones mina	37
Figura 14 - Contadores regulares	55
Figura 15 - Contadores adicionales	55
Figura 16 - Proceso carga	69
Figura 17 - Proceso transporte	69
Figura 18 - Proceso descarga	70
Figura 19 - Proceso de mantenimiento	71
Figura 20 - Resultados modelo actual software arena	75
Figura 21 - Utilización de recursos modelo actual	76
Figura 22 - Resultados modelo propuesto software arena	79
Figura 23 - Medias y desviación estándar de modelo actual y propuesto	80

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 TITULO:

“Propuesta de optimización en el proceso de abastecimiento de combustible líquido a la empresa minera Cerro Verde en una empresa de transportes en la zona sur del Perú”

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

¿Es factible optimizar el proceso de abastecimiento de combustible líquido por parte de una empresa de transportes de la zona sur del Perú hacia la empresa minera Cerro Verde aplicando un modelo de simulación?

1.3 DESCRIPCIÓN PROBLEMA

Ciertos gastos como la asignación de viáticos (alimentación, peajes, hospedajes, etc.) no tienen una correcta fiscalización, además de la cantidad de observaciones en garita mina por parte de la SMCV, son parte del causante de que los viajes realizados por la Operación sean menores a los esperados por la empresa.

1.4 OBJETIVOS:

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de abastecimiento de combustible líquido por parte de una empresa de transportes en la zona sur del Perú hacia la empresa minera Cerro Verde.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar el diagnóstico situacional de la Operación Cerro Verde en la empresa analizada.
- Examinar los datos, levantando la información necesaria para la elaboración de nuestro modelo
- Explicar cada uno de los elementos del sistema, diseñando y validando el modelo desarrollado, así como su propuesta.
- Valorar la propuesta mediante la estimación económica, evaluando los costos y beneficios alcanzados como consecuencia de estos cambios.

1.5 HIPOTESIS

“Es viable optimizar el proceso de abastecimiento de combustible líquido en una empresa de transportes en la zona sur del Perú hacia la empresa minera Cerro Verde empleando un modelo de simulación”.

1.6 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En los dos últimos trimestres, se registraron valores más altos en lo que respecta a mermas, gastos operativos y en paradas, lo que trajo consigo un reducción hasta del 30% en la productividad esperada para ese semestre, dichos problemas se originan por el incremento de personal que en su mayoría son conductores y el hábito de la entrega de viáticos aunque los conductores lleguen a la base principal, las pérdidas por merma de combustible, la excesiva demora en la salida de unidades y a la falta de documentación actualizada de los conductores como de las unidades que deniega la autorización para la carga como para el traslado del combustible.

1.7 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el diseño de nuestro modelo es necesario calcular las variables del sistema, por lo que nuestra investigación es de tipo descriptivo y correlacional.

1.8 ALCANCE

La operación Cerro Verde comprende tres procesos principales: Carga de combustible en planta Mollendo, transporte propiamente dicho desde planta hasta mina y descarga en mina.

Además, se consideran ciertas actividades de áreas secundarias como mantenimiento, SSOMAC y PCP las cuales interactúan con el área de operaciones.

1.9 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.9.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Mediante nuestra investigación se efectuará una mejora en el servicio de transporte de combustible líquido hacia la empresa Cerro Verde, lo que se traducirá en un aumento en la productividad y mejora en el tiempo de servicio, para lo cual se utilizará una herramienta de optimización como e Arena Rockwell.

Este estudio puede servir de igual forma como una referencia para otro tipo de operaciones con servicios semejantes, como es el caso dl transporte de concentrado mineral, de esta manera poder mejorar su productividad ofreciendo un servicio confiable y de calidad.

1.9.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Por medio de nuestro análisis podremos tener deducciones en lo referente a gastos, sobre todo en los tiempos de transporte los cuales

repercuten directamente en nuestro cumplimiento de viajes y por lo tanto sobre las ganancias.

1.9.3 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

La aplicación del software contribuirá a la validación de la información, kpi's, metas internas, así como servir de referencia para otras áreas en la programación de actividades como es el caso de GTH, mantenimiento y logística.

1.10 VARIABLES

1.10.1 VARIABLE DEPENDIENTE:

Nuestra variable dependiente es la optimización del proceso de abastecimiento de combustible líquido.

- **INDICADORES:**

Volumen entregado al mes

- ✓ **Definición Conceptual:** Volumen en galones entregados por en una unidad de tiempo
- ✓ **Definición Operativa:** Es la cantidad de galones que es transportado según nuestra hoja de ruta desde la zona de carga (Mollendo) a la de descarga (Cerro Verde) cumpliendo los requisitos tanto técnicos como documentarios para la operatividad del convoy de unidades tracto cisterna.
- ✓ **Unidad de medida:** galones entregados/(unidad*tiempo)

- ✓ **Tipo de variable:** Cuantitativa

Viajes realizados al mes

- ✓ **Definición Conceptual:** Cantidad de viajes realizados en un Rango de tiempo.
- ✓ **Definición Operativa:** El número de viajes realizados cantidad de viajes realizados a lo largo de nuestra hoja de ruta desde el ingreso a planta – carga – traslado a mina – descarga – retorno camión descargado – llegada Matarani durante un mes
- ✓ **Unidad de medida:** viajes /unidad de tiempo
- ✓ **Tipo de variable:** Cuantitativa

1.10.2 VARIABLE INDEPENDIENTE:

Nuestra variable independiente es el modelo de simulación.

- **INDICADORES:**

Variaciones en el proceso actual de transporte representado en el nuevo modelo de simulación:

- ✓ **Definición conceptual:** Estimar en los diferentes escenarios de nuestro nuevo diseño del modelo actual de simulación una mejor opción que haga cambiar los valores de cada variable dependiente.
- ✓ **Definición operativa:** Reflejar el comportamiento óptimo en el software de simulación mediante nuestro nuevo diseño.

Tabla 1 – Variables e Indicadores

Variable Independiente	Modelo de Simulación del Transporte de Combustible Líquido	Cambios en el proceso de transporte presente representado en nuestro modelo de simulación
Variable Dependiente	Optimización del proceso de abastecimiento de Combustible Líquido	Volumen en galones entregados al mes
		Viajes realizados al mes

Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

El siguiente capítulo se relata y definen los conceptos y términos básicos necesarios para justificar el presente trabajo de tesis, la misma se recopiló de diferentes fuentes lo que nos permite definir los conceptos más importantes y relevantes.

2.1 SISTEMA:

“Es un agregado o conjunto de objetos reunidos en alguna interacción o interdependencia regular” (Gordon, 1989).

Otro autor defina un sistema como “Una colección de objetos o entidades, como máquinas o personas, que actúan e interactúan juntos para lograr un objetivo en común” (Schmidt, J.W., & R.E., 1970).

2.2 SIMULACIÓN:

“Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con el mismo con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o de evaluar nuevas estrategias - dentro de los límites impuestos por un criterio o conjunto de ellos -, para el funcionamiento del sistema” (Shannon, 1975).

“Es una amplia colección de métodos y aplicaciones, que permiten imitar el comportamiento de un sistema real. La simulación, puede ser un término extremadamente general, que se aplica en muchos campos, industrias y otras aplicaciones” (W. David Kelton, 2008).

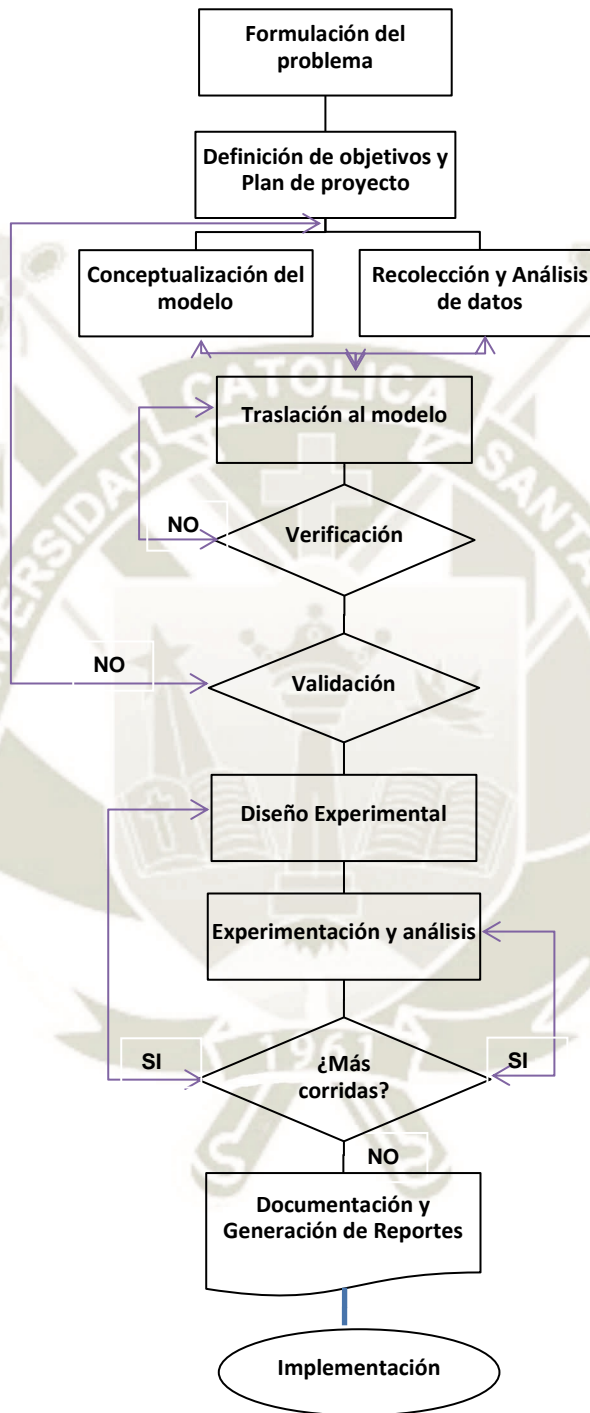
2.2.1 ETAPAS DE UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN:

Law/Kelton, (2000) nos plantean una serie de pasos básicos que podemos seguir la realizar un estudio de simulación completo y ordenado, el propuesto es una guía desde el reconocimiento y formulación del problema hasta una presentación final de los resultados obtenidos, los pasos que estos autores plantean son los siguientes:

- a) Comprensión del sistema real y planteamiento claro de los objetivos
- b) Recogida de datos y formulación del modelo conceptual
- c) Creación del programa utilizando el software adecuado
- d) Verificación del programa: ¿refleja realmente el modelo conceptual deseado?
- e) Validación del modelo: ¿el modelo representa fielmente el sistema real?
- f) Experimentación
- g) Análisis de los resultados de la simulación
- h) Presentación de las conclusiones del estudio

En la Figura 1 se muestra el ciclo iterativo y conexión entre las etapas ya mencionadas.

Figura 1 - Etapas de estudio de simulación



Fuente: Elaboración propia

2.2.2 ELEMENTOS:

García Duna E., (2006) Nos indica cuales son los elementos de la simulación:

- **Entidad.** - Son los objetos de interés del sistema, puesto que son los responsables que de un sistema cambie de estado
- **Atributo.** - Son las propiedades que caracterizan una entidad y son útiles para diferenciar entidades y pueden asignarse o cambiarse durante el proceso
- **Recursos.** - Son aquellos dispositivos diferentes a las locaciones necesarios para llevar a cabo una operación y se traslada de acuerdo con los requerimientos del sistema.

2.3 MODELO:

“Los modelos de simulación representan los eventos o sucesos que podrían ocurrir durante las operaciones del sistema mediante una secuencia de pasos en un programa de operaciones del sistema mediante una secuencia de pasos en un programa de ordenador” (Buzacott, 1993) .

“Un modelo es una representación de la realidad que se desarrolla con el propósito de estudiarla. En la mayoría de los análisis no es necesario considerar todos los detalles; de tal manera, que el modelo no es sólo un sustituto de la realidad, sino también una simplificación de ella” (Aldo, 2003).

2.3.1 VARIABLES DEL MODELO

Según (Law/Kelton, 2000) el modelo consta de variables:

- **Exógenas:** son variables de entrada, originadas por causas externas al sistema, son independientes, es decir han sido predeterminadas y proporcionadas independientemente del sistema a modelar. Puede considerarse que estas variables

actúan sobre el sistema, pero no reciben acción alguna de parte de él

- **Endógenas:** son establecidas dentro del sistema que resultan de causas internas, el uso en el sistema de ecuaciones; son las dependientes o de salida del sistema y son generadas por la interacción de las variables exógenas con las de estado, de acuerdo con las características de operación
- **Estado:** describen el estado de un sistema o de uno de sus componentes, ya sean al comienzo, al final o durante un periodo de tiempo, estas variables interactúan con las exógenas y las endógenas del sistema, de acuerdo a las relaciones funcionales.

2.3.2 SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS:

Se define, como “una herramienta para el modelado de un sistema estocástico que evoluciona con el tiempo mediante la representación de variables de estado que cambian solamente en puntos discretos del tiempo” (Winston, 2005).

“La simulación discreta es aquella en que los eventos se dan en puntos discretos de tiempo, con lo cual se actualizan los valores de las variables de estado del modelo en dichos puntos. Es decir, existe un intervalo de tiempo variable entre la ocurrencia de un evento y la del otro” (Vega, 2010).

En la mayoría de los sistemas, el tiempo representa la variable independiente, mientras que las otras variables irán modificándose de acuerdo al tiempo, es decir, serán las variables dependientes.

2.4 ARENA ROCKWELL 14.0.

“Arena se presenta como una herramienta orientada al proceso, es decir permite la descripción de un sistema en contraposición con la orientación al evento de cada uno de ellos, y debe mantener un control del manejo de las entidades, variables, eventos, etc” (Escobar, 2008).

“El procesamiento de resultados entregados por Arena, puede realizarse mediante la aplicación Process Analyzer, la que puede comparar y realizar gráficos de los distintos indicadores de desempeños, tanto de genéricos, como los especificados por el usuario” (Gordon, 1989).

Output Analyzer, es una herramienta que, a pesar de no estar integrado en el Arena, puede realizar un análisis de resultados con los reportes entregados por el Arena, este Software nos permite realizar histogramas, comparaciones entre muestras, intervalos de confianza, diagramas de dispersión y otros.

De igual manera el Input Analyzer es una herramienta del simulador Arena que nos entrega un reporte con gráficas y datos estadísticos a partir de una serie de datos.

2.5 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

Se detallan las definiciones estadísticas para el correcto uso de la herramienta de simulación de sistemas.

2.5.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

a) Población:

“Se define como población a un conjunto de personas u objetos de tamaño finito o infinito que presentan características comunes. El tamaño de una población es el número de elementos que la componen. Si la población es demasiado grande se le puede

considerar como infinita y en caso contenga un número limitado de elementos se le considera finita” (Cordova, 2006).

b) Muestra

Una muestra es definida como “una representación significativa de las características de una población. La muestra es utilizada para analizar y realizar estudios al comportamiento de esta y sus características” (Cordova, 2006).

2.5.2 PRUEBAS DE HIPÓTESIS

“Las pruebas de hipótesis estadísticas se usan para tomar decisiones acerca de los parámetros a analizar” (MENDENHALL, 1997).

Según MENDENHALL, (1997) Los elementos de una prueba de hipótesis son:

- Hipótesis nula (H_0): hipótesis acerca de uno o más parámetros cuya validez se somete a prueba
- Hipótesis alternativa (H_1): hipótesis alternativa en caso de rechazar la hipótesis nula
- Estadístico de prueba: se calcula para decidir si se rechaza o no la hipótesis nula
- Región de rechazo: representa los valores del estadístico de prueba que implicarán el rechazo de la hipótesis nula.

2.6 TRANSPORTE DE MERCANCIAS:

Según el DS 021 - MTC, (2008) en su artículo 5 de las definiciones, se entiende por:

- **CISTERNA:** Tanque utilizado para el almacenamiento y transporte de materiales o residuos peligrosos en estado líquido o gaseoso provisto de los elementos estructurales necesarios para el transporte de dichos materiales o residuos
- **CONVOY:** Conjunto de vehículos que transportan materiales y/o residuos peligrosos, que marchan a una distancia razonable y prudente entre ellos
- **EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIO DE TRANSPORTE:** Persona jurídica registrada y autorizada para realizar servicio de transporte terrestre de materiales y/o residuos peligrosos. Puede realizar transporte de materiales peligrosos de su propiedad o residuos peligrosos generados por ella
- **EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:** Dispositivos, materiales e indumentaria específica y personal, destinados a la protección del personal que participa en la operación de transporte de materiales y/o residuos peligrosos
- **MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS:** Aquellos que por sus características fisicoquímicas y/o biológicas o por el manejo al que son o van a ser sometidos, pueden generar o desprender polvos, humos, gases, líquidos, vapores o fibras infecciosas, irritantes, inflamables, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos o de otra naturaleza peligrosa o radiaciones ionizantes en cantidades que representan un riesgo significativo para la salud, el ambiente o a la propiedad. Esta definición comprende los concentrados de minerales
- **OPERACIÓN DE TRANSPORTE:** Transporte de materiales y/o residuos peligrosos de un lugar a otro por vía terrestre. También comprende actividades de carga, estiba, manipulación y descarga
- **SERVICIO DE TRANSPORTE:** Aquel que se presta a terceros a cambio de una retribución, pudiendo comprender las actividades de carga, estiba, manipulación y descarga de materiales y/o residuos peligrosos.

2.6.1 REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE DE CARGA PELIGROSA PERÚ:

Según el Reglamento, aprobado por DS 021 - MTC, (2008) y el Libro Naranja de las Naciones Unidas, los materiales peligrosos se dividen en nueve clases de riesgo:

- Clase 1: Los explosivos
- Clase 2: Los gases
- Clase 3: Los líquidos inflamables
- Clase 4: Los sólidos inflamables
- Clase 5: Las sustancias comburentes y peróxidos orgánicos
- Clase 6: Las sustancias tóxicas y sustancias infecciosas
- Clase 7: Los materiales radioactivos
- Clase 8: Las sustancias corrosivas
- Clase 9: Las sustancias y objetos peligrosos varios

Se considera también a la SUTRAN como la entidad encargada de fiscalizar que las Empresas de Transporte de Carga realicen de manera adecuada el traslado de materiales y residuos peligrosos, por tanto, se recomienda cumplir con toda la documentación exigida y de acuerdo al artículo 76 de la ley N.º 26221, Ley Orgánica de Hidrocarburos. Entre los documentos exigidos para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos tenemos:

- Resolución Directoral de la Dirección General de Transporte Terrestre. Tiene una vigencia de 5 años
- La Guía del Remitente y Transportista. Describe el material peligroso transportado
- La Hoja Resumen de Seguridad. Detalla los riesgos, también brinda información sobre la manipulación y uso, almacenaje y disposición

de los materiales peligrosos. Asimismo, describe los equipos de seguridad a usar para el traslado de los materiales peligrosos

- Certificado de Inspección Técnica Vehicular. Para el transporte de materiales peligrosos. Para vehículos con 2 años de antigüedad
- Licencia de Conducir. De acuerdo a la categoría del vehículo que se conduce
- SOAT vigente
- Póliza de Seguro. Debe tener vigencia anual, cobertura nacional de daños personales, materiales y remediación ambiental.



CAPÍTULO 3: DIAGNOSTICO SITUACIONAL

3.1 LA EMPRESA:

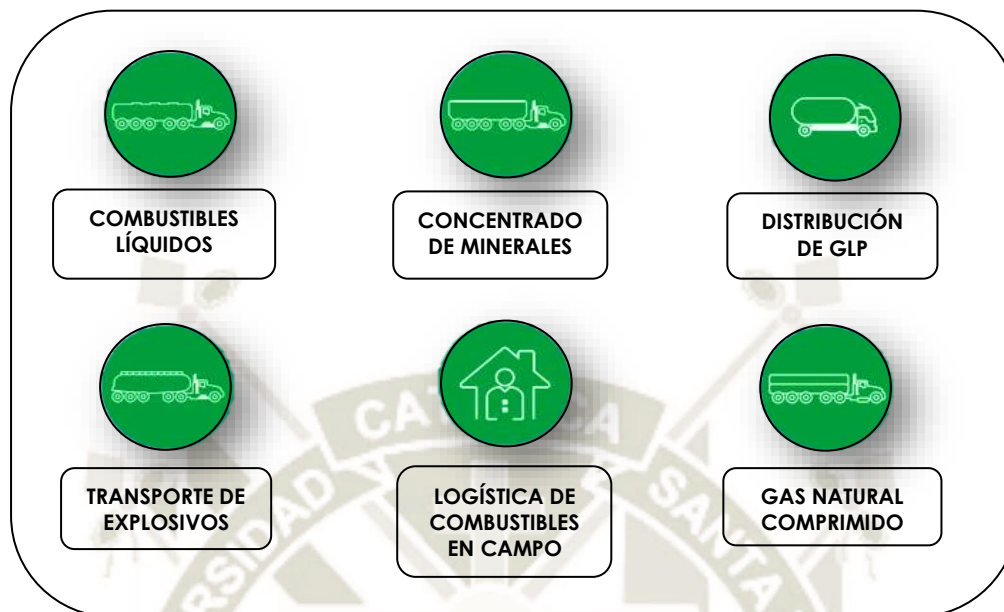
Se tomó como base a la empresa Servosa la cual es una organización que inició operaciones en el año 1999, la cual se dedica al transporte de distintos materiales como es el transporte de combustible líquido, concentrado de mineral, GLP, entre otros.

La empresa cuenta con distintas certificaciones internacionales, cumpliendo con ciertos estándares de calidad como lo demuestran sus certificaciones OHSAS 18001, ISO 9001, ISO 14001, además de ser proveedor de los principales proyectos mineros del Perú, diferenciando sus operaciones en Zona Norte y Zona Sur, en esta última se desarrollan las principales operaciones de la empresa.

En el año 2016 la empresa comienza a tener una mayor expansión sobre todo en la zona sur del país, obteniendo de manera directa el transporte de concentrado mineral para la minera Bambas, proyecto que dio un gran impulso para la empresa, este crecimiento desordenado y sin una planificación previa generó una serie de soluciones sesgadas para problemas específicos sin una solución para el panorama general de cada uno de los proyectos, el enfoque general de la empresa fue darle mayor importancia a este proyecto, que a su vez es el que genera la mayor cantidad de ingresos, dejando de lado otros proyectos como son las operaciones de combustible.

Las diferentes unidades de negocio de la empresa se muestran a continuación:

Figura 2 - Unidades de negocio de Servosa



Fuente: Servosa, 2019

3.1.1 INFRAESTRUCTURA:

Actualmente Servosa cuenta con una flota de 400 camiones y más de 1000 trabajadores distribuidos a nivel nacional.

Figura 3 - Infraestructura Empresa



Fuente: Servosa, 2019

3.1.2 EMPRESAS DEL GRUPO SERVOSA:

Servosa como grupo está conformado por tres empresas, de acuerdo al tipo de material transportado, descritas a continuación:

- **SERVOSA CARGO:**

Servosa Cargo es dentro de las tres empresas del grupo, aquella especializada en el transporte de combustibles a Minas, Estaciones de Servicio, Industrias, transportando lubricantes a granel, los cuales son despachados en cisternas desde Lima.

- **SERVOSA GAS:**

Surge debido a la solidez de Servosa Cargo cubriendo una necesidad en el mercado en el transporte y suministro de combustible, iniciando operaciones de transporte primario envasado y secundario granel de GLP de Repsol Gas.

- **SERVOSA COMBUSTIBLES:**

Es la empresa del grupo creada para la comercialización de combustibles industriales y de uso automotriz. La comercialización de combustibles se realiza a través de dos canales:

- Canal Industrial.
- Canal de Venta en Estaciones de Servicios.

3.1.3 CLIENTES:

De acuerdo al material transportado se tiene un cliente diferente, en el caso de la operación de combustible, que estamos evaluando, el cliente es PetroPeru, empresa que abastece de combustible líquido a la minera Cerro Verde, al aceptar el contrato, la empresa se compromete a cumplir con los estándares dados tanto por PetroPeru como de la minera Cerro Verde, por lo que todas las empresas que brinden este servicio tienen que cumplir a su vez con estas normativas.



Fuente: Servosa, 2019

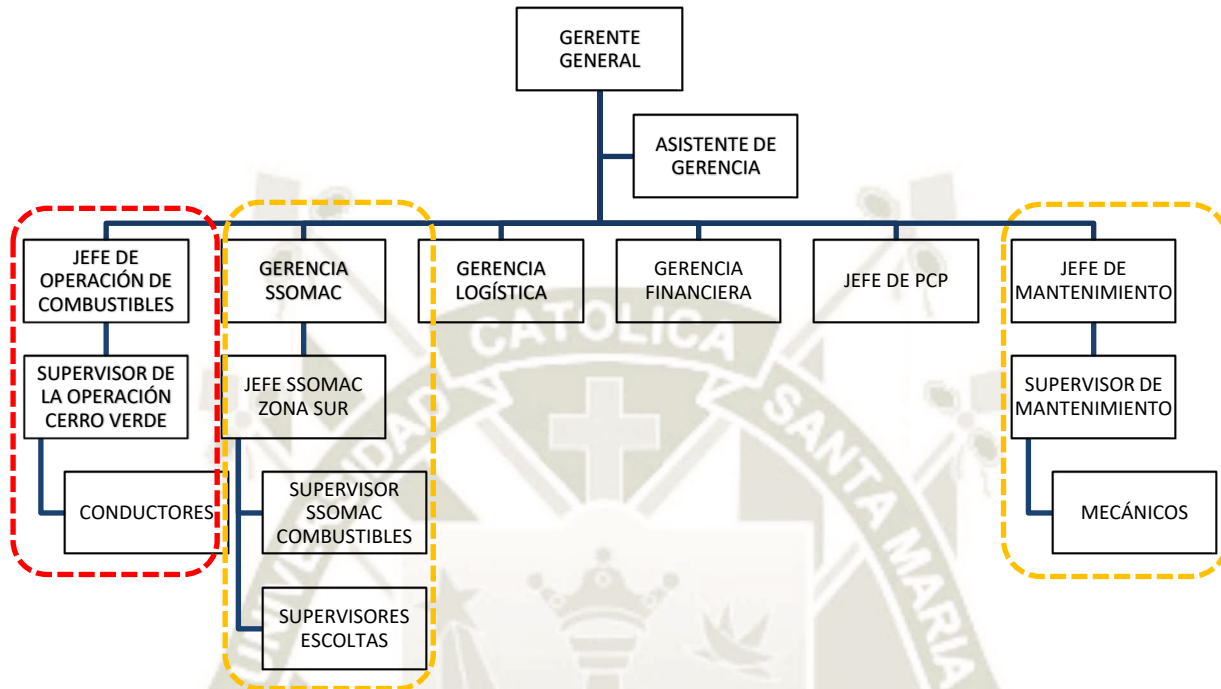
3.2 OPERACIÓN CERRO VERDE:

La operación de Cerro Verde es una de las dos operaciones de combustible líquido actualmente vigente en la zona sur.

3.2.1 ORGANIGRAMA DE LA OPERACIÓN:

Actualmente la Operación Cerro Verde posee una estructura funcional jerárquica (vertical), a continuación, presentamos un organigrama, a fin de dar a conocer la gestión administrativa y los puestos considerados.

Figura 4 - Organigrama operación cerro verde



Fuente: *Elaboración Propia*

Dentro del organigrama hemos fijado nuestra atención en 3 áreas que tienen injerencia directa dentro de la operación como son: Operaciones, SSMOC y Mantenimiento, estas tres áreas poseen personal que trabaja solamente en esta operación, como son los conductores y supervisores escoltas, las áreas restantes se consideran de soporte, pero de igual importancia para el correcto funcionamiento de la operación.

3.2.2 HOJA DE RUTA OPERACIÓN CERRO VERDE

A continuación, se muestra la hoja de ruta vigente de la Operación Cerro Verde, desde Terminal Mollendo, lugar donde se ubican las unidades, hasta la minera Cerro Verde y de retorno.

HOJA DE RUTA																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Cliente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ingreso Cliente</td> <td>Ingreso Descarga</td> <td>Salida Descarga</td> <td>Salida Cliente</td> </tr> </tbody> </table>				Cliente				Ingreso Cliente	Ingreso Descarga	Salida Descarga	Salida Cliente	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lugar</th> <th>Fecha</th> <th>Hora</th> <th>Kilometraje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Salida Base</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Llegada Base</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Lugar	Fecha	Hora	Kilometraje	Salida Base				Llegada Base			
Cliente																										
Ingreso Cliente	Ingreso Descarga	Salida Descarga	Salida Cliente																							
Lugar	Fecha	Hora	Kilometraje																							
Salida Base																										
Llegada Base																										
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Placa de Tracto</td> <td></td> <td>Placa Cisterna</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Guia Transportista</td> <td></td> <td>Guia Cliente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capacidad</td> <td></td> <td>Producto</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Placa de Tracto		Placa Cisterna		Guia Transportista		Guia Cliente		Capacidad		Producto		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>ORIGEN</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESTINO</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			ORIGEN		DESTINO					
Placa de Tracto		Placa Cisterna																								
Guia Transportista		Guia Cliente																								
Capacidad		Producto																								
ORIGEN																										
DESTINO																										
LUGAR	RECORRIDO (HORAS)	HORA SUGERIDA	LIMITE DE VELOCIDAD	FECHA	HORA REAL	OBSERVACIONES																				
INGRESO TERMINAL MOLLENDO		7:00				INICIO																				
CARGA EN TERMINAL MOLLENDO	1:00	8:00																								
DESAYUNO	0:40	8:40				DESAYUNO / PAUSAS ACTIVAS																				
TERMINAL MOLLENDO - ALTO GUERRERO	1:30	10:10	50 Km/h																							
ALTO GUERRERO - SAN JOSE	0:40	10:50	70 Km/h																							
ZONA URBANA SAN JOSE	0:10	11:00	45 Km/h																							
SAN JOSE - KM 48	0:20	11:20	50 Km/h																							
ALMUERZO	1:00	12:20				ALMUERZO / PAUSAS ACTIVAS																				
KM 48 - GARITA BRAVO 2	0:20	12:40	70 Km/h																							
CONTROL SEGURIDAD (GARITA BRAVO 2)	0:15	12:55	70 Km/h																							
Garita Halcon Bravo 2 - Pesaje	0:05	13:00	45 Km/h																							
PESAJE	0:20	13:20																								
Balanza - Zonas de Descarga Grifo 2	0:35	13:55	45 Km/h																							
DESCARGA	1:30	15:25																								
Zonas de Descargas (Promedio) - Pesaje y Fiscalización	0:45	16:10	45 Km/h																							
PESAJE / FISCALIZACIÓN	0:20	16:30																								
Pesaje e Instalación / Mina-Garita Bravo 2	0:05	16:35	45 Km/h																							
CONTROL SEGURIDAD (GARITA BRAVO 2)	0:15	16:50																								
LUGAR	RECORRIDO (HORAS)	HORA SUGERIDA	FECHA	HORA REAL	OBSERVACIONES																					
GARITA BRAVO 2 - KM48	0:20	17:10																								
PAUSAS ACTIVAS	0:10	17:20			PAUSAS ACTIVAS																					
KM48 - SAN JOSE	0:20	17:40	70 Km/h																							
ZONA URBANA SAN JOSE	0:10	17:50	45 Km/h																							
SAN JOSE - ALTO GUERRERO	0:40	18:30	70 Km/h																							
ALTO GUERRERO - TERMINAL MOLLENDO	1:30	20:00	50 Km/h																							

Fuente: SSOMAC, 2019

La hoja de ruta es entregada por la minera Cerro Verde, de cumplimiento estricto para todas las empresas que realizan el servicio de transporte, además los límites de velocidad están determinados para cada tramo de la ruta, el control de faltas por exceso de velocidad es función del área de SSOMAC, también están predeterminadas de manera obligatoria paradas para pausas activas, donde los conductores realizan diferentes ejercicios a fin de reducir la fatiga laboral.

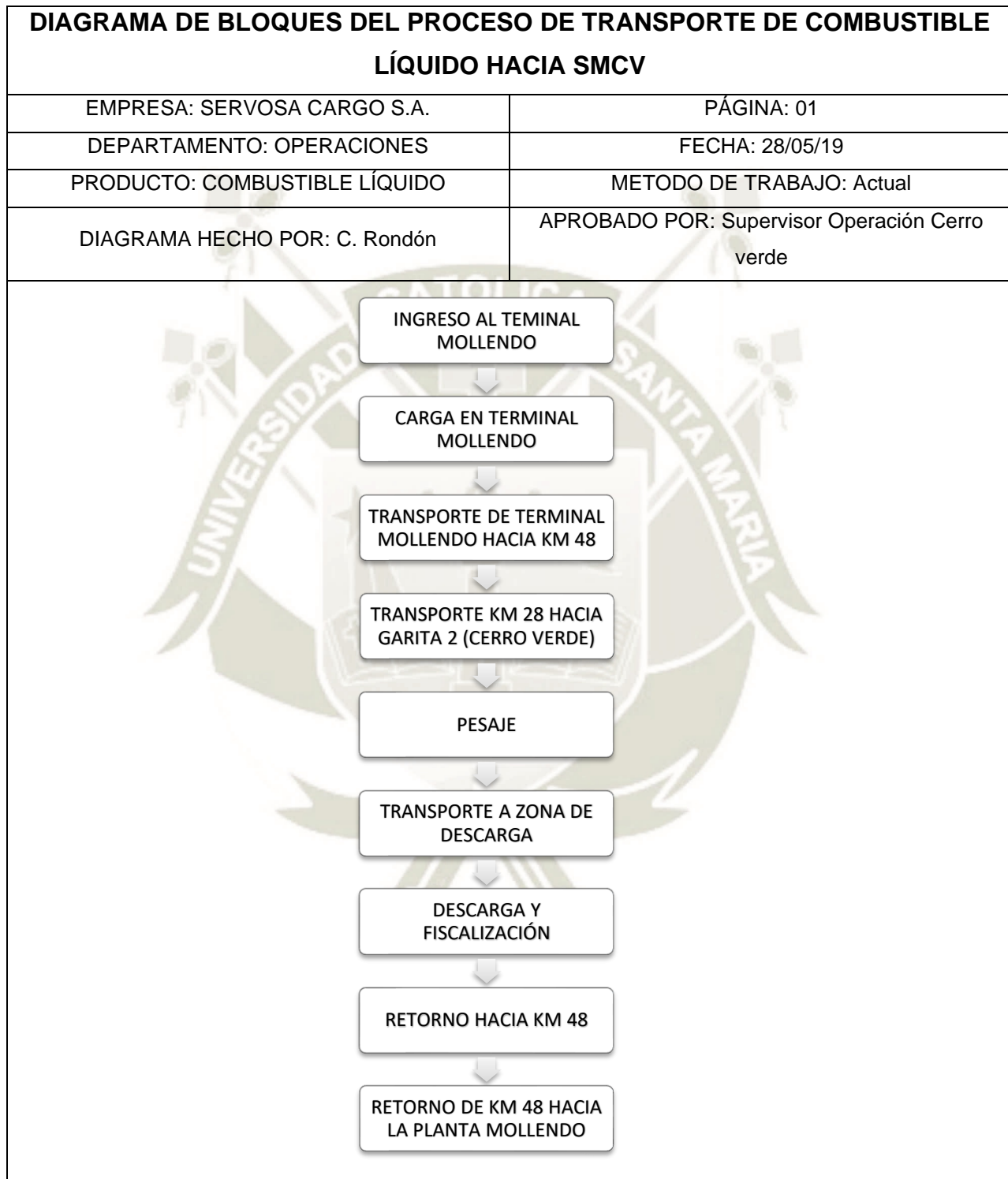
El RT (Round Trip) de la operación es de un día iniciando a las 7 a.m. tal como podemos observar en la hoja de ruta, este horario es en el que la planta de PetroPeru ubicada en Mollendo inicia operaciones.

3.2.3 PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de transporte de combustible líquido de la empresa se presenta para identificar los diversos pasos realizados, lo cual nos servirá para identificar los procesos a mejorar. Es así que se ha desarrollado un Diagrama de Bloques y para realizar un mejor análisis se ha desarrollado un Diagrama de flujo del proceso.

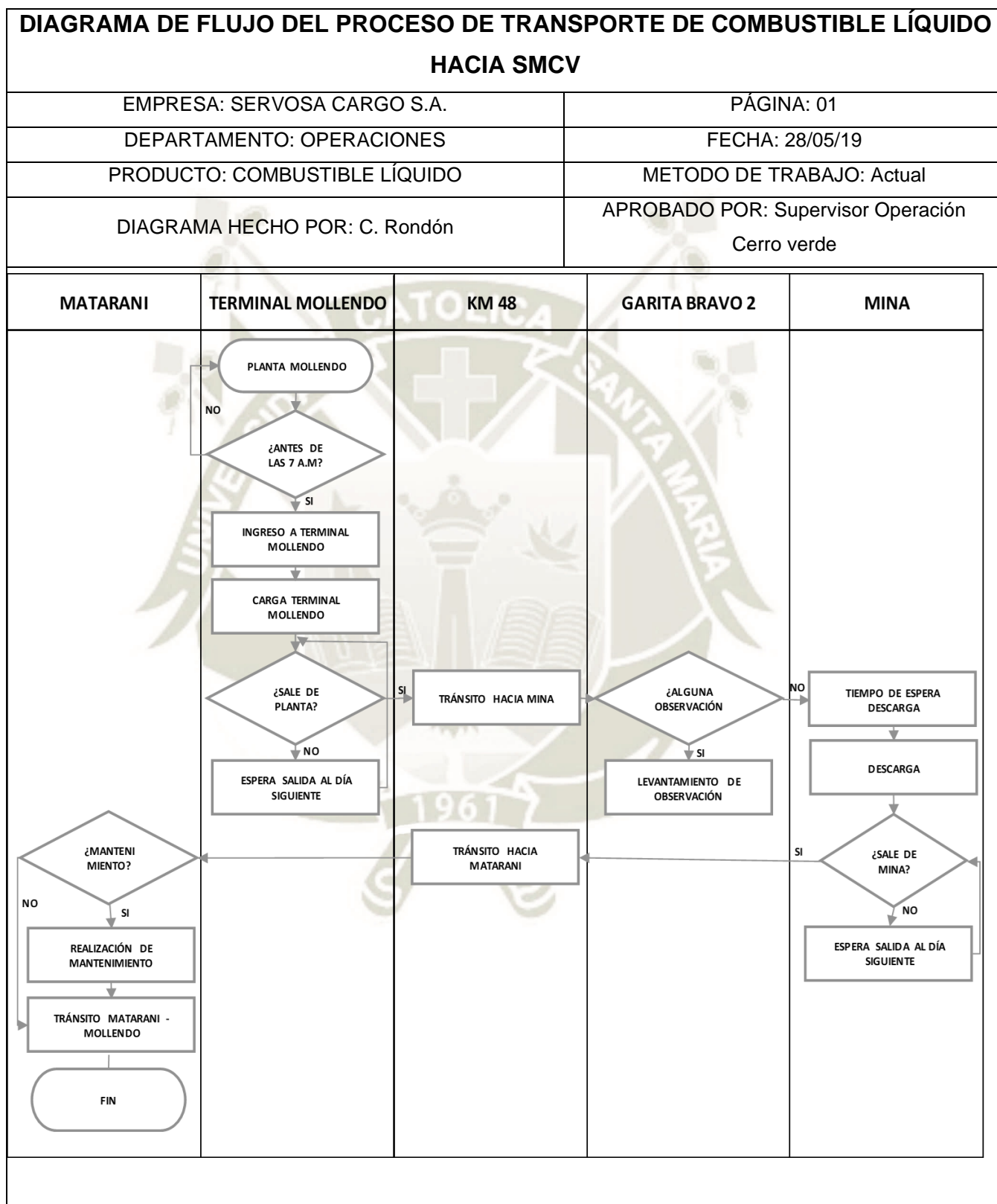
Ambos diagramas fueron realizados en base a la hoja de ruta mostrada en el título anterior, a su vez estos diagramas servirán como base para la elaboración de nuestro modelo de simulación, cabe resaltar que los diagramas fueron aprobados por el Supervisor de la Operación Cerro Verde.

Figura 5 - Diagrama de bloques del proceso de transporte de combustible líquido hacia CV



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6 - Diagrama de flujo del proceso productivo



Fuente: Elaboración Propia

En nuestro diagrama de flujo podemos diferenciar puntos de toma de decisión como es el caso si la unidad llega a salir de planta, si es observada antes de ingresar a mina, si la unidad requiere mantenimiento o si la unidad llega a salir de mina, estos puntos nos serán de mucha utilidad al momento de elaborar nuestro modelo de simulación en el Software Arena.

3.2.4 PRINCIPALES PROCESOS:

Dentro de todo el proceso de transporte, hemos dividido en tres procesos principales nuestro modelo de transporte:

- **ABASTECIMIENTO:**

El abastecimiento o carga se lleva a cabo en el departamento de Mollendo, en la planta de combustible de PETROPERU.

Figura 7 - Planta de abastecimiento Petroperu



Fuente: Googlemaps, 2019

La planta en Mollendo abastece a gran cantidad de cisternas que brindan servicios de transporte de combustible a distintas mineras por lo que las unidades tienen que formar una cola y esperar su turno para poder cargar, cabe señalar que todas las unidades que abastecen a la Minera Cerro Verde tienen un horario de carga preferencial, sin embargo, de igual manera es necesario que esperen para carga, según la cantidad de unidades con este beneficio que estén delante.

- **TRASLADO:**

Una vez realizada la carga se procede con el traslado del combustible desde la planta de PETROPERU, en Mollendo, según la hoja de ruta de la SMCV hasta llegar a la unidad minera.

Figura 8 - Traslado Petroperu – Sociedad Minera Cerro Verde



Fuente: Googlemaps, 2019

- **DESCARGA:**

La descarga de las unidades se realiza en un uno de los 4 grifos internos de la unidad minera cerro verde, por lo que es necesario hacer una cola para la descarga de acuerdo a la cantidad de unidades que se encuentren en mina.

Figura 9 – Descarga Sociedad Minera Cerro Verde



Fuente: Googlemaps, 2019

3.3 RECURSOS:

3.3.1 PERSONAL

Por políticas de la empresa, tanto los supervisores escoltas como los conductores tienen un régimen de 14 x 7.

- **Supervisor Escolta:**

Los supervisores escoltas son parte de la política de seguridad de la empresa, más no requerimiento de la SMCV, teniendo en cuenta el régimen de 14x7 y que se requiere de un escolta por cada convoy, el requerimiento de escoltas es el siguiente:

$$\boxed{1 * 1.5 = 2}$$

↓ ↓
 N° RÉGIMEN
 CONVOY

N° DE
ESCOLTAS

La principal función de los escoltas es la de monitorear a las unidades a lo largo de todo el tramo CERRO VERDE – MOLLENDO, recorriendo toda la ruta a fin de verificar el buen estado de la misma, así como dando apoyo y asistiendo a las unidades que puedan tener algún problema en todos los tramos.

- **Conductores:**

Para el cálculo de los conductores, se debe tener en cuenta el régimen, el cual también es de 14x7, así como el total de unidades de la operación:

$$\boxed{(10 * 1.5) = 15}$$

↓ ↓
 UNIDADES X RÉGIMEN
 CONVOY

N° DE
CONDUCTORES

- **Mecánicos:**

Los mecánicos del taller de Matarani, son responsabilidad netamente de las operaciones de Combustible, constantemente se tienen 3 mecánicos en Matarani, los cuales tienen un régimen de 21X7.

$$(3 * 1.3) = 4$$

↓ MECÁNICOS ↓ RÉGIMEN

N° DE MECÁNICOS

3.3.2 UNIDADES

- **Tipos de unidad:**

La totalidad de unidades asignadas a la operación de Abastecimiento a la Sociedad minera Cerro Verde es de 10 siendo todas de la marca FREIGHTLINER

- **Capacidad de carga:**

La capacidad de carga de las unidades se puede ver en la Tabla 2 - Capacidad de carga de las unidades

Tabla 2 - Capacidad de carga de las unidades

PLACAS		CANTIDAD (GL)
TRACTO	CISTERNA	
ARA-887	AAU-997	10800
APZ-862	AAW-977	10800
ARC-703	AAZ-973	10800
APZ-795	AAW-978	10800
ARA-927	ABB-976	10800
APZ-766	AAX-995	10800
ANE-858	M1E-978	10800
APY-708	AAT-985	10800
ANE-879	F9T-988	10800
AAA-803	AAT-975	10800

Fuente: Área de Operaciones, 2019

Cada unidad consta de dos partes , tracto y cisterna las cuales ambas se encuentran unidas, la capacidad de carga depende de la cisterna, en este caso se está considerando una capacidad de carga de 10800 galones.

3.3.3 MANTENIMIENTO:

Podemos diferenciar dos tipos de mantenimiento:

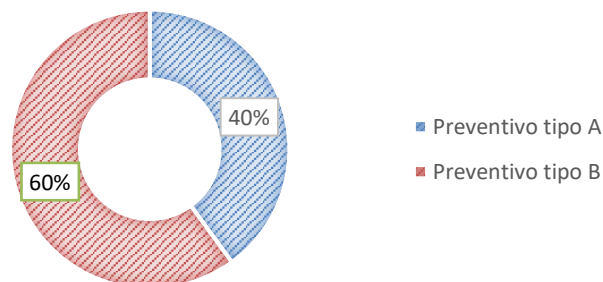
- ***Mantenimiento preventivo:***

Destinado a la conservación de las unidades mediante la revisión y reparación. Para las unidades de la operación este tipo de mantenimiento se realiza cuando la unidad recorrió 15000 km (cada dos meses y medio aproximadamente), con un margen de 350KM+, en promedio la unidad queda parada un día para este mantenimiento, de acuerdo a la duración del mantenimiento preventivo se ha logrado separar en dos tipos de mantenimiento preventivo.

- ❖ Preventivo tipo A: Para la cual se ha calculado una duración de 14 horas, para este tipo de mantenimiento.
- ❖ Preventivo tipo B: Para la cual se ha calculado una duración de 36 horas, para este tipo de mantenimiento.

De igual manera en la Figura 10 podemos ver la ocurrencia de los distintos tipos de mantenimiento preventivo:

Figura 10 - Recurrencia de mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración propia

Según nuestro gráfico podemos determinar que el Mantenimiento preventivo Tipo B, es el de mayor ocurrencia representando un 60% del total de mantenimientos preventivos realizados, siendo este también el de mayor duración, o visto de otra forma después de dos mantenimientos tipo B se realiza un mantenimiento tipo A.

- **Mantenimiento correctivo:**

Se realiza luego de la ocurrencia de una falla o avería en la unidad, a continuación, se detectó la frecuencia de fallas mecánicas en ruta.

- ❖ Frecuencia de fallas mecánicas en ruta:

$$MTO2a(\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Mantenimientos Correctivos}}{\text{Viajes realizados}} \times 100$$

Tabla 3 - Frecuencia de mantenimientos correctivos

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS (ÚLTIMOS 6 MESES)	
Nº Fallas mecánicas en ruta	84
Viajes realizados	1411
Frecuencia de Fallas Mecánicas en Ruta (%)	5.95%

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 4 hemos podido determinar que la frecuencia de fallas mecánicas en ruta es de 5.95%, esto considerando un total de 1411 viajes realizados en los últimos 6 meses de estudio en los que hubo 84 fallas mecánicas en ruta.

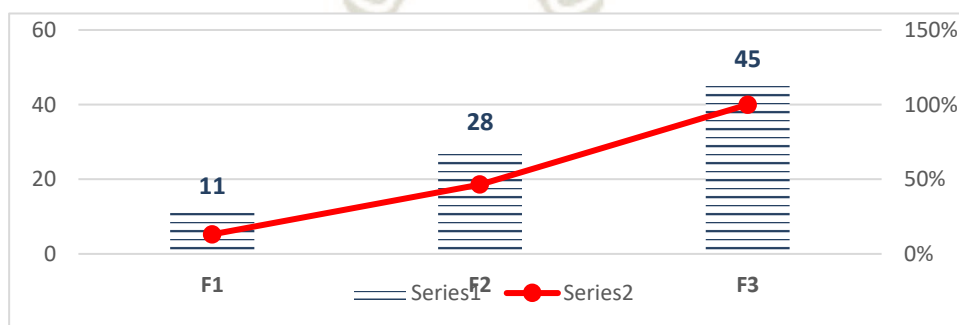
De igual manera, dentro de estas fallas mecánicas y por consiguiente mantenimientos correctivos, se consideró necesario separar los mantenimientos correctivos en tres grupos según los tiempos necesarios para realizar las correcciones correspondientes tal como se muestre en la Tabla 4 - Frecuencia tipos de mantenimiento correctivo

Tabla 4 - Frecuencia tipos de mantenimiento correctivo

#	ID Falla	Descripción	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
1	F1	Mantenimiento correctivo Tipo A	11	13%	13%
2	F2	Mantenimiento correctivo Tipo B	28	33%	46%
3	F3	Mantenimiento correctivo Tipo C	45	54%	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 11 - Frecuencia tipos mantenimiento correctivo



Fuente: Elaboración Propia

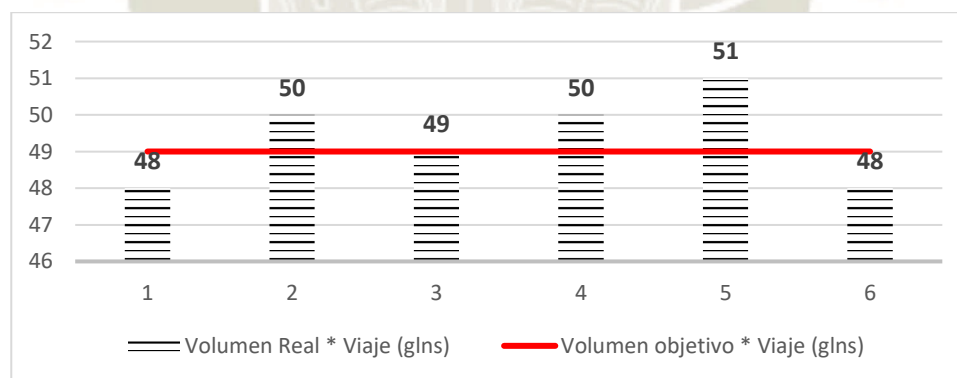
Como podemos ver el tipo de mantenimiento correctivo tipo C, es el de mayor frecuencia dentro de la operación, representando el 54% del total de mantenimientos correctivos realizados.

3.3.4 COMBUSTIBLE:

La demanda de combustible para las unidades está determinada por el número de viajes realizado, este control es llevado en los grifos donde las unidades abastecen, se sabe según datos históricos que por viaje se consumen entre 48 y 50 galones en el caso de los camiones y 13 galones en el caso de las camionetas.

El combustible promedio mensual utilizado por los camiones (promedio de los 10 camiones) por viaje en los últimos 6 meses se muestra en la Tabla 5

Tabla 5 - Galones promedio x viaje



Fuente: *Elaboración Propia*

Podemos comprobar la variación de consumo de combustible promedio entre 48 y 50 galones por viaje, cabe recalcar que la empresa tiene como consumo óptimo 48 galones tal como se muestra en el ANEXO 3: ABASTECIMIENTO COMBUSTIBLE OPERACIÓN CERRO VERDE

3.4 DEMANDA Y CUMPLIMIENTO:

La facturación y viajes objetivos están en base a las 10 unidades por convoy (Máxima cantidad de unidades permitas por Cerro Verde), así mismo se considera que la planta de PETROPERU en Mollendo no funciona los días domingos.

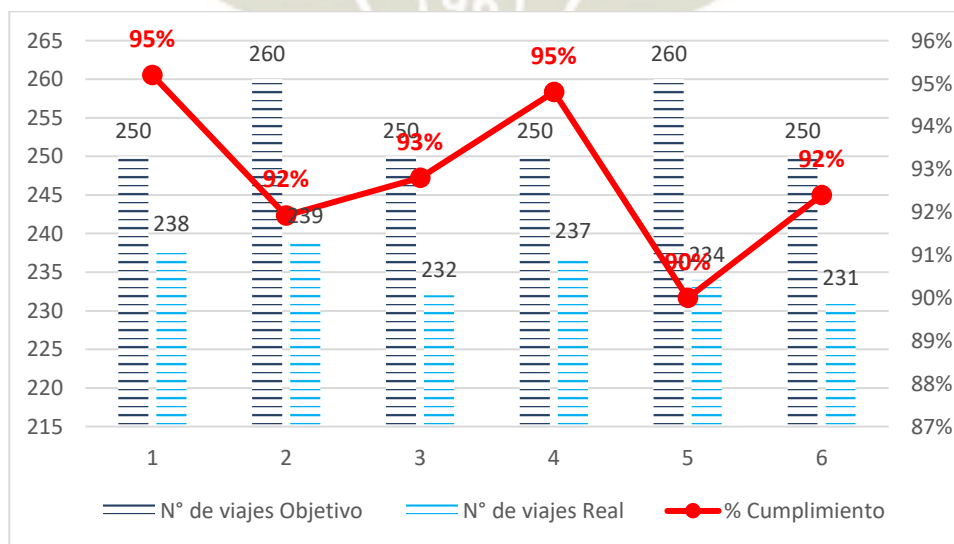
Considerando que cada unidad transporta 10800 galones y un precio por galón transportado de 0.149, el cumplimiento de ventas (KPI Ventas) de los últimos 6 meses se muestra a continuación:

Tabla 6 - Cumplimiento y facturación total viajes por mes

Mes	1	2	3	4	5	6
N° de viajes Objetivo	250	260	250	250	260	250
N° de viajes Real	238	239	232	237	234	231
Facturación S/. X mes	S/ 372,351	S/ 373,916	S/ 362,964	S/ 370,787	S/ 366,093	S/ 361,400
% Cumplimiento	95%	92%	93%	95%	90%	92%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12 - Cumplimiento total de viajes por mes



Fuente: *Elaboración Propia*

En los últimos 6 meses se tuvo cumplimiento entre el 90% y 95%, esto comparando el total de viajes objetivo con los viajes reales, a su vez se calculó la facturación mensual, datos que podemos observar en la Tabla 7.

Así mismo este cumplimiento es afectado por distintos factores históricos, que se tienen como base no solo de la operación Cerro verde, sino también de las demás operaciones de la zona sur los cuales son detallados a continuación:

Tabla 7 - Factores incumplimiento

Factores internos	Factores Cliente	Factores Externos
Mantenimiento Correctivo	Falta de producto	Condiciones externas
Mantenimiento Preventivo	Carga	Huelgas
Operaciones	Descarga	Siniestro Externo
PCP	Huelga	
Legal	Otros	
Logística		
SSOMAC		
GTH		

Fuente: *Datos Área PCP, 2019*

Dentro de la Operación, el incumplimiento de viajes se da principalmente por factores Internos, se tienen las siguientes observaciones que impiden un ingreso inmediato a mina, tomando como base los últimos 6 meses:

Tabla 8 - Frecuencia observaciones mina

FRECUENCIA DE OBSERVACIONES DE LOS ÚLTIMOS 6 MESES	
N° Observaciones Realizadas	106
Viajes realizados	1411
Frecuencia de observaciones en mina (%)	7.51%

Fuente: *Elaboración Propia*

Las observaciones en mina son incumplimientos de ciertas especificaciones para el ingreso a mina, en la Tabla 9 pudimos determinar que el 7.51% de las veces la unidad es observada, esto teniendo como base los últimos 6 meses.

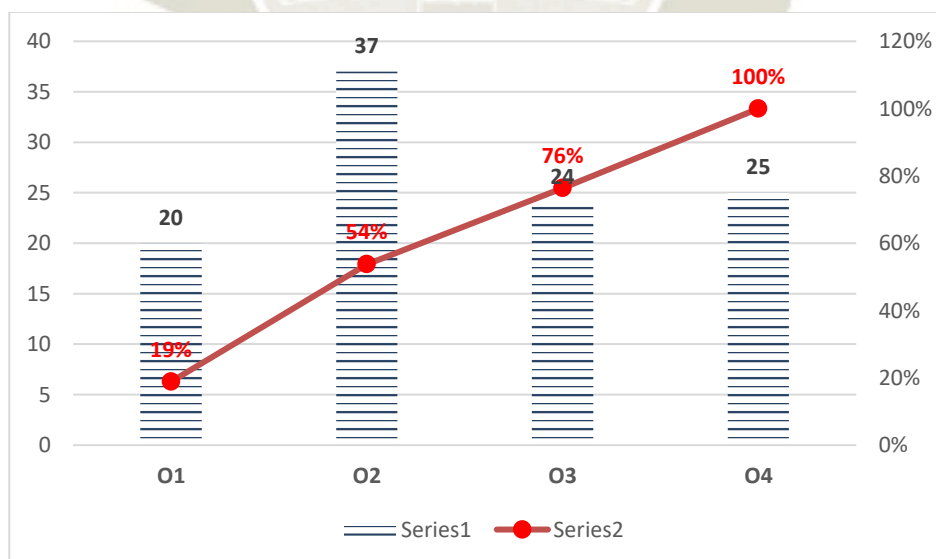
De igual manera dentro de la frecuencia de Observaciones encontradas, se pudo diferenciar en cuatro subtipos (llantas, señalética, contractual, documentación), identificando la frecuencia absoluta de cada uno de estos, así como el porcentaje de ocurrencia de cada uno de estos subtipos:

Tabla 9 - Frecuencia observaciones mina

#	ID OBS	Descripción	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
1	O1	Llantas	20	18.9%	19%
2	O2	Señalética	37	34.9%	54%
3	O3	Contractual	24	22.6%	76%
4	O4	Documentación	25	23.6%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13 - Frecuencia observaciones mina



Fuente: Elaboración Propia

Según la Figura 13 podemos darnos cuenta que señalética es la que genera la mayor cantidad de observaciones, con cerca del 35% del total de demoras por observaciones, siendo una normativa de seguridad para el transporte de combustible.

En cuanto a llantas, esta clase de observaciones se realizan en el ingreso a garita mina por un encargado de mina que revisa el nivel de aire y cocada de las llantas, siendo estas condicionantes de las políticas de seguridad de Cerro Verde y que genera un 18.9% del total de observaciones.

En total el 23,6% de las observaciones son a causa de la documentación, ya que no se tiene un control adecuado (tarjetas de propiedad, licencias de conducir vigentes, licencias internas, entre otros).

Por otro lado, se tiene requisitos contractuales que en ocasiones se pasan por alto, como son los sensores de válvula y tapa operativos o documentos netamente de mina como autorizaciones de salida que tiene que enviar el supervisor un de la operación un día antes (ANEXO 5: FORMATO PARA EL REPORTE DE FALLAS DE UNIDADES, esta clase de observaciones representa el 23.6% del total.

Muchas de estas observaciones se pueden levantar al momento o el tiempo que requerido para ser levantado es bajo, otras en cambio necesitan un tiempo mayor en ser levantadas.

CAPÍTULO 4: RECOPIACION DE INFORMACION

4.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES:

4.1.1 VARIABLES EXÓGENAS:

- Costo promedio de combustible.
- Tiempo promedio de viaje por rt.
- Volumen promedio entregado.
- Numero de vueltas promedio.

4.1.2 VARIABLES ENDÓGENAS:

- Tiempo de transporte BASE – Km 48
- Tiempo de transporte Km 48 – San Juan
- Tiempo de transporte San Juan – Mollendo
- Tiempo de transporte Km 48 – Cerro verde
- Tiempo de transporte San Juan – Km 48
- Tiempo de transporte Mollendo – San Juan
- Tiempo de transporte Km 48 – BASE
- Tiempo de abastecimiento
- Tiempo de cargado
- Tiempo de descargado
- Tiempo de espera en planta Mollendo
- Tiempo de espera en Mina Cerro Verde
- Tiempo de desayuno
- Tiempo de almuerzo
- Tiempo de mantenimiento tipo 1
- Tiempo de mantenimiento tipo 2
- Tiempo de mantenimiento tipo 3
- Tiempo de mantenimiento tipo 4

4.2 PLAN DE RECOPIACION DE INFORMACION

Los datos fueron recogidos a partir de un acceso interno que brinda la empresa que ofrece el servicio de GPS, con estos datos se convirtieron todos los tiempos a segundos.

4.2.1 FUENTES DE INFORMACIÓN:

- Reporte mensual de llantas de todas las operaciones.
- Software de GPS
- Resumen de KPI de Ventas mensual
- Reporte mensual del consumo de combustible
- Información brindada por parte de los responsables de la operación.
- Tareos de conductores y escoltas.
- Reportes de mantenimiento.

4.2.2 PERIODO DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN:

La información levantada corresponde a la data histórica de los 6 últimos meses de la Operación Cerro Verde.

4.2.3 CANTIDAD DE DATOS A RECOPILAR:

Centro de control tiene una base de datos desde inicio de la operación, por lo que se tiene una vasta base de datos a mano, para cada variable se determinó recolectar 100 datos iniciales para a partir de los mismos hallar el número de datos que deben ser tomados para ajustarlos a una distribución, dichas cantidades serán halladas mediante la fórmula de tamaño de muestra basada en la media y desviación estándar:

$$n_0 = \frac{Z^2 (1-\alpha/2) * S^2}{e^2}$$

Donde:

- $Z_2 (1-\alpha/2)^*$ = Nivel de confianza (95%)

- S^2 = Varianza poblacional

- e = Error máximo permisible ($5\% \cdot \mu$)

- **Tiempo de cargado:**

Tiempo destinado a llenar la cisterna en la planta de Mollendo, en este proceso se llevan varias tareas como la identificación de la unidad y el conductor, pesado, medición y validación de las tarjetas de cubicación, instalado de la manguera alimentadora, proceso de llenado, desinstalación de la manguera, puesta del precinto de seguridad, entre otras.

Dicho tiempo está definido por la disponibilidad de cuota y la demanda de combustible.

Tabla 10 - Número de muestras para el tiempo de cargado

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
$Z_{1-\alpha/2}$	1.96
e'	5%
Media muestral	2352.03
Varianza muestral	10183.87
e	117.60
N	2.8

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de cargado es de 2.8.

- **Tiempo de espera previo al carguío**

En esta etapa se lleva a cabo la solicitud de cupo de carguío, la espera en cola y su posterior aprobación, traslado y ubicación previa a la carga.

El tiempo de espera previa al carguío se puede separar en el tiempo de espera para la carga preferencial y el tiempo de espera para la carga normal, según la llegada de las unidades al terminal Mollendo.

Tiempo de espera carga preferencial:

Cuando la unidad llega a un horario óptimo para la carga especial:

Tabla 11 - Número de muestras tiempo de espera carga preferencial

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e'	5%
Media muestral	797.50
Varianza muestral	3325.63
e	39.88
N	8.03

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de espera para carga preferencial es de 8.03.

- ❖ **Tiempo de espera carga normal:**

Cuando la unidad llega después de las 7 de la mañana.

Tabla 12 - Número de muestras tiempo de espera carga normal

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	3410.67
Varianza muestral	1403025.51
e	170.53
N	185.34

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de espera para carga normal es de 185.34

- **Tiempo de demora en la salida de Mollendo**

Tiempo en la que la unidad sale de la planta de Mollendo, para dirigirse al campamento minero, el tiempo se la diferencia entre la hora de salida de planta y la hora en la que llega a Matarani.

Tabla 13 - Número de muestras demora en salida Mollendo

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	3489.56
Varianza muestral	2570714.59
e	174.48
N	324.40

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de demora en salida Mollendo es de 324.40.

- **Tiempo de tránsito de Mollendo a la Mina Cerro verde.**
Tiempo en la que la unidad se traslada desde Mollendo hasta la entrada (Garita) de la Mina, en dicho tramo la unidad pasa por Matarani, San José y KM 48.

Tabla 14 - Número de muestras tránsito de Mollendo a mina cerro verde

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	13277.62
Varianza muestral	48503.29
e	663.88
N	0.42

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de tránsito de Mollendo a mina Cerro Verde es de 0.42.

- **Tiempo en Garita de Control.**
Tiempo en la que la unidad espera la autorización para el ingreso a mina, en esta etapa la unidad es identificada, para dicho ingreso se tienen que tener una serie de documentos al día, así como la aprobación para pasar sin observaciones.

Tabla 15 - Número de muestras tiempo en garita de control

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	1716.03
Varianza muestral	72366.98
e	85.80
N	37.76

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo en garita de control es de 37.76

- **Tiempo de Garita a grifo**

Una vez la unidad ingresa a mina, se traslada al grifo para la descarga, dentro de este tiempo se está considerando también el tiempo en balanza cuyo fin es el de ser nuevamente pesado. Aquí se realiza un control de la cantidad de combustible entregado a mina.

Tabla 16 - Número de muestras tiempo de garita a grifo

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e'	5%
Media muestral	3407.79
Varianza muestral	1328942.07
e	170.39
N	175.85

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de garita a grifo es de 175.85.

- **Tiempo de espera descarga:**

Una vez la unidad en grifo, la unidad tiene un tiempo de espera antes de iniciar la descarga, este tiempo está definido por la cantidad de unidades en cola.

Tabla 17 - Número de muestras tiempo de espera descarga

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	13548.67
Varianza muestral	619097.80
e	677.43
N	5.18

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de espera para descarga es de 5.18.

- **Tiempo de descarga:**

Es el tiempo que demora cada unidad en realizar la descarga en uno de los cuatro grifos que se encuentran en mina.

Tabla 18 - Número de muestras tiempo de descarga

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	17887.27
Varianza muestral	491830.40
e	894.36
N	2.36

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de descarga es de 2.36.

- **Tiempo de espera salida mina.**

Una vez realizada la descarga del convoy, las unidades se reagrupan para salir de mina y comenzar el retorno a Planta Mollendo.

Tabla 19 - Número de muestras tiempo de espera salida mina

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	11266.60
Varianza muestral	17907979.17
e	563.33
N	216.79

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de espera para salida mina es de 216.79.

- **Tiempo de garita a Matarani:**

Tiempo en la que la unidad sale de la planta de Mina, para dirigirse a Matarani, el tiempo se calcula con la diferencia entre la hora de salida de mina y la hora en la que llega a Matarani.

Tabla 20 - Número de muestras tiempo de garita a Matarani

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e´	5%
Media muestral	11288.00
Varianza muestral	9518550.21
e	564.40
N	114.79

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de garita a Matarani es de 114.79

- **Tiempo de Matarani a Planta Mollendo:**

El tiempo se diferencia entre la hora de salida de la cochera en Matarani y la hora en la que la unidad llega a la planta de Mollendo.

Tabla 21 - Número de muestras tiempo Matarani a planta Mollendo

NÚMERO DE MUESTRAS	
Nivel de confianza	95%
Z1-alfamedios	1.96
e'	5%
Media muestral	2848.20
Varianza muestral	204251.27
e	142.41
N	38.69

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo que a un nivel de confianza de 95% el número de muestras requerido para el tiempo de Matarani a planta Mollendo es de 38.69.

A partir de los datos anteriormente levantados se elaboró la tabla 23 en el que se muestra un resumen con el total de datos a levantar para cada tiempo, todos los datos con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 22 - Resumen número de muestras

TIEMPO	NIVEL DE CONFIANZA	N
Tiempo de espera carga preferencial	95%	8.03
Tiempo de espera carga normal	95%	185.34
Tiempo de carga	95%	2.83
Tiempo de espera salida de planta	95%	324.40
Tiempo planta- garita	95%	0.42
Tiempo de espera salida garita	95%	37.76
Tiempo garita grifo	95%	175.85
Tiempo espera descarga	95%	5.18
Tiempo descarga	95%	2.36
Tiempo de espera salida de mina	95%	216.79
Tiempo garita - Matarani	95%	114.79
Tiempo Matarani - planta Mollendo	95%	38.69

Fuente: Elaboración Propia

4.3 DISTRIBUCIONES:

4.3.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS REGULARES

Una vez levantados los datos encontrados en la Tabla 22 utilizamos un complemento del Software Arena el Input Analyzer, el cual nos ayuda a ajustar los datos recolectados a una distribución, en la siguiente tabla se muestra las distribuciones de cada uno de nuestros tiempos regulares, estas distribuciones así como las gráficas correspondientes a cada uno de los tiempos las podemos encontrar en nuestro ANEXO 2: DISTRIBUCIONES INPUT ANALYZER

Tabla 23 - Resumen de distribuciones tiempos regulares

	VARIABLE	DISTRIBUCIÓN
1	Tiempo de espera carga preferencial	$626 + \text{LOGN}(802, 1.23e+003)$
2	Tiempo de espera carga normal	$1.91e+003 + 4.23e+003 * \text{BETA}(0.68, 1.24)$
3	Tiempo de carga	$2e+003 + \text{LOGN}(1.29e+003, 1.09e+003)$
4	Tiempo de espera salida de planta	$876 + 3.75e+004 * \text{BETA}(1.5, 10.2)$
5	Tiempo Planta - Garita	$1.08e+004 + \text{LOGN}(4.79e+003, 8.17e+003)$
6	Tiempo de espera salida garita	$274 + \text{GAMM}(366, 1.45)$
7	Tiempo garita grifo	$930 + \text{WEIB}(1.02e+003, 0.882)$
8	Tiempo espera descarga	$2.1e+003 + 1.3e+004 * \text{BETA}(0.666, 1.14)$
9	Tiempo descarga	$1.91e+003 + 1.71e+004 * \text{BETA}(2.04, 1.61)$
10	Tiempo de espera salida de mina	$1e+003 + \text{LOGN}(2.85e+003, 3.78e+003)$
11	Tiempo garita - Matarani	$7.9e+003 + \text{EXPO}(3.39e+003)$
12	Tiempo Matarani - Planta Mollendo	$2.1e+003 + 1.44e+003 * \text{BETA}(0.808, 0.709)$

Fuente: *Elaboración Propia*

Estas distribuciones de nuestros tiempos regulares serán utilizadas posteriormente en nuestros módulos de nuestro modelo de simulación en el Software Arena.

4.3.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS EXTRA:

Además de los tiempos regulares, se considera los tiempos causados por mantenimiento, por las observaciones, a los cuales nombramos tiempos extras y cuya distribución se muestra a continuación en la Tabla 25:

Tabla 24 - Resumen de distribución de los tiempos extra

DISTRIBUCIONES			
	VARIABLE	DISTRIBUCIÓN	UNIDAD
1	Observación llantas	Tri (5,7,9)	Horas
2	Observación señalética	Tri (4,4.5,6)	Horas
3	Observación contractual	Tri (7,8,10)	Horas
4	Observación documentación	Tri (5,7,7.5)	Horas
5	Mantenimiento Preventivo Tipo A	14	Horas
6	Mantenimiento Preventivo Tipo B	36	Horas
7	Mantenimiento Correctivo Tipo A	8	Horas
8	Mantenimiento Correctivo Tipo B	15	Horas
9	Mantenimiento Correctivo Tipo C	18	Horas

Fuente: *Elaboración Propia*

Todas las distribuciones de los tiempos extra se encuentran en horas y en base a un histórico de tiempos registrado en diferentes reportes, corroborados también con ayuda del GPS de cada unidad.

CAPÍTULO 5: IMPLEMENTACION DEL MODELO DE SIMULACION

5.1 PROPIEDADES DEL MODELO:

El modelo es de tipo terminal debido a que tiene un inicio y un fin, el sistema termina cuando ha pasado un mes completo, en cada replica existen 6 días de atención por semana.

5.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

5.2.1 ENTIDADES:



Las entidades son objetos o individuos cuyas actividades modelamos, en el presente trabajo al centrarnos en un modelo para el mejoramiento del transporte de combustible líquido, se consideran como entidades a los siguientes:

- **Cisternas:** son vehículos cuya utilidad es el transporte de combustible líquido desde la carga que se realiza en Matarani, pasando por la descarga en mina y finalmente el retorno a planta Matarani.
- **Mecánicos:** Personal con distintas especialidades mecánicas responsables de realizar el mantenimiento de la unidad.
- **Griferos:** Personal perteneciente a la minera Cerro verde, responsables de fiscalizar la descarga de combustible.

5.2.2 ATRIBUTOS:

Los atributos identifican a las entidades, en el modelo elaborado se utilizaron las placas de los camiones como atributos para poder diferenciarlos, además de los siguientes atributos para el resto de nuestras entidades:

Tabla 25 - Atributos

ATRIBUTOS	ENTIDAD
	Camiones
	Griferos
	Mecánicos

Fuente: *Elaboración Propia*

5.2.3 RECURSOS:

Son elementos que actúan como restricciones en las actividades de las entidades. Se pueden pensar como reservas valiosas que se toman cuando se necesitan y se vuelven a guardar cuando no, los recursos que se están considerando son:

Tabla 26 - Recursos

Unidades	UN ARA-887, UN APZ-862, UN ARC-703, UN APZ-795, UN ARA-927, UN APZ-766, UN ANE-858, UN APY-708, UN ANE-879, UN AAA-803
Griferos	Grifero 1, Grifero 2, Grifero 3
Mecánicos	Mecánico 1, Mecánico 2, Mecánico 3

Fuente: *Elaboración Propia*

5.2.4 COLAS:

En el modelo elaborado, se pueden identificar las siguientes colas

- Cola para carga en Matarani.
- Cola para descarga en Mina
- Cola en mantenimiento

5.2.5 ESTACIONES:

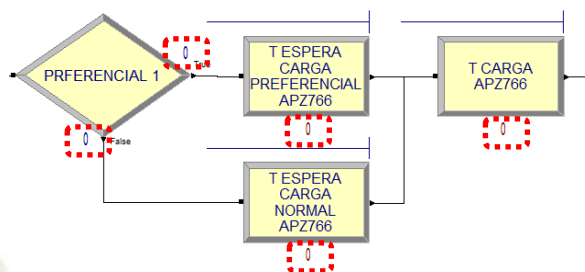
Las estaciones asignan un espacio en el cual se encuentran ubicados los recursos para que las entidades puedan dirigirse hacia ellos. En el modelo se pueden reconocer las siguientes estaciones:

- Zona de carga
- Zona de transporte
- Zona de descarga
- Zona de mantenimiento

5.2.6 CONTADORES:

Los contadores nos permiten identificar a las entidades que cumplen con alguna característica específica, los contadores dentro del sistema se encuentran bajo ciertos módulos, como por ejemplo en la decisión para ver la cantidad de veces que la unidad espera la carga normal y cuantas veces en carga preferencial.

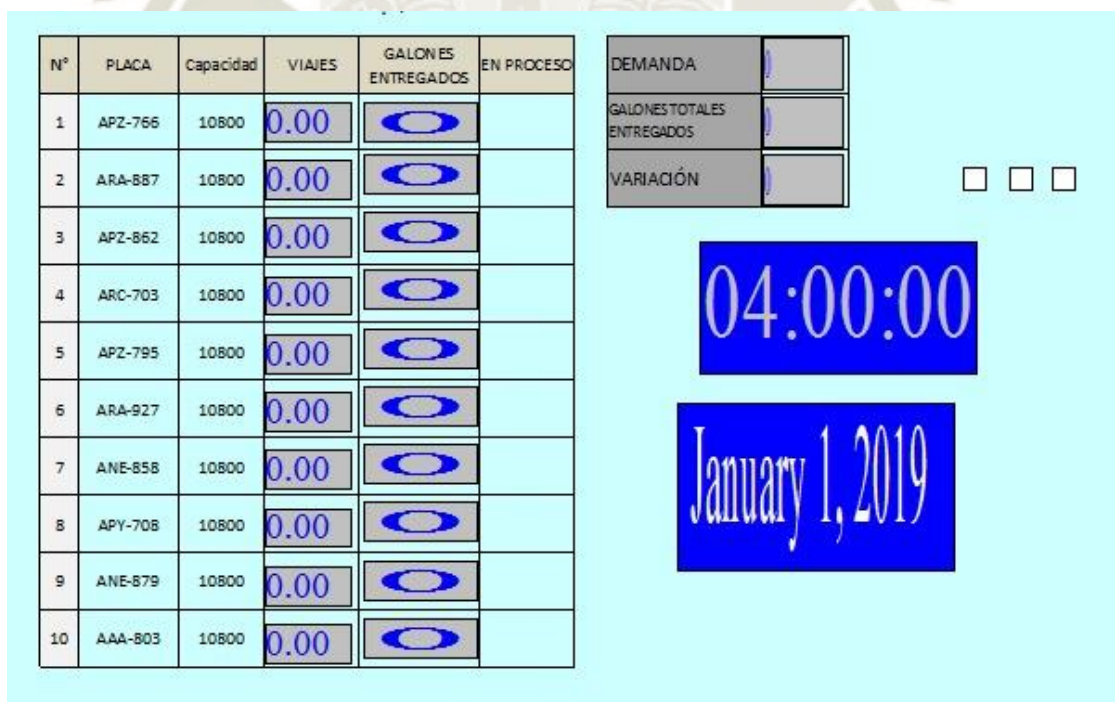
Figura 14 - Contadores regulares



Fuente: Modelo de transporte de combustible líquido Cerro Verde Software Arena, 2019

Adicionalmente se colocaron contadores con datos que se consideran de relevancia para el sistema, los cuales se muestran a continuación:

Figura 15 - Contadores adicionales



Fuente: Software Arena, 2019

5.2.7 SUPUESTOS:

Para la implementación se han tenido en consideración los siguientes supuestos.

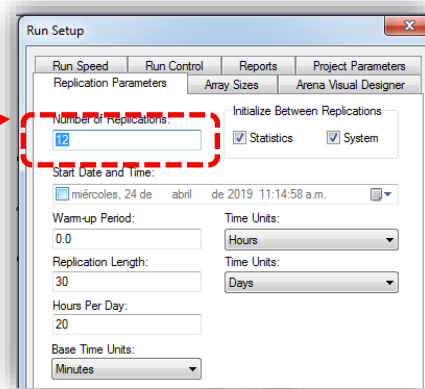
- Se asume que todas las unidades cargan en la planta de GMT-Mollendo.
- No existes huelgas ni paros que interfieran en el libre tránsito de las unidades.
- Se tendrá mantenimientos correctivos en base a la data histórica registrada en el total de operaciones de la empresa.
- El horario de transporte de combustible es de 7:00 am a 7:00 pm
- La demanda diaria es constante
- Los mantenimientos son realizados en el taller de Matarani.
- Planta de Mollendo no trabaja los domingos
- Se carga en horario preferencial a las 7 a.m.

5.3 MODELO DE SIMULACIÓN

5.3.1 PARÁMETROS INICIALES:

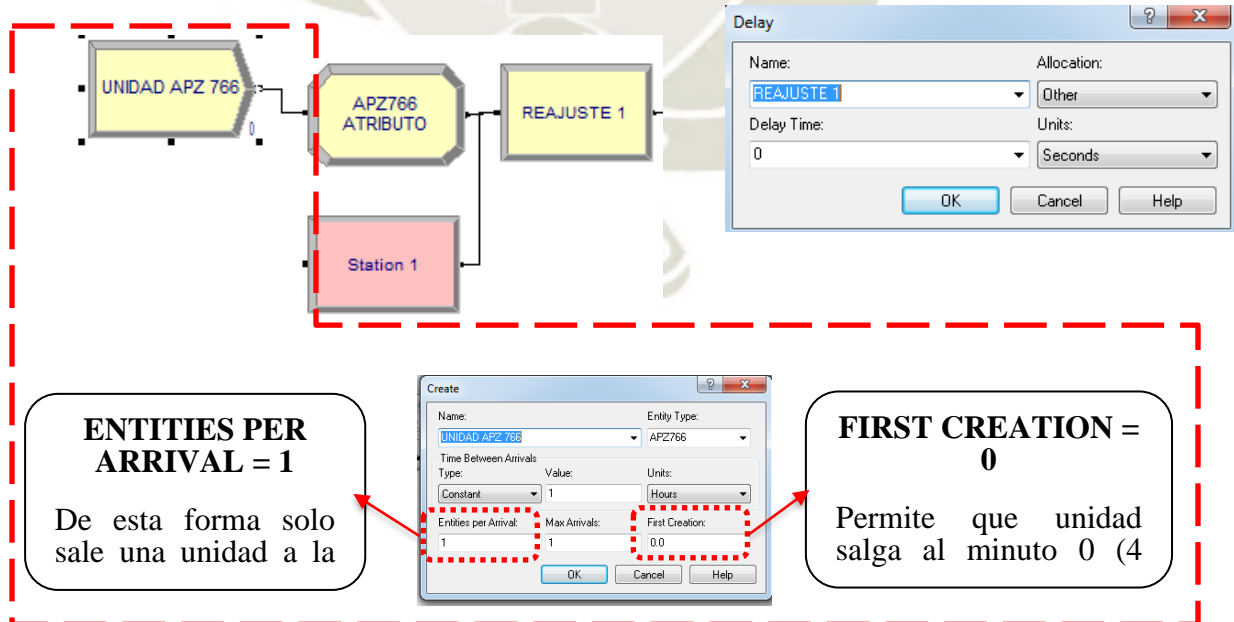
Teniendo en consideración nuestros supuestos, podemos determinar nuestros parámetros iniciales para poder ejecutar nuestro modelo, se está considerando que se puede retirar ticket desde las 4 de la mañana, por lo que se coloca que se tiene 20 horas por día, acabando la simulación a las 12 de la noche, además de 30 días de réplica.

NUMBER OF REPLICATIONS = 12
Se considera 12



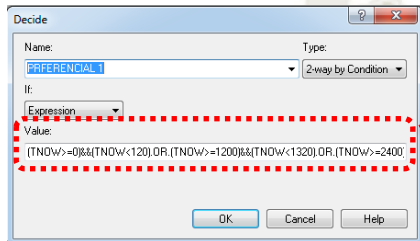
5.3.2 PROCESO CARGA:

Para programar los arribos se tiene que considerar que planta Mollendo inicia operaciones a las 7 de la mañana y que la operación Cerro verde tiene pase preferencial, para simular dicho comportamiento se utilizará un módulo, adicionalmente se le colocó un atributo para diferenciar las 10 unidades, además de un tiempo de reajuste que nos sirve para quitar cualquier sesgo en la iniciación del sistema. Cuya programación será como sigue:

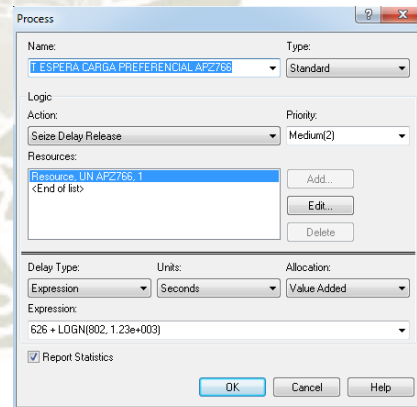
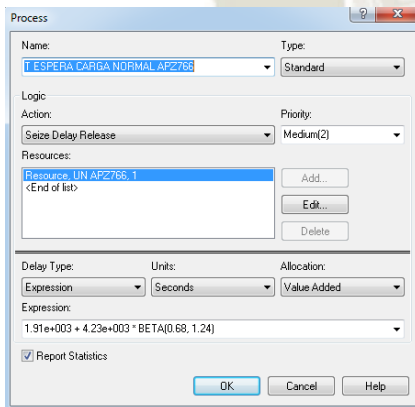
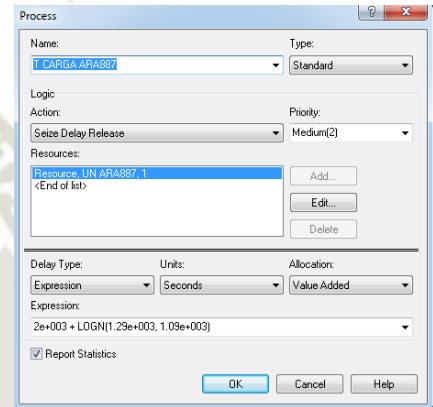
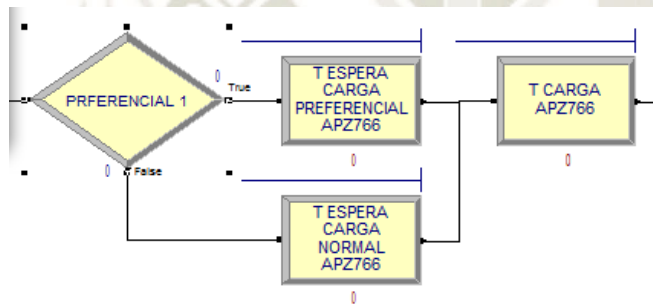


Fuente: Software Arena, 2019

Cabe resaltar que si la unidad no llega en el horario preferencial igual podrá cargar en horario normal, sin embargo, por temas de horario, no podrá concluir el viaje, para lo cual se utilizó DECIDE con un condicional que nos permita determinar en el tiempo de espera de carga para la unidad, si la unidad llega para carga preferencial o carga normal.



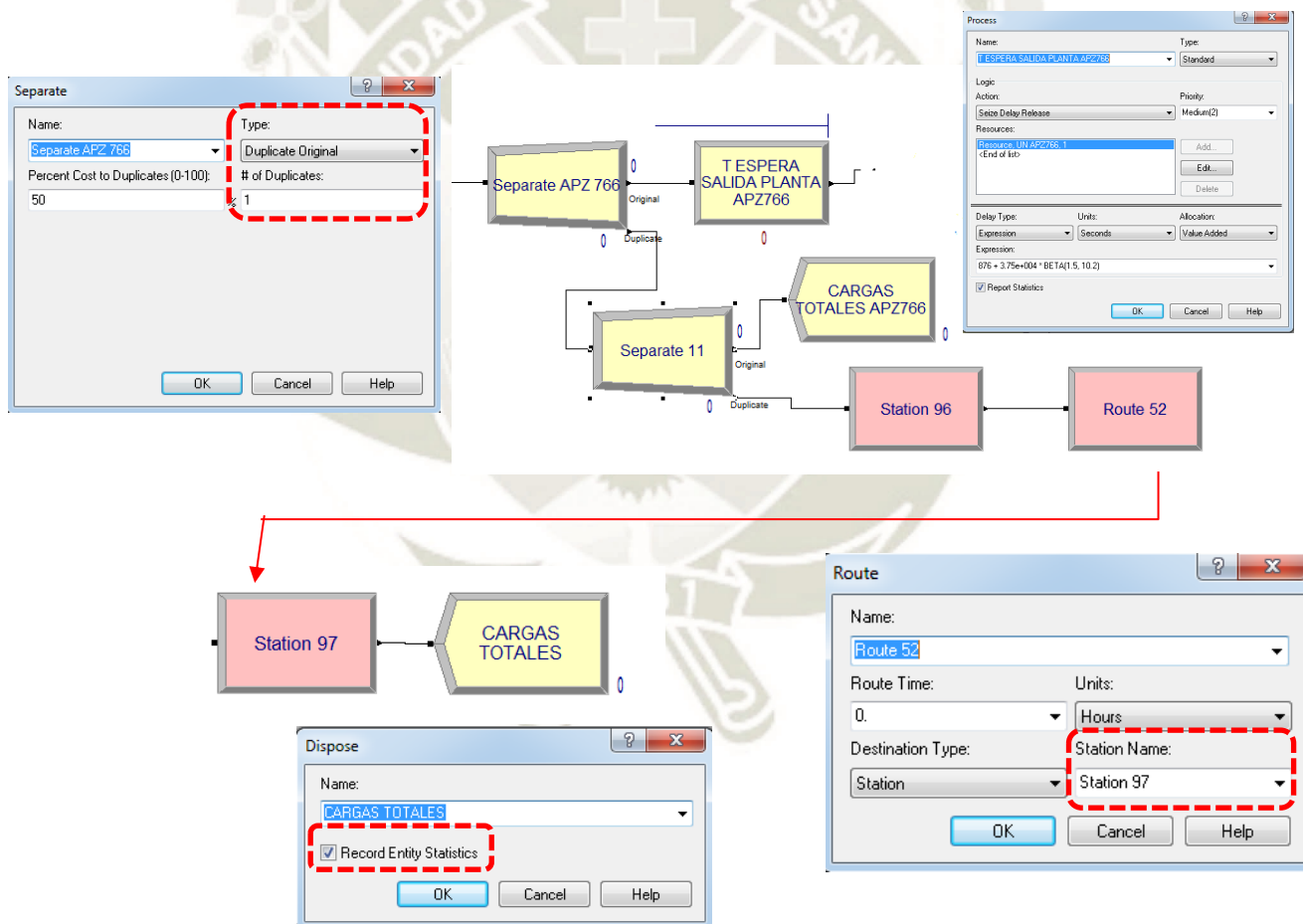
VALUE:
Está amarrado al tiempo, nos indica si la unidad llega antes de las 7 A.M para de esta manera cargar en horario preferencial



Fuente: Software Arena, 2019

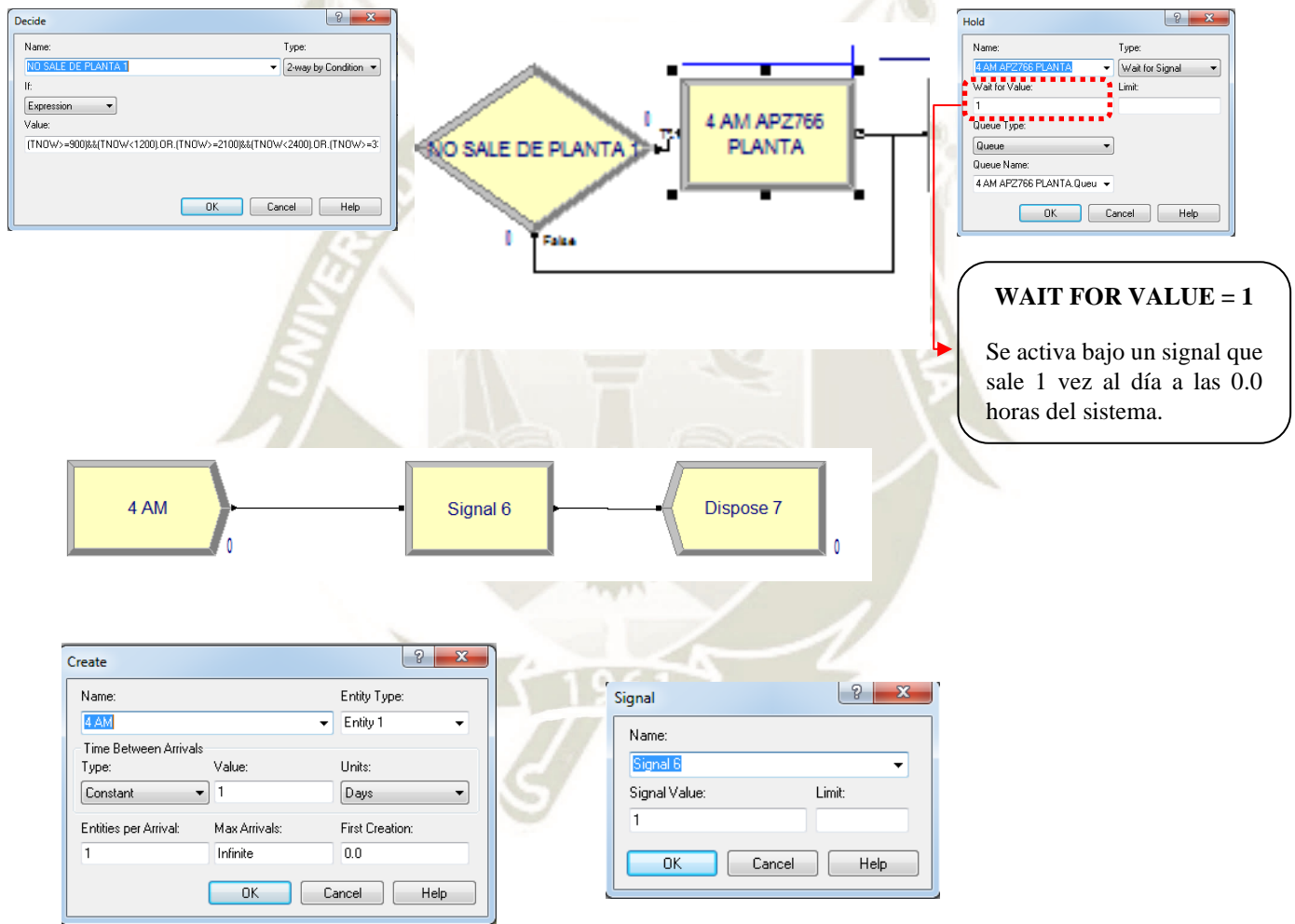
El tiempo de carga de la unidad será el mismo ya sea que la unidad haya llegado a cargar en el horario preferencial, como en el horario normal.

Luego de la carga colocamos un SEPARATE, seguido de un DISPOSE el cual nos permite hacer un conteo de la cantidad de veces que la unidad ha realizado la carga, esto se realiza en este punto ya que ahí es donde se factura los camiones, de igual manera se realiza el mismo procedimiento para calcular el total de unidades cargadas creando otro SEPARATE en cada unidad y juntando estos en un DISPOSE que junte todas las cargas, estos datos nos permitirán obtener estadísticas del modelo de manera más sencilla, así mismo se crea un PROCESS con el tiempo de espera de salida de planta.



Fuente: Software Arena, 2019

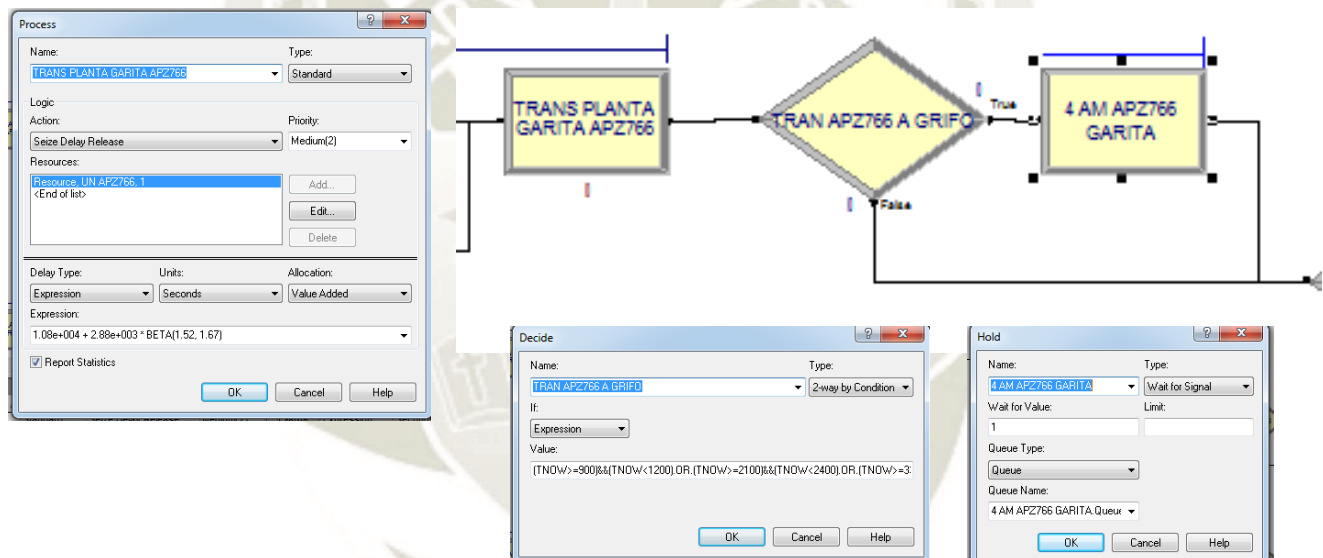
Si bien independientemente de la hora de llegada a planta las unidades cargan, es necesario diferenciar las unidades que llegan a salir de planta para lo cual se colocó un DECIDE seguido de un HOLD, el cual nos ayudará a retener las unidades que no salen de planta con el tiempo suficiente para llegar a mina en ese día (Antes de las 7:00 A.M)



Fuente: Software Arena, 2019

5.3.3 PROCESO TRANSPORTE:

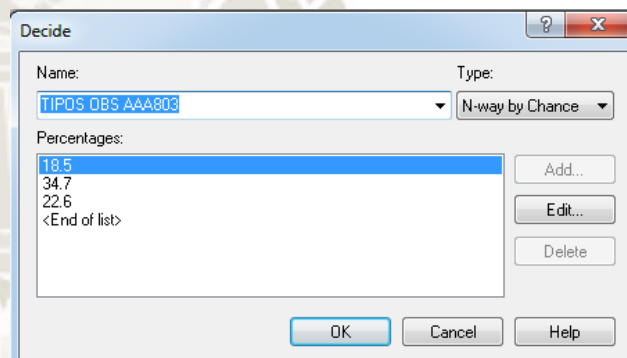
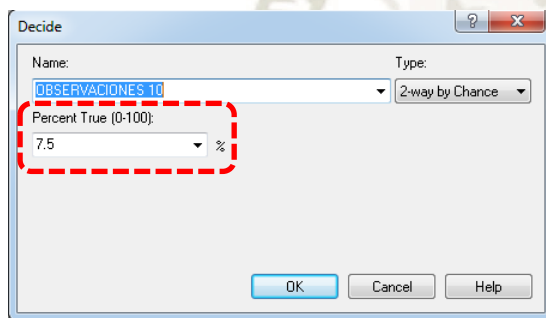
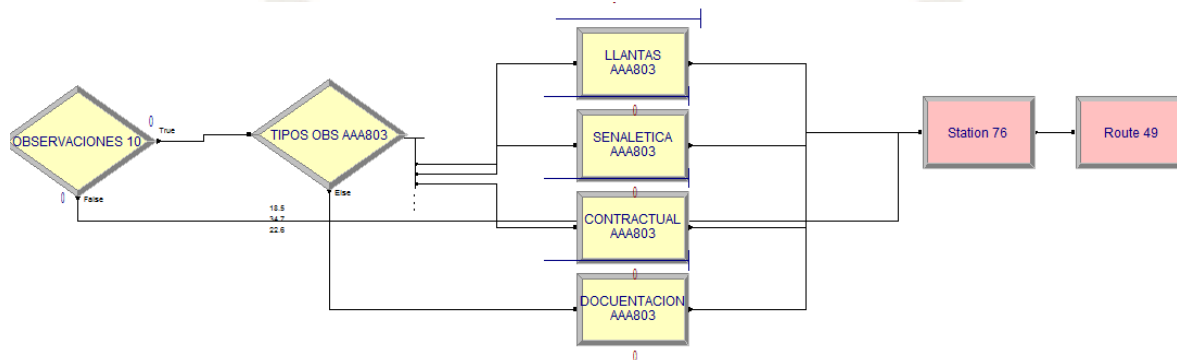
Si la unidad logra salir de planta sin demoras el modelo sigue con el transporte para lo cual se coloca un PROCESS del transporte desde la planta de Mollendo hasta Garita (Mina) colocando nuevamente un DECIDE seguido de un HOLD, para diferenciar si la unidad puede completar el proceso de transporte en un día, esto se realiza para hacer el modelo más verídico, intentando quitar posibles errores.



Fuente: Software Arena, 2019

Una vez las unidades llegan a Garita, es necesario colocar un DECIDE que nos permita diferenciar si la unidad tiene alguna observación por parte de mina, en caso no haya ninguna observación se puede seguir con el proceso, en caso exista alguna observación se diferencia en el tipo de observación para lo cual se coloca nuevamente un DECIDE, separando entre los 4 tipos de observación que actualmente es uno de los principales motivos de demora en el transporte.

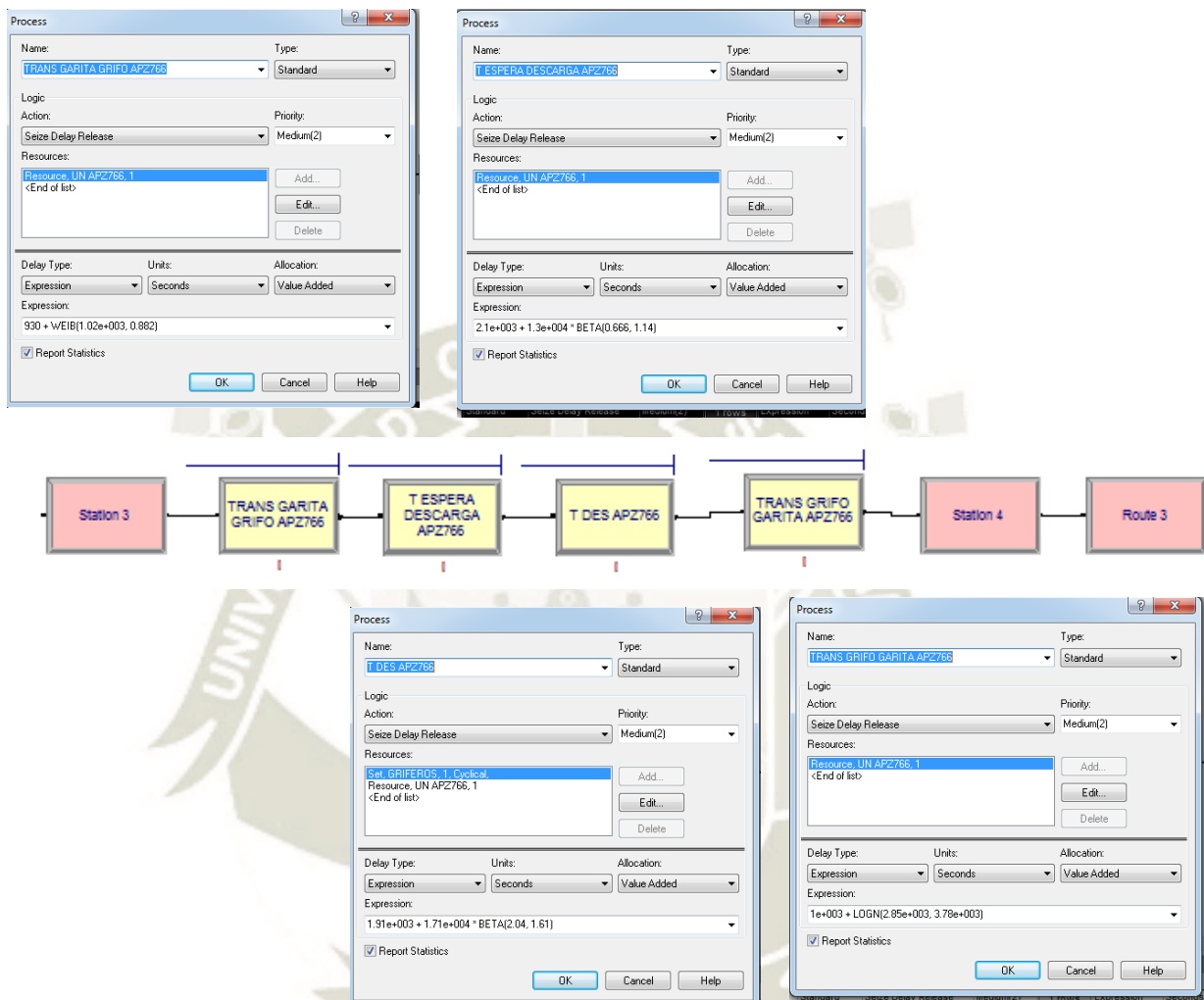
El 7.5% de viajes las unidades son observadas, de este 7.5%, el 18.5% es debido a llantas, el 34.7 es debido a las señaléticas, el 22.6% es debido a un tema contractual, y el restante debido a temas de documentación de las unidades.



Fuente: Software Arena, 2019

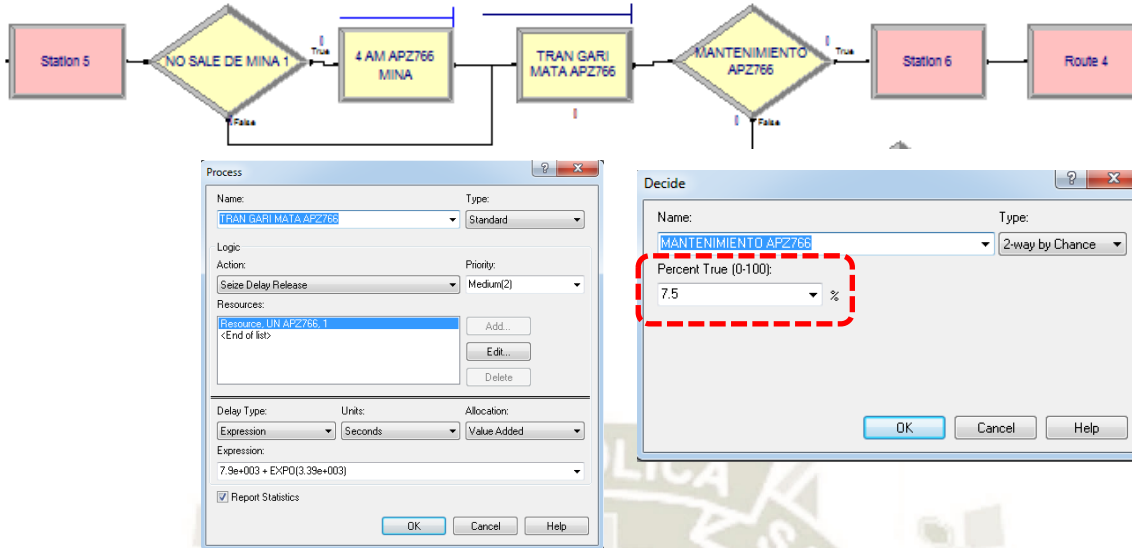
5.3.4 PROCESO DE DESCARGA:

Una vez las unidades ingresan a mina siguen el proceso de descarga el cual está determinado por 4 PROCESS seguidos, con el tiempo de transporte de Garita a Grifo, el tiempo de espera para la descarga, el tiempo de descarga y el tiempo de transporte de Grifo a garita.



Fuente: Software Arena, 2019

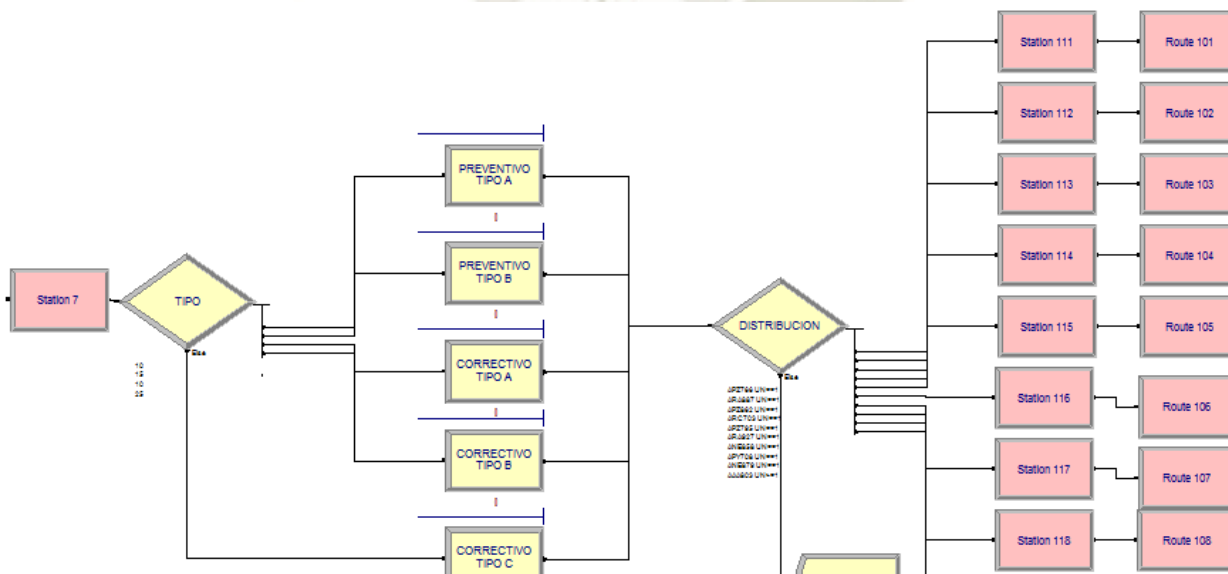
Además nuevamente se coloca el DECIDE junto con el HOLD, para diferenciar si la unidad sale de mina, también expresado como si la unidad llego a cargar en horario preferencial y puede terminar el viaje en un día, de igual manera se continua con el transporte de Garita hacia Matarani, para lo cual se coloca un PROCESS, en esta etapa también se considera el mantenimiento de la unidad, sabiendo que el 7.5% de veces la unidad se queda por mantenimiento.



Fuente: Software Arena, 2019

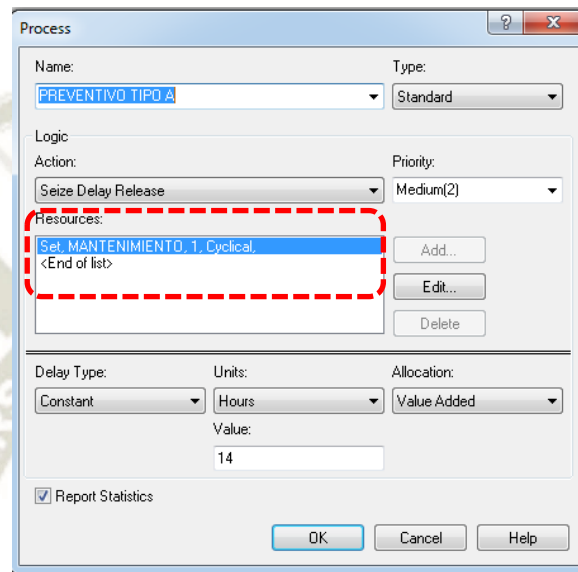
5.3.5 PROCESO DE MANTENIMIENTO:

Para la simulación del mantenimiento se realizó un ROUTE aparte, en el cual se puede diferenciar los distintos tipos de mantenimiento realizados, se sabe que se tiene dos tipos de mantenimiento preventivo (A y B) y tres tipos de mantenimiento Correctivo (A, B Y C)



Fuente: Software Arena, 2019

Para realizar los trabajos de mantenimiento se tiene un SET de Mecánicos, que funcionan de acuerdo a la disponibilidad de los mismos, por lo que cada tipo de mantenimiento está amarrado a este set

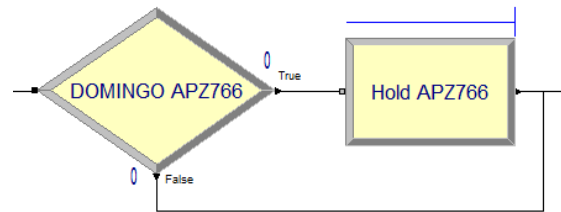
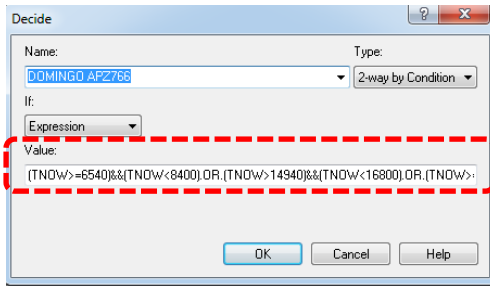


Set - Basic Process			
	Name	Type	Member Definition Method
1	GRIFEROS	Resource	Manual List
2	MANTENIMIENTO	Resource	Manual List

Members		
	Member Type	Resource Name
1	Single Element	MECANICO 1
2	Single Element	MECANICO 2
3	Single Element	MECANICO 3

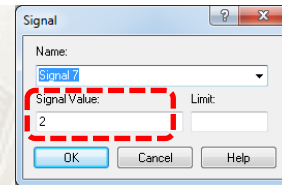
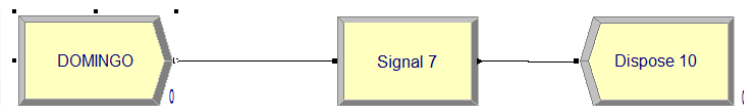
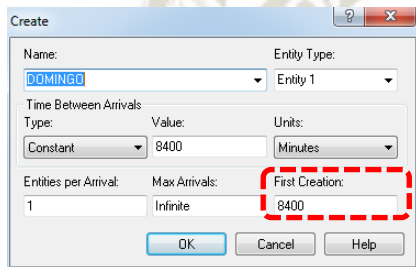
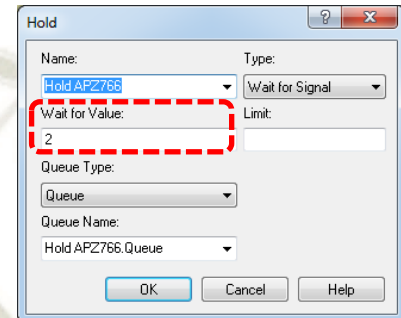
Fuente: Software Arena, 2019

Además, teniendo en cuenta que la operación no realiza viajes los días domingos es necesario colocar un DECIDE diferenciando el día domingo seguido de un HOLD, en caso la expresión sea verdadera, para calcular la demora de un día, para lo cual se le colocó un SIGNAL con un valor de 2 para diferenciarlo del SIGNAL anterior.



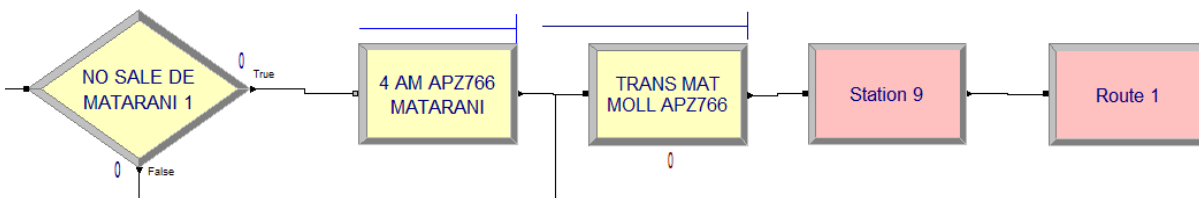
El DECIDE está amarrado al tiempo, comienza al final del día sábado de cada

FIRST CREATION = 8400 Inicia el primer



Fuente: Software Arena, 2019

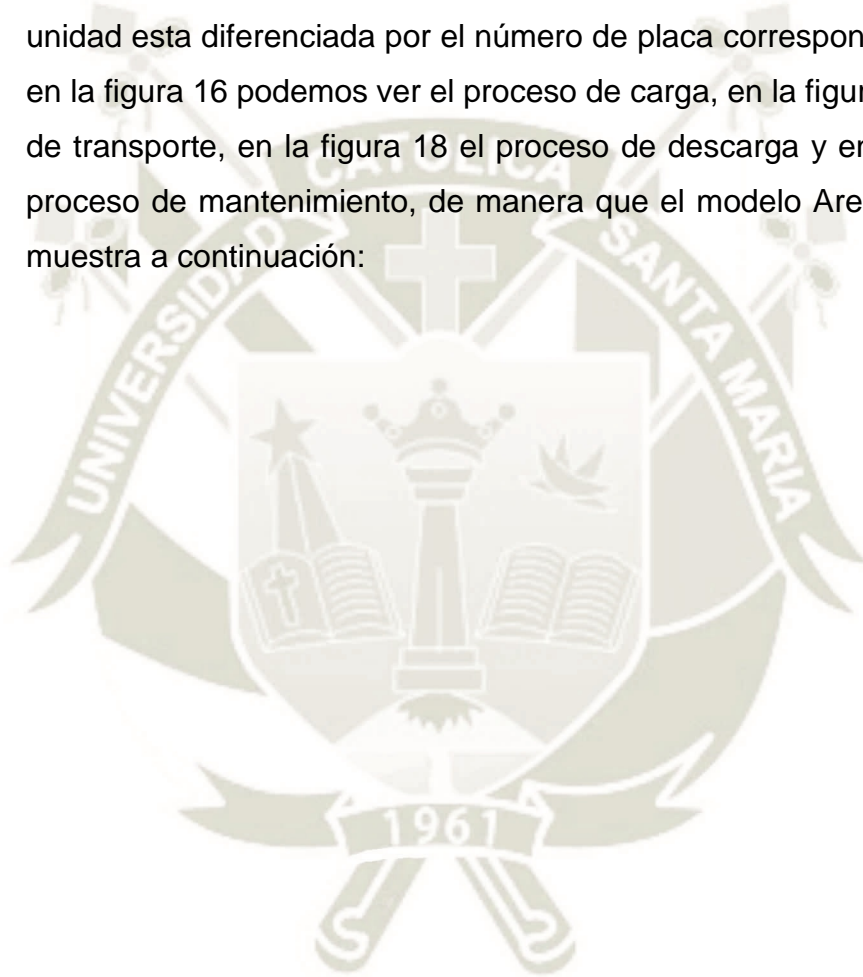
De igual manera se vuelve a colocar el DECIDE seguido del HOLD para saber si la unidad puede terminar el viaje según la hora de llegada a la planta de Mollendo.



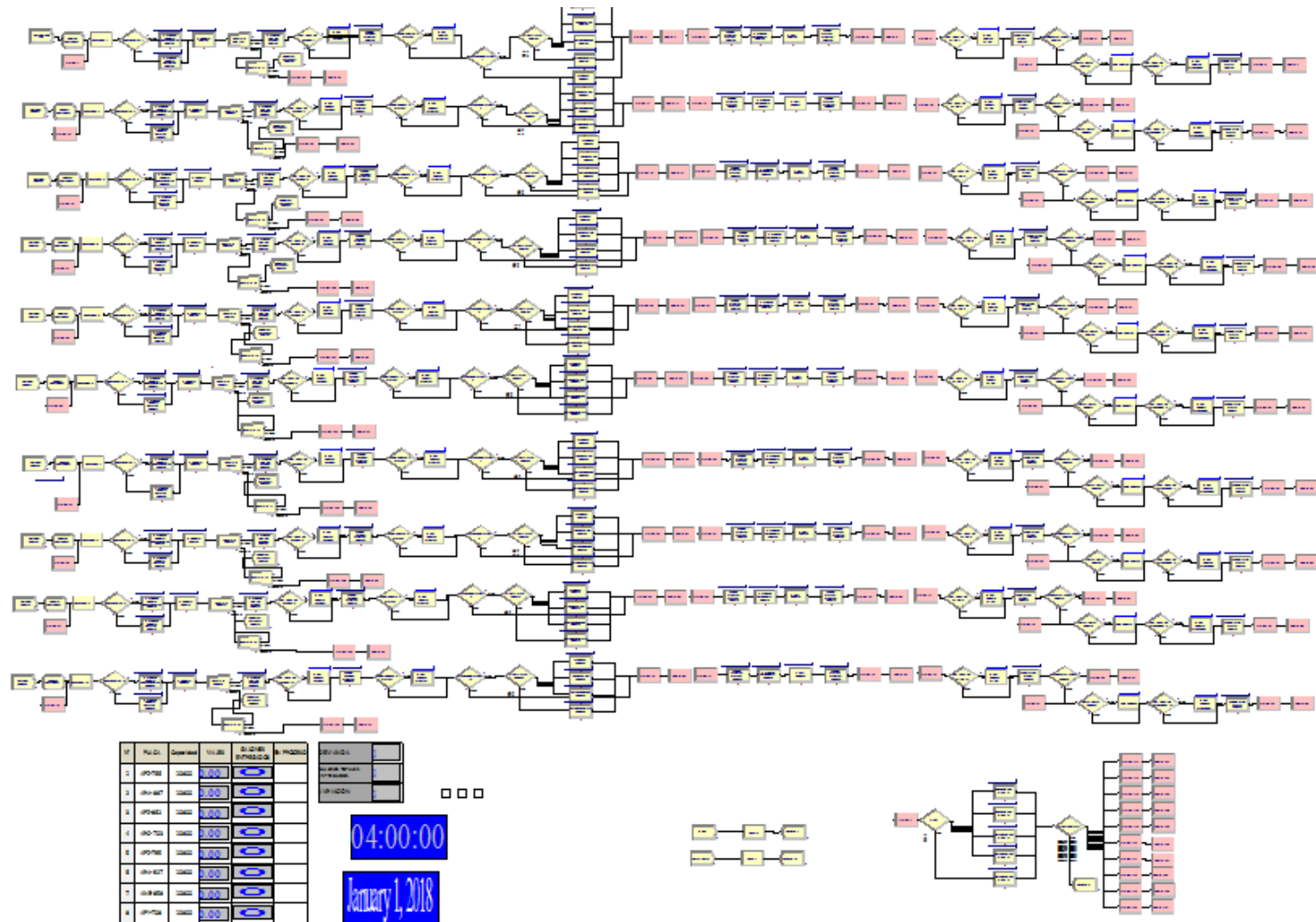
Fuente: Software Arena, 2019

Finalmente se coloca un PROCESS con el tiempo de transporte de la cochera de Matarani hacia la planta de Mollendo, con lo cual el proceso de transporte inicia nuevamente.

Este proceso se repite para cada una de las 10 unidades de manera que la simulación es para todo el convoy, como se mencionó anteriormente cada unidad esta diferenciada por el número de placa correspondiente al tracto, en la figura 16 podemos ver el proceso de carga, en la figura 17 el proceso de transporte, en la figura 18 el proceso de descarga y en la figura 19 el proceso de mantenimiento, de manera que el modelo Arena completo se muestra a continuación:

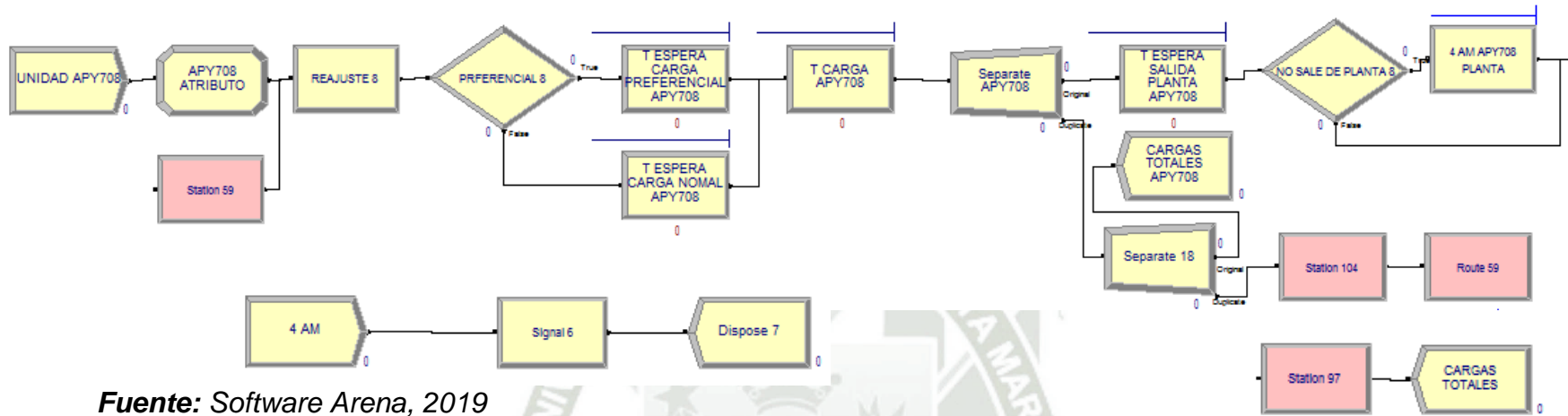


5.3.6 MODELO ARENA



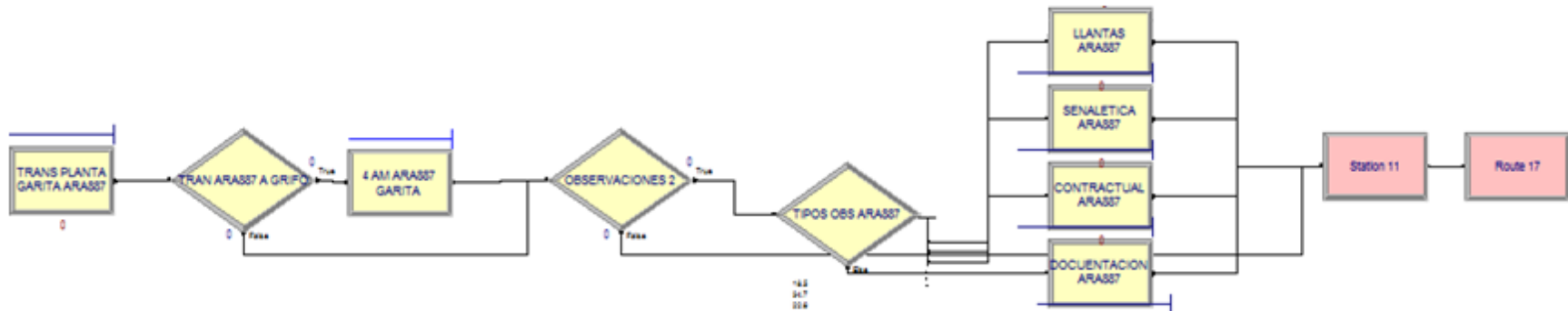
Fuente: Software Arena, 2019

Figura 16 - Proceso carga



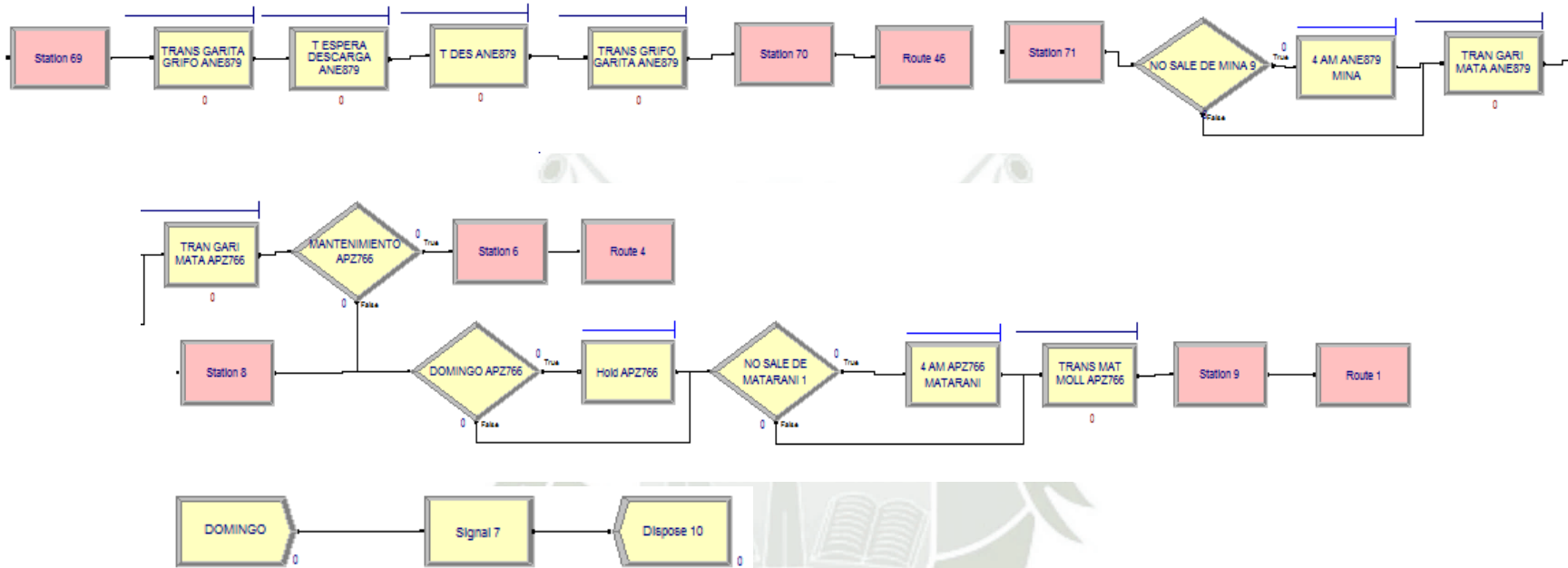
Fuente: Software Arena, 2019

Figura 17 - Proceso transporte



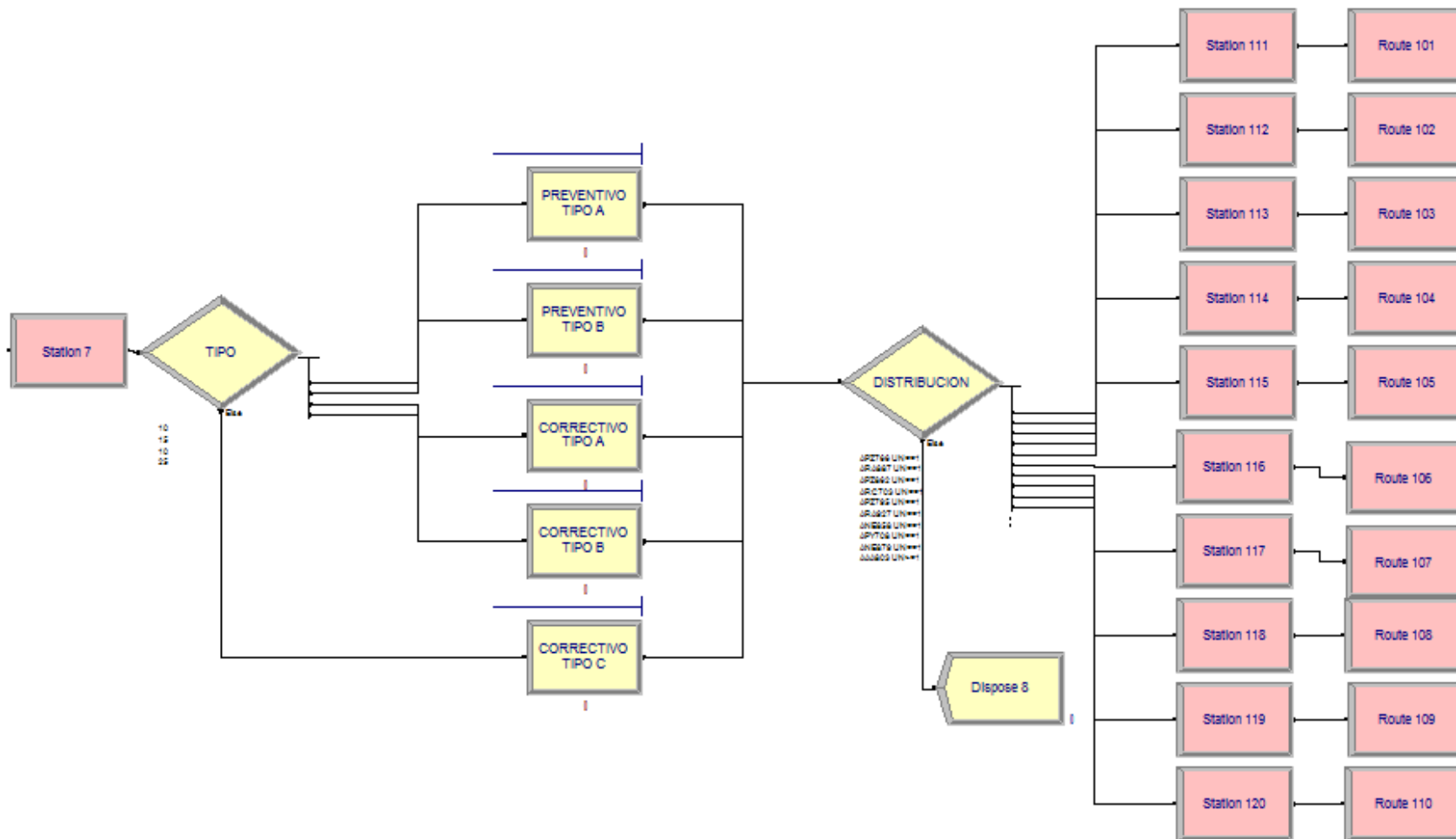
Fuente: Software Arena, 2019

Figura 18 - Proceso descarga



Fuente: Software Arena, 2019

Figura 19 - Proceso de mantenimiento



Fuente: Software Arena, 2019

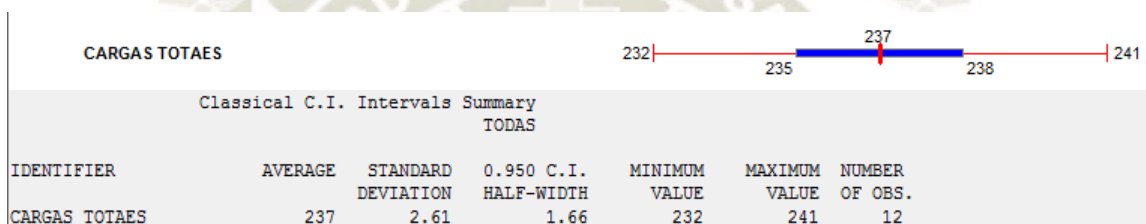
5.4 VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Para la validación del modelo se evaluará el siguiente indicador:

- Numero de vueltas total

5.4.1 RESULTADOS:

A partir de las 12 réplicas (30 días de operación por réplica) se obtiene las medias de volúmenes descargados totales al mes por cada unidad, número de vueltas hechas al mes, para lo cual utilizamos el Output Analyzer.



Fuente: Software Arena, 2019

De esta forma tenemos:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= 2.61 \\ \text{Media} &= 237 \\ n_1 &= 12 \end{aligned}$$

5.4.2 DATOS REALES ACTUALES.

Para la validación del modelo, se llevó a cabo una recopilación de información de los últimos 18 meses, asumiendo que un mes regular tiene 30 días, es que se halló los siguientes valores.

- **Numero de vueltas por mes**

Para realizar la prueba de hipótesis, se necesita la media y la desviación estándar del sistema real.

Tabla 27 - Histórico de viajes de los últimos 18 meses de la operación

N°	Viajes	N°	Viajes	N°	Viajes
1	237	7	237	13	235
2	231	8	240	14	240
3	236	9	236	15	234
4	235	10	240	16	233
5	234	11	240	17	236
6	239	12	235	18	231

Fuente: Data histórica Operación Cerro Verde, 2019

A partir de estos datos se obtiene la media y desviación estándar.

$$\sigma^2 = 2.92$$

$$\text{Media} = 236.1$$

$$n_1 = 18$$

5.4.3 COMPARACIÓN MODELO REAL Y EL MODELO EN ARENA

Para comparar ambos modelos utilizamos una prueba de hipótesis o contraste de medias, como se muestra a continuación:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

Criterio de rechazo de H_0 :

$$|t_0| > t_{\alpha/2, v}$$

A partir de la siguiente fórmula:

$$t_0 = \frac{\bar{\chi}_1 - \bar{\chi}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

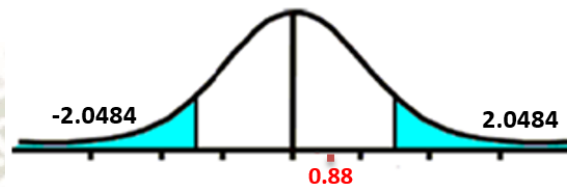
Se obtiene: $t_0 = 0.88$

Para obtener los grados de libertad se usará la siguiente fórmula:

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 + 1} + \frac{\left(\frac{\sigma_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 + 1}} - 2$$

Se obtiene: $v = 28$

Buscando el valor de $V=28$ en nuestra tabla t, obtenemos que $t=2.0484$, entonces nuestra distribución sería:



$$|t_0| < t_{0.05/2, 19}$$

$$|0.881| < 2.0484$$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis de que las medias del total de viajes realizados en los dos sistemas son iguales a un nivel de confianza del 95%

Como podemos ver la hipótesis nula se acepta, por lo que podemos decir que nuestro modelo arena, refleja un comportamiento igual a nuestro modelo real y por lo tanto se pueden hacer propuestas de mejora a partir del mismo.

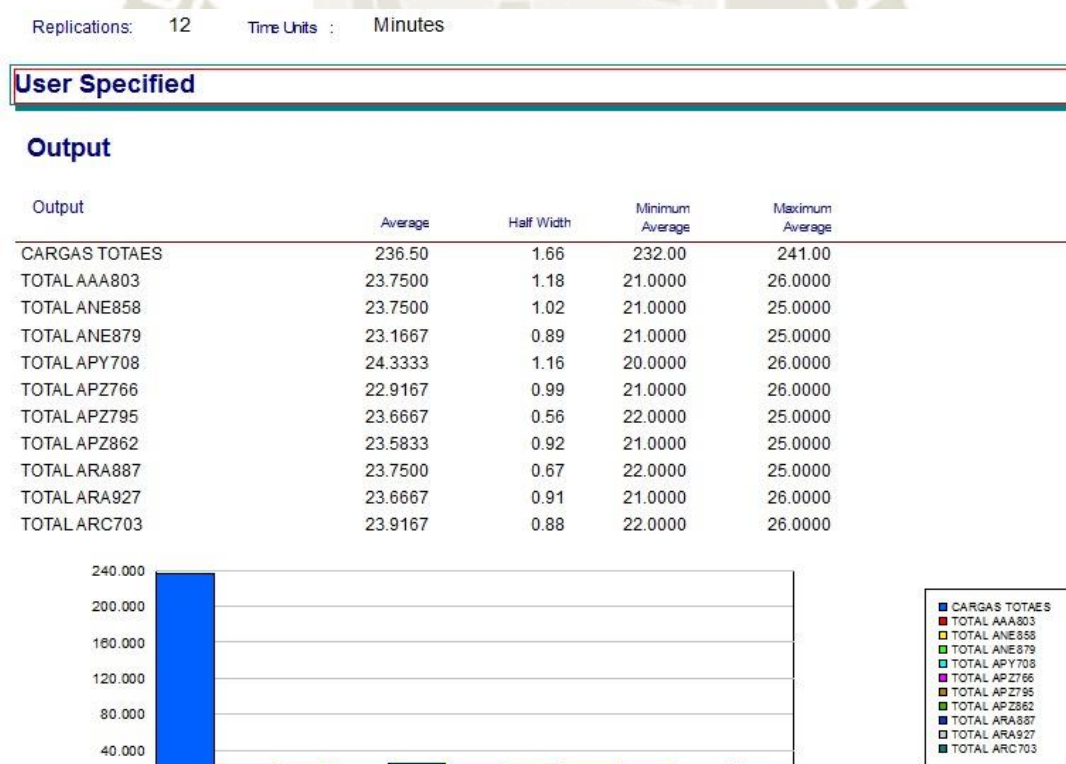
CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE MEJORA

En el presente capítulo se harán propuestas de mejora teniendo como base el modelo de simulación actual

6.1 TABLA DE RESULTADOS:

A partir de las 12 réplicas (lo equivalente a un año) se obtiene resultados como viajes promedio por replica, número de cargas totales, número de galones entregados y la utilización de cada recurso, así como el tiempo promedio de permanencia en cada una de las estaciones.

Figura 20 - Resultados modelo actual software arena



Fuente: Modelo de simulación Actual Operación Cerro Verde, 2019

Figura 21 - Utilización de recursos modelo actual

Replications: 14 Time Units: Minutes

Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
GRIFERO 1	0.4183	0.01	0.3936	0.4471	0.00	1.0000
GRIFERO 2	0.4220	0.01	0.3978	0.4486	0.00	1.0000
GRIFERO 3	0.4227	0.01	0.3864	0.4477	0.00	1.0000
MECANICO 1	0.2280	0.03	0.1683	0.3460	0.00	1.0000
MECANICO 2	0.1722	0.03	0.1183	0.2400	0.00	1.0000
MECANICO 3	0.1368	0.03	0.06000000	0.2183	0.00	1.0000
UNAAA803	0.6813	0.03	0.5954	0.7507	0.00	1.0000
UNANE858	0.6696	0.03	0.6011	0.7111	0.00	1.0000
UNANE879	0.6568	0.02	0.6018	0.7123	0.00	1.0000
UNAPY708	0.7072	0.03	0.6290	0.7654	0.00	1.0000
UNAPZ766	0.7137	0.02	0.6558	0.7671	0.00	1.0000
UNAPZ795	0.6904	0.02	0.6341	0.7384	0.00	1.0000
UNAPZ862	0.6881	0.03	0.6040	0.7634	0.00	1.0000
UNARA887	0.6424	0.02	0.5806	0.6931	0.00	1.0000
UNARA927	0.6954	0.03	0.6139	0.7722	0.00	1.0000
UNARC703	0.6823	0.03	0.5939	0.7523	0.00	1.0000

Fuente: Modelo de simulación Actual Operación Cerro Verde, 2019

Según los resultados del software Arena del modelo actual como podemos ver en la Figura 20 - Resultados modelo actual software arena, el promedio de cargas totales de la operación es de 236.5 viajes lo cual equivale a 2, 554,200 galones de combustible transportado, además podemos ver el promedio de cargas de cada una de las unidades, así como el valor máximo y el mínimo.

Gracias a la Figura 21 - Utilización de recursos modelo actual podemos darnos cuenta que los mecánicos no utilizan ni la tercera parte de su capacidad, lo que nos indica que el tiempo muerto de los mecánicos es elevado, si bien los griferos tampoco utilizan el 100% de su capacidad, su utilización es cerca del 50%, además que estos pertenecen directamente a mina por lo que no se puede hacer cambios al respecto.

6.2 IDENTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA:

6.2.1 CONSIDERACIONES:

- Se considera como se dijo previamente, que las unidades que no lleguen a planta Mollendo antes de las 7 de la mañana no podrán salir a mina.
- Las propuestas entregadas en el siguiente trabajo, si bien consumen recursos dentro de la operación, mejorarían de igual manera el porcentaje de cumplimiento de viajes realizados y por lo tanto el porcentaje de ventas.
- Algunas de las propuestas entregadas no generarían costos adicionales.

6.2.2 ESCENARIO PROPUESTO:

Se tiene en consideración los siguientes cambios en el modelo actual:

- ❖ Se retira a los dos supervisores escoltas de la Operación

Justificación:

- Para mina, no es requisito que la operación de Cerro Verde cuente con supervisores escoltas a lo largo de toda la ruta.
- Retirando a los supervisores escoltas no solo se reduciría los costos de los salarios sino también los costos de alquiler de camioneta que genera un costo diario de S/.160

- ❖ Capacitación de conductores por parte de la casa matriz

Justificación:

- Ya que las unidades son nuevas la casa matriz (Divemotor) puede otorgar de manera gratuita capacitaciones para una mejor conducción.
- La capacitación a los conductores reduciría cierto tipo de fallas en los camiones (freno de motor, entre otros tipos de mantenimiento correctivo) y de igual manera reduciría el consumo de combustible por viaje.
- ❖ Contratar un inspector Facility que se encargue netamente de la Operación.

Justificación:

- Con la implementación de un inspector Facility para la flota se reducirían las observaciones de mina para la operación, que como vimos anteriormente un 7,5% de veces la unidad es detenida por este tipo de situaciones.
- El sueldo propuesto para el nuevo personal sería de S/.1800 al mes.
- ❖ Reducir a dos el número de mecánicos en Matarani.

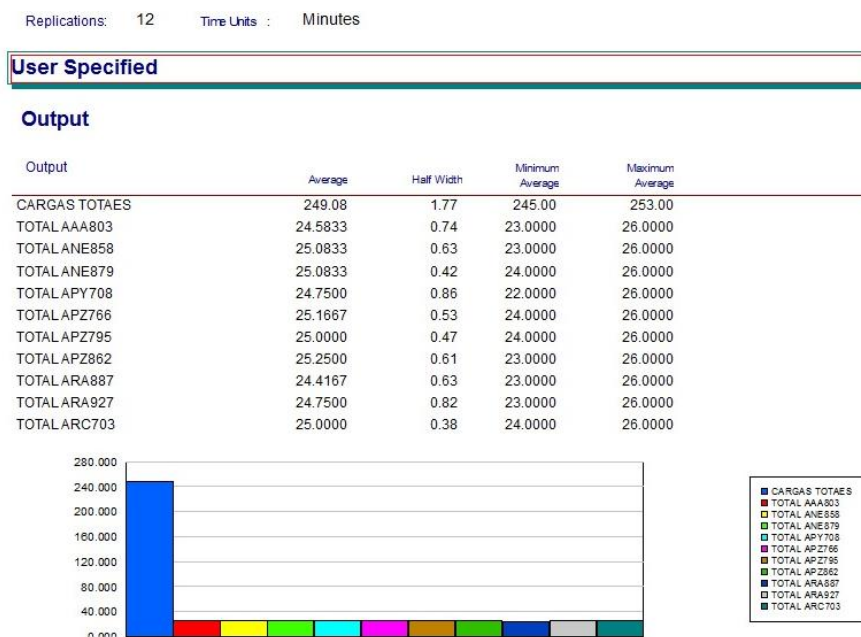
Justificación:

- Como se pudo identificar en el modelo de simulación, la utilización de los mecánicos es baja, ni siquiera llegando al 50%.

6.3 RESULTADOS

Realizando los cambios elaboramos un modelo propuesto, cuyos valores son como sigue a continuación:

Figura 22 - Resultados modelo propuesto software arena



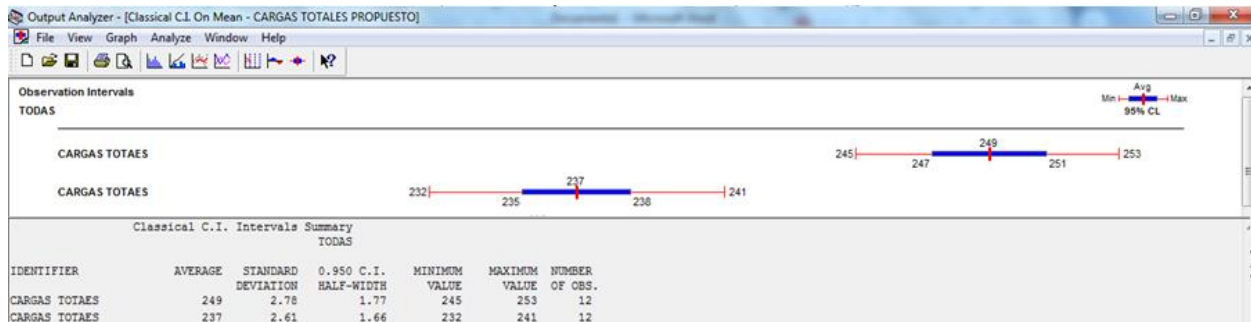
Fuente: Modelo de simulación Actual Operación Cerro Verde, 2019

Como podemos observar en nuestra Figura 22 el promedio de cargas totales al mes de nuestro modelo propuesto es de 249, de igual manera nos muestra el promedio de cargas mensuales para cada una de las unidades.

6.4 COMPARACIÓN DEL MODELO ACTUAL CON EL MODELO PROPUESTO:

Utilizando el output Analyzer, una herramienta alternativa del Arena, se compararon ambos modelos de simulación, para diferenciar los cambios entre el modelo actual como el propuesto son similares, los resultados se muestran a continuación:

Figura 23 - Medias y desviación estándar de modelo actual y propuesto



Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el output analyzer, 2019

De esta manera podemos revisar tanto las cargas promedio como la desviación estándar de nuestros dos modelos en el Software Arena, siendo estos datos meramente didácticos, pudiendo utilizarlos en caso querer hacer una comparación con un modelo totalmente nuevo que también simule nuestro modelo de transporte, ya que puede existir más de una forma de modelar un sistema de acuerdo al criterio de la persona que realice la simulación, mientras se realice la comprobación respectiva.

6.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

6.5.1 INVERSION:

Según nuestras propuestas de mejora, se deberá realizar una la inversión que se realizará para poder hacer realidad el proyecto desarrollado en este estudio está dividida en dos partes:

- ***Inversión tangible:***

Nuestros activos fijos se devalúan con el pasar del tiempo, en este caso tenemos las 10 unidades de la operación las cuales son todas nuevas.

- ❖ **Tracto:** El costo de un tracto nuevo para la operación es de \$85000 equivalente a S/. 284750 teniendo una tasa de cambio de 3.35
- ❖ **Cisterna:** El costo de una cisterna nueva para la operación es de \$32000 equivalente a S/. 107200 teniendo una tasa de cambio de 3.35

- ***Inversión intangible:***

Nuestros activos que no pueden ser medidos de manera física y los cuales detallamos a continuación:

- ❖ **Capacitaciones:** Como parte del costo la empresa capacitara a los conductores en temas de eficiencia para la conducción, estas capacitaciones no nos generarían un costo adicional, ya que estaría a cargo de la casa Matriz (Divemotor).

Por lo que el costo total de inversión asciende a S/3,919,500, considerando una tasa de cambio de 3.35 y la cantidad de unidades (10 unidades). Cabe resaltar que el costo de los nuevos camiones estará financiado.

6.5.2 DEPRECIACION

Nuestra depreciación en este caso se desarrollará tanto en los tractos como en las cisternas que se adquirirán y que perderán su valor debido a su uso.

Tabla 28 - Depreciación tracto

TRACTO			S/. 284,750.00
DEPRECIACION ANUAL			S/. 28,475.00
DEPRECIACION MENSUAL			S/. 2,372.92
PERIODO	VALOR	MONTO ANUAL	MONTO MENSUAL
1	S/ 284,750	S/ 28,475	S/ 2,373
2	S/ 256,275	S/ 28,475	S/ 21,356
3	S/ 227,800	S/ 28,475	S/ 18,983
4	S/ 199,325	S/ 28,475	S/ 16,610
5	S/ 170,850	S/ 28,475	S/ 14,238
6	S/ 142,375	S/ 28,475	S/ 11,865
7	S/ 113,900	S/ 28,475	S/ 9,492
8	S/ 85,425	S/ 28,475	S/ 7,119
9	S/ 56,950	S/ 28,475	S/ 4,746
10	S/ 28,475	S/ 28,475	S/ 2,373

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29 - Depreciación cisterna

CISTERNA			S/. 107,200.00
DEPRECIACION ANUAL			S/. 10,720.00
DEPRECIACION MENSUAL			S/. 893.33
PERIODO	VALOR	MONTO ANUAL	MONTO MENSUAL
1	S/ 107,200	S/ 10,720	S/ 893
2	S/ 96,480	S/ 10,720	S/ 8,040
3	S/ 85,760	S/ 10,720	S/ 7,147
4	S/ 75,040	S/ 10,720	S/ 6,253
5	S/ 64,320	S/ 10,720	S/ 5,360
6	S/ 53,600	S/ 10,720	S/ 4,467
7	S/ 42,880	S/ 10,720	S/ 3,573
8	S/ 32,160	S/ 10,720	S/ 2,680
9	S/ 21,440	S/ 10,720	S/ 1,787
10	S/ 10,720	S/ 10,720	S/ 893

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que el periodo de vida de las unidades es de 10 años, ya que es un requerimiento de mina que las unidades no sobrepasen este tiempo de antigüedad.

Después de haber calculado la depreciación, se ha podido definir que el monto total anual de la depreciación anual asciende a: S/. 39,195 por lo que nuestra depreciación mensual es de S/. 3,266.25

6.5.3 COSTOS DE LA OPERACIÓN

Para mantener la Operación de transporte de combustible hacia Cerro Verde se incurren en ciertos costos necesarios para mantener el proyecto, estos costos los hemos separado en dos clases, costos fijos y costos variables:

- **Costos fijos:**

Nuestros costos fijos son independientes de nuestro volumen de producción, estos se deben velar independientemente de que tan bien o mal le haya ido a la empresa, razón por la cual son tan cruciales en la estructura financiera de cualquier entidad. Dentro de la operación los costos fijos con mayor relevancia son los costos que genera el área de RRHH (supervisores, conductores, mecánicos), los cuales podemos ver en la Tabla 31 – Costos de RR. HH, considerando que ciertos puestos tienen un bono de S/.500 por cumplimiento de metas.

Tabla 30 - Costos de RR.HH.

AREA	EMPLEADO	SALARIO MENSUAL	N° PERSONAS	BONO (S/.500)	TOTAL ANUAL
OPERACIONES	Supervisor de la Operación CV	S/. 2,500	1		S/. 42,000
	Conductores	S/. 2,900	15	S/. 500	S/. 820,800
SSOMAC	Supervisor SSOMAC Combustibles	S/. 2,500	1		S/. 21,000
	Supervisores escoltas	S/. 2,900	2	S/. 500	S/. 97,940
MANTENIMIENTO	Supervisor de Mantenimiento Combustible	S/. 2,000	1		S/. 16,800
	Mecánicos Matarani 1	S/. 1,500	2		S/. 25,200
	Mecánicos Matarani 2	S/. 2,300	2		S/. 38,640
TOTAL		S/. 25,600	24		S/. 1,062,380

Fuente: *Elaboración Propia*

En la tabla 31 se puede observar a cada empleado de acuerdo al organigrama y las áreas que se determinaron influyen directamente en la operación, se ha definido su salario mensual, a este monto se le tiene que sumar los beneficios de ley (seguro social, vacaciones, gratificación y CTS) para lo cual utilizamos un indicador de (1.40) para obtener el costo total generado por el salario de estos trabajadores, entonces dentro de nuestro salario mensual se está considerando el salario bruto que perciben los trabajadores en planilla y el salario anual está considerando el costo anual que la empresa tiene que incurrir por la contratación de ese puesto en específico.

Tabla 31 - Costos RR.HH. propuesto

AREA	EMPLEADO	SALARIO MENSUAL	N° PERSONAS	BONO (S/500)	TOTAL ANUAL
OPERACIONES	Supervisor de la Operación CV	S/. 2,500	1		S/. 42,000
	Conductores	S/. 2,900	15	S/. 500	S/. 820,800
SSOMAC	Supervisor SSOMAC Combustibles	S/. 2,500	1		S/. 21,000
MANTENIMIENTO	Supervisor de Mantenimiento Combustible	S/. 2,000	1		S/. 16,800
	Mecánicos Matarani 1	S/. 1,500	2		S/. 25,200
	Mecánicos Matarani 2	S/. 2,300	1		S/. 19,320
PCP	Inspector Facility	S/. 2,000	1	S/. 500	S/. 39,600
TOTAL		S/. 24,700	22		S/ 984,720

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 32 veremos el costo de salarios generado con los cambios propuestos, considerando por ejemplo la contratación del nuevo inspector Facility con el salario que se está proponiendo para ese puesto de trabajo (S/.2,000) y el retiro tanto de los dos supervisores escolta de la operación como del mecánico en Matarani.

- **Otros Costos**

Dentro de estos otros costos fijos que se han definido los gastos ocasionados por el alquiler de la camioneta utilizada por los supervisores escolta y otros gastos como los de papelería necesaria para documentos como guías de remisión, tarjetas de observación, entre otros.

Tabla 32 - Otros costos fijos modelo actual

ÁREA		Costo diario	Costo mensual	Costo anual	Observaciones
SSOMAC	Alquiler de la camioneta	S/.160	S/. 4,800	S/. 57,600	Se considera alquiler de todo el mes
LOGISTICA	Papelería y otros		S/. 500	S/. 6,000	Promedio según centro de costos.
TOTAL			S/. 5,300	S/. 63,600	

Fuente: Elaboración Propia

Los costos fijos adicionales permanecerán iguales para nuestro modelo propuesto, ya que se está considerando la camioneta para uso de nuestro Inspector Facility.

- **Costos variables:**

Los costos variables, a diferencia de los fijos si son directamente proporcionales en el caso de estudio con el número de viajes realizados en nuestro modelo de transporte. Para el cálculo de los costos variables se tuvieron las siguientes consideraciones:

- El costo de combustible en grifo propio es de S/. 8.6 + IGV, se sabe por data histórico que el consumo de combustible por viaje varía entre 48 y 50 galones.
- Se sabe que la camioneta abastece dos veces por semana y consume 13 galones cada vez que abastece.
- Para las llantas, se sabe que cada 80,000 se requiere una llanta nueva, en total se tienen 10 llantas en el tracto y 12 llantas en la cisterna.

A continuación, podemos diferenciar cuales son los costos variables teniendo como base el promedio de viajes de 236

viajes	km x viaje	km recorridos
236	280	65800

Tabla 33 - Costos variables modelo actual

ITEM	cant.		costo unitario	costo viaje	costo mensual
Viático Conductores	10	cond.	S/. 85	S/. 850	S/. 19,975
Viático Supervisor Escolta	1	sup.	S/. 85	S/. 85	S/. 2,125
Combustible	50	gl.	S/. 8.6	S/. 430	S/. 101,050
Combustible camioneta escolta	13	gl.	S/. 8.6	S/. 111.8	S/. 894.4
Llanta	22	uni.	S/. 334	S/. 26.32	S/. 8,790.88
Mantenimiento	17.625		S/. 264		S/. 4,653
TOTAL			S/. 130.284		S/. 137,488.28

Fuente: Elaboración Propia

Podemos diferenciar que lo que genera el costo variable mensual más alto corresponde al abastecimiento de combustible considerando según nuestro modelo Arena con un promedio de 236 viajes al mes, nuestro costo de combustible es de S/.101,050.

De la misma forma, se realizó el cálculo de los costos variables para nuestro modelo propuesto:

viajes	km x viaje	km recorridos
249	280	69720

Tabla 34 - Costos variables modelo propuesto

ITEM	cant.		costo unitario	costo viaje	costo mensual
Viático Conductores	10	cond.	S/. 85	S/. 850	S/. 21,165
Viático Supervisor Escolta	1	sup.	S/. 85	S/. 85	S/. 2,125
Combustible	50	gl.	S/. 8.6	S/. 430	S/. 107,070
Combustible camioneta escolta	13	gl.	S/. 8.6	S/. 111.8	S/. 894.4
Llanta	22	uni.	S/. 334	S/. 27.888	S/. 9,314.59
Mantenimiento	18.675		S/. 264		S/. 4930.20
TOTAL			S/. 130.28		S/. 145,499.19

Fuente: Elaboración Propia

Los costos variables del modelo propuesto se encuentran en base a un total de 249 viajes según los viajes promedios de nuestro modelo propuesto.

Como se puede ver en las tablas anteriormente mostrados los costos variables más relevantes son los costos por viáticos y los costos de combustible consumido en el viaje.

6.5.4 INGRESO POR VENTAS:

El ingreso por ventas está determinado por el precio de venta por galón entregado y la demanda que según contrato es de 10 viajes diarios, de

acuerdo cumplimiento de viajes realizados es que podemos determinar el ingreso por ventas de la Operación.

Además, se considera que cada unidad transporta 10500 galones y que el precio por galón entregado es de S/.0.149

Es así que con el histórico de viajes realizados en los últimos 6 meses podemos determinar los ingresos por venta.

Tabla 35 - Ingreso por ventas

Mes	ACTUAL	PROPUESTO
N° de viajes Real	235	249
Facturación S/. X mes	S/ 367,657.50	S/ 389,560.50

Fuente: *Elaboración Propia*

En la Tabla 36 podemos diferenciar la facturación según el número de viajes tanto de nuestro modelo actual como de nuestro modelo propuesto siendo más alta la facturación de nuestro modelo propuesto puesto que la cantidad de viajes de nuestro modelo propuesto es mayor.

Cabe mencionar que se está considerando que no se trabaja los domingos ni feriados, por lo que en promedio el máximo de viajes que se puede realizar al mes es de 260 viajes al mes.

6.5.5 FLUJO DE CAJA MODELO ACTUAL:

Teniendo todos los datos necesarios podemos elaborar nuestro flujo de caja, así podremos ver nuestras entradas y salidas de dinero de nuestro modelo actual, para posteriormente hacer una comparación de ambos modelos y ver si en efecto los cambios realizados favorecen a la operación en temas financieros.

Tabla 36 - Flujo de caja modelo actual

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS											
Inversión	S/ - 3,919,500										
Facturación de combustible Operación CV		S/4,433,793	S/4,436,922	S/4,471,341	S/4,455,696	S/ 4,465,08	S/4,433,793	S/ 4,436,922	S/ 4,471,341	S/ 4,455,696	S/ 4,465,083
TOTAL INGRESOS		S/4,433,793	S/4,436,922	S/4,471,341	S/4,455,696	S/4,465,083	S/4,433,793	S/ 4,436,922	S/ 4,471,341	S/ 4,455,696	S/ 4,465,083
EGRESOS											
Costos Variables		S/1,657,870	S/1,659,014	S/ 1,671,603	S/ 1,665,881	S/ 1,669,314	S/ 1,657,870	S/ 1,659,015	S/ 1,671,603	S/ 1,665,881	S/ 1,669,314
RRHH		S/1,062,380	S/1,062,380	S/ 1,062,380	S/ 1,062,380	S/ 1,062,380	S/ 1,062,380	S/ 1,062,380	S/ 1,062,380	S/ 1,062,380	S/ 1,062,380
Depreciación costos Indirectos		S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950
Costos Fijos		S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600
TOTAL EGRESOS		S/3,415,800	S/3,416,944	S/3,429,533	S/3,423,811	S/3,427,244	S/3,415,800	S/ 3,416,945	S/ 3,429,533	S/ 3,423,811	S/ 3,427,244
SALDO ANTES DE IMPUESTOS		S/ 1,017,992	S/ 1,019,977	S/ 1,041,808	S/ 1,031,885	S/ 1,037,838	S/ 1,017,993	S/ 1,019,977	S/ 1,041,808	S/ 1,031,885	S/ 1,037,839
Impuesto a la RENTA (30%)		S/ 285,037	S/ 285,594	S/ 291,706	S/ 288,928	S/ 290,594	S/ 285,038	S/ 285,594	S/ 291,706	S/ 288,98	S/ 290,595
SALDO DESPUES DE IMPUESTOS		S/ 732,954	S/ 734,384	S/ 750,102	S/ 742,957	S/ 747,243	S/ 732,955	S/ 734,384	S/ 750,102	S/ 742,957	S/ 747,244
Depreciación		S/ 391,950	S/391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	S/ - 3,919,500	S/1,124,904	S/1,126,334	S/ 1,142,052	S/ 1,134,907	S/1,139,193	S/ 1,124,905	S/ 1,126,334	S/ 1,142,052	S/ 1,134,907	S/ 1,139,194
FLUJO DE CAJA FINAL	S/ - 3,919,500	S/1,124,904	S/1,126,334	S/ 1,142,052	S/ 1,134,907	S/ 1,139,193	S/ 1,124,905	S/ 1,126,334	S/ 1,142,052	S/ 1,134,907	S/ 1,139,194

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar el flujo de caja es positivo, aunque la utilidad neta no es muy elevada, para tener un mejor respaldo vamos a hallar el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), para ello se tomará un costo de oportunidad de capital (COK) de la siguiente fórmula:

$$\text{TMAR} = \text{Tasas Promedio Sistema} + \text{Inflación} + \text{Riesgo País}$$

$$\text{TMAR} = 14.60 \% + 2.1 \% + 1.03 \% = \mathbf{17, 73 \%}$$

VAN	S/. 1,560,732
TIR	26%

El valor actual neto es positivo, por lo cual se está generando valor, teniendo en cuenta que nuestra inversión inicial está determinada por el costo de compra de los 10 camiones.

En cuanto a la tasa interna de retorno que nos permitirá ver la rentabilidad del proyecto al invertir el monto que se calculó, podemos ver que este es superior a lo esperado.

Comparamos la tasa mínima de rentabilidad que se desea ganar (18%) con la tasa de rentabilidad hallada a través del flujo de caja la cual es del 26%, en conclusión, ambos indicadores nos conllevan a que en efecto el proyecto actual es rentable.

6.5.6 FLUJO DE CAJA MODELO PROPUESTO

De igual manera es necesario desarrollar el flujo de caja basándonos en modelo propuesto, para ver si en efecto los cambios realizados generan valor en el proyecto o si se ve una mejoría notable.

Tabla 37 -Flujo de caja modelo propuesto

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS											
Inversión	S/ - 3,919,500										
Facturación de combustible Operación CV		S/ 4,811,508	S/4,808,290	S/ 4,798,634	S/4,806,680	S/4,805,071	S/4,811,508	S/4,808,290	S/4,798,634	S/ 4,806,680	S/4,805,071
TOTAL INGRESOS		S/ 4,811,508	S/ 4,808,290	S/ 4,798,634	S/ 4,806,680	S/4,805,071	S/4,811,508	S/4,808,290	S/4,798,634	S/ 4,806,680	S/4,805,071
EGRESOS											
Costos Variables		S/ 1,747,135	S/1,745,990	S/ 1,742,557	S/ 1,745,418	S/1,744,846	S/1,747,135	S/1,745,990	S/1,742,557	S/ 1,745,418	S/1,744,846
RRHH		S/ 984,720	S/984,720	S/ 984,720	S/984,720	S/ 984,720	S/984,720	S/984,720	S/984,720	S/984,720	S/984,720
Depreciación		S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950
costos Indirectos		S/ 240,000	S/ 240,000	S/ 240,000	S/240,000	S/ 240,000	S/240,000	S/240,000	S/240,000	S/240,000	S/240,000
Costos Fijos		S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600	S/ 63,600
TOTAL EGRESOS		S/ 3,427,405	S/ 3,426,260	S/3,422,827	S/ 3,425,688	S/3,425,116	S/3,427,405	S/3,426,260	S/3,422,827	S/3,425,688	S/3,425,116
SALDO ANTES DE IMPUESTOS		S/ 1,384,103	S/ 1,382,029	S/ 1,375,807	S/ 1,380,992	S/1,379,955	S/1,384,103	S/1,382,029	S/1,375,807	S/ 1,380,992	S/1,379,955
Impuesto a la RENTA (30%)		S/ 415,231	S/ 414,609	S/ 412,742	S/ 414,298	S/ 413,987	S/ 415,231	S/ 414,609	S/412,742	S/ 414,298	S/ 413,987
SALDO DESPUES DE IMPUESTOS		S/ 968,872	S/ 967,421	S/ 963,065	S/ 966,695	S/965,969	S/ 968,872	S/ 967,421	S/ 963,065	S/ 966,695	S/ 965,969
Depreciación		S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950	S/ 391,950
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	S/ - 3,919,500	S/ 1,360,822	S/ 1,359,371	S/ 1,355,015	S/ 1,358,645	S/1,357,919	S/1,360,822	S/1,359,371	S/1,355,015	S/ 1,358,645	S/1,357,919
FLUJO DE CAJA FINAL	S/ - 3,919,500	S/ 1,360,822	S/ 1,359,371	S/ 1,355,015	S/ 1,358,645	S/1,357,919	S/1,360,822	S/1,359,371	S/1,355,015	S/ 1,358,645	S/1,357,919

Fuente: *Elaboración Propia*

De acuerdo al flujo de caja se halló nuevamente el valor actual neto y la tasa interna de retorno, los resultados son:

VAN	S/. 2,578,087
TIR	33%

Como se observa el valor actual neto es de S/. 2, 578,086.94 con una tasa interna de retorno de 33%, con lo cual se podría decir que anualmente se recibirá una rentabilidad de 33% valor superior a nuestro COK, que es la tasa mínima que la empresa deseaba recuperar, además el VAN nos indica que se está generando valor y que se cubrirá la inversión inicial.

Podemos determinar de la misma forma que si bien ambas propuestas son rentables, el retorno que obtendríamos utilizando nuestro modelo propuesto es superior al modelo actual de la empresa.

CONCLUSIONES

PRIMERA

Se logró optimizar el proceso de Transporte de combustible líquido hacia la empresa minera Cerro Verde, logrando una mejora de 235 viajes al mes según el promedio real, equivalente a 2538000 Gl a 249 viajes al mes según nuestro modelo propuesto, o lo equivalente a 2689200 Gl.

SEGUNDA

Se elaboró un diagnóstico de la situación actual de la operación de transporte de combustible líquido hacia la empresa minera Cerro Verde, encontrando un cumplimiento promedio de viajes del 92%, producto de factores internos, netamente responsabilidad de la empresa que impiden cumplir el objetivo mensual.

TERCERA

Con el diagnóstico de la situación actual se ha logrado modelar el comportamiento del transporte de combustible líquido hacia Cerro Verde utilizando el software de simulación de Arena 14.0, el cual nos da un promedio de 236.5 viajes realizados al mes, el modelo fue validado mediante el contraste de medias, indicándonos que en efecto nuestro modelo emula el proceso de transporte real.

CUARTA

Con el modelo ya validado, se ha modelado un escenario propuesto también en el software de simulación Arena, con los cambios realizados se ha logrado mejorar el promedio de viajes al mes a 249, cada cambio realizado tiene su respectiva justificación.

QUINTA

Para evaluar los beneficios y costos se realizó un análisis financiero encontrando el VAN y la TIR, cuyos resultados fueron S/. 1,560,731.78 – 26% para el modelo actual y S/. 2,578,086.94 – 33% para el modelo propuesto, se puede concluir con estos resultados que nuestro modelo propuesto es rentable, con el modelo propuesto se obtendría una tasa de retorno superior a la esperada además de que se recuperaría lo invertido.



RECOMENDACIONES

PRIMERA

El modelo de arena planteado es aplicable a otras empresas que brindan el servicio de transporte de combustible líquido para la empresa minera Cerro Verde, debido a que todos los procesos son iguales ya que están regidos y normados por la misma entidad superior.

SEGUNDA

Se recomienda realizar capacitaciones de manejo a los conductores, ya que con una conducción adecuada el consumo de galones de combustible por viaje puede ser reducido, además de ciertas fallas mecánicas producidas por un manejo inadecuado.

TERCERA

Mantener siempre un Stock constante tanto de repuestos, como de señaléticas las cuales son necesarias para el ingreso de las unidades a mina.

CUARTA

Realizar y respetar los requerimientos del área SSOMAC para la operación (Alcoholtest, tarjetas de observación, viajes de reconocimiento de ruta, uso adecuado de EPP's)

QUINTA

Tener en todo momento tanto la documentación (licencia interna de conductores, homologaciones de las unidades, guías de remisión, etc.) como los archivos (rooster, tareo, programación diaria etc.) actualizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldo, F. (2003). Simulación de sistemas productivos con Arena. Colombia: Ediciones Uninorte.
- Buzacott. (1993).
- Cordova, M. (2006). *Estadística aplicada*. Lima: Moshera.
- Definición ABC. (2007). *Definición Viabilidad*. <http://www.definicionabc.com>.
- Definicion.de. (2019). *Definición De Oferta*. <https://definicion.de/oferta/>.
- DS 021 - MTC, . (2008). Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
- Escobar, D. (2008). Simulación del Sistema Trovelus. 40.
- García Duna E., G. R. (2006). *Simulación y Análisis de Sistemas con Promodel*. México: Pearson Educación.
- Gordon, G. (1989). *Simulación de Sistemas*. Diana.
- Lavandera Zúñiga, V. E. (2018). *Análisis y propuesta de mejora de procesos en la ruta de una línea de transporte urbano usando simulación discreta*.
- Law/Kelton. (2000). *Simulation modeling and analysis Arena*. New York: McGraw-Hill.
- MENDENHALL, W. (1997). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Cuarta edición*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Robert. E, S. (1975). México.
- Schmidt, J.W., & R.E. (1970). *Simulation and Analisis of Industrial Systems*. Illinois: Homewood.
- Servosa. (2019). *Servosa*. Recuperado el 7 de Enero de 2019, de <http://www.servosa.pe/>

Servosa. (2019). *Sitio web Servosa*. Recuperado el 7 de Enero de 2019, de sitio web Servosa: <http://www.servosa.pe/>

Shannon, R. (1975). *Simulación de Sistemas, diseño, desarrollo e implementación*. México.

Vega, P. T. (2010). *Simulación de sistemas*. Lima: Universidad de Lima Fondo Editorial.

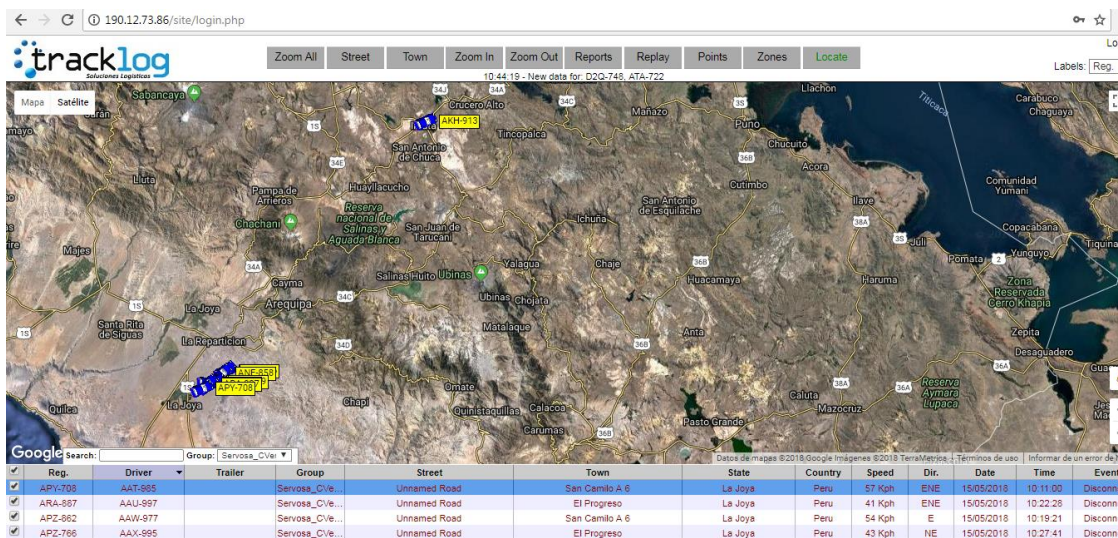
W. David Kelton, R. P. (2008). *Simulación con Arena*. DF: Mc Graw Hill International.

Winston, J. G. (2005). *Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos*. Bogotá.



ANEXOS

ANEXO 1: GPS DE LAS UNIDADES DE CERRO VERDE

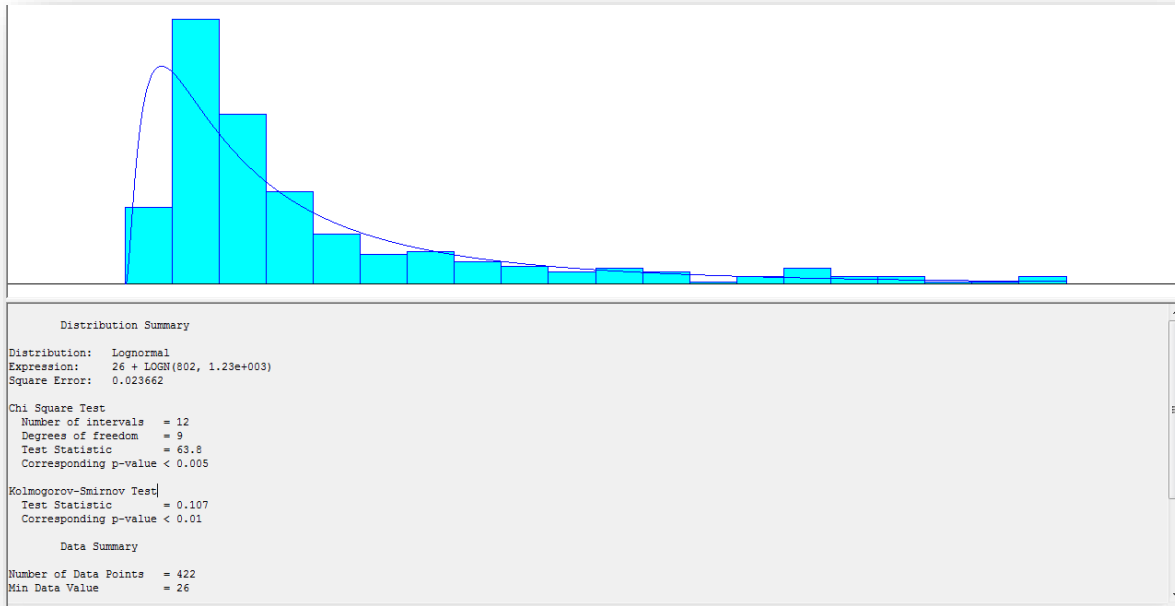


Fuente: Tracklog, 2019

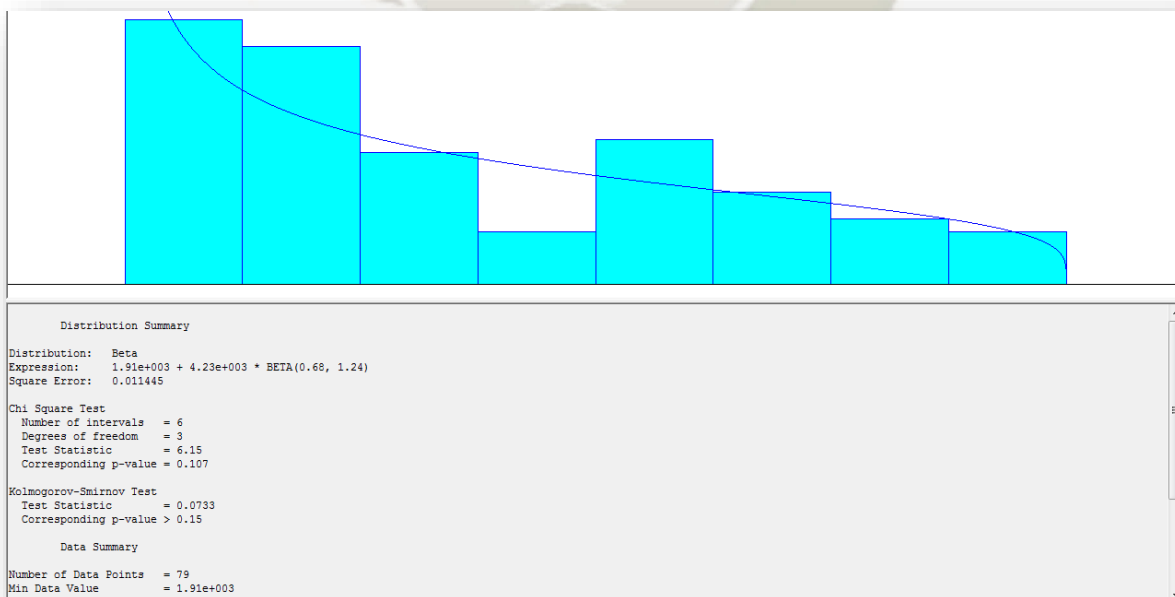


Fuente: Tracklog, 2019

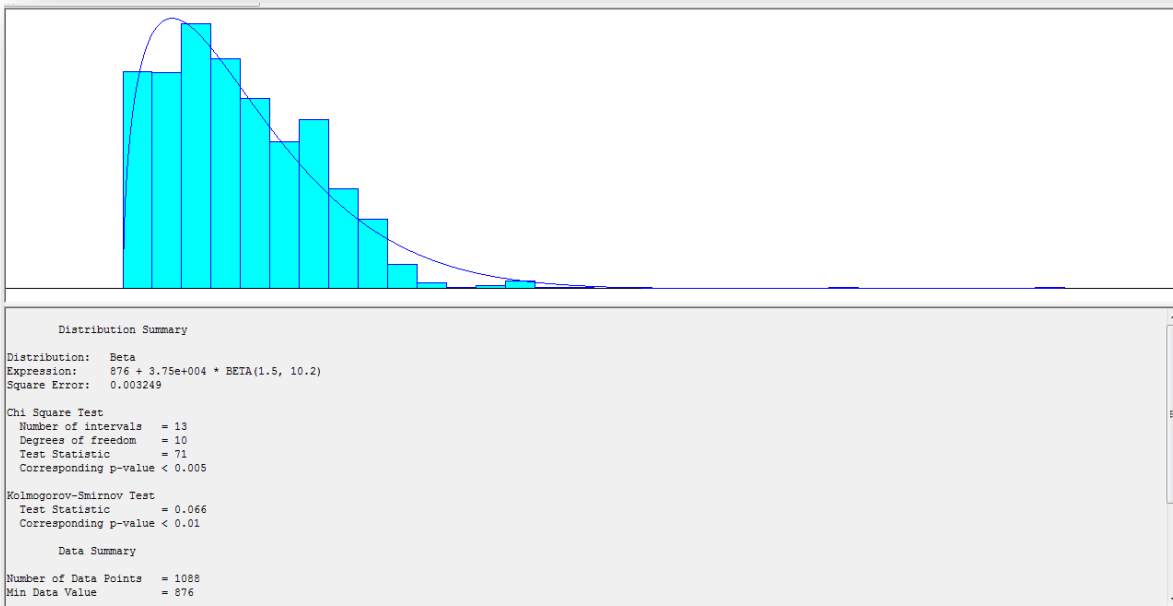
ANEXO 2: DISTRIBUCIONES INPUT ANALYZER



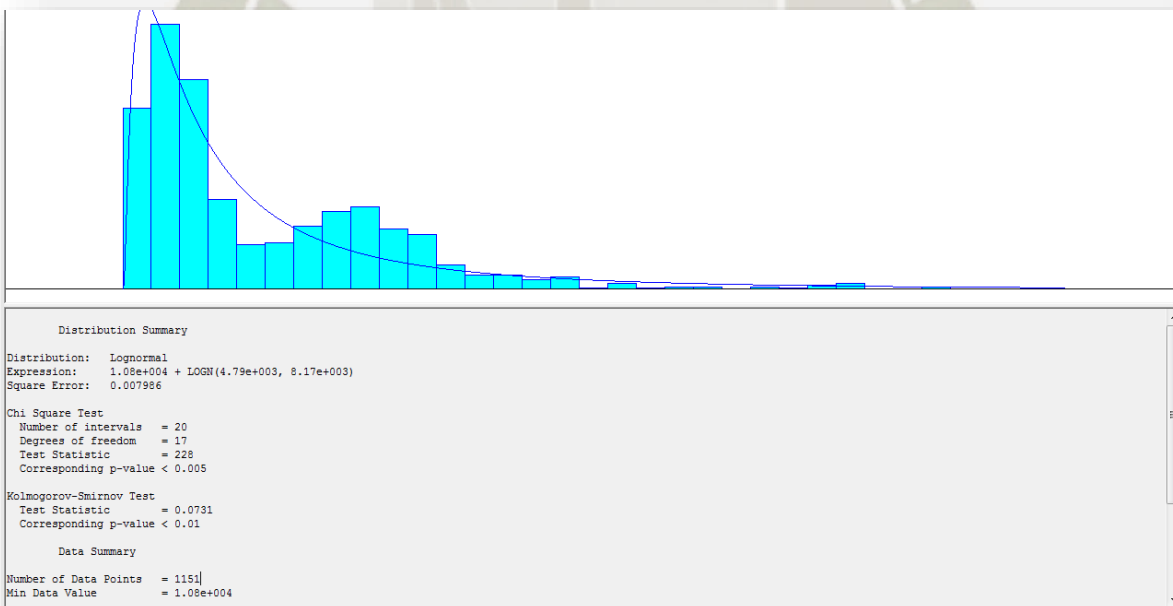
Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



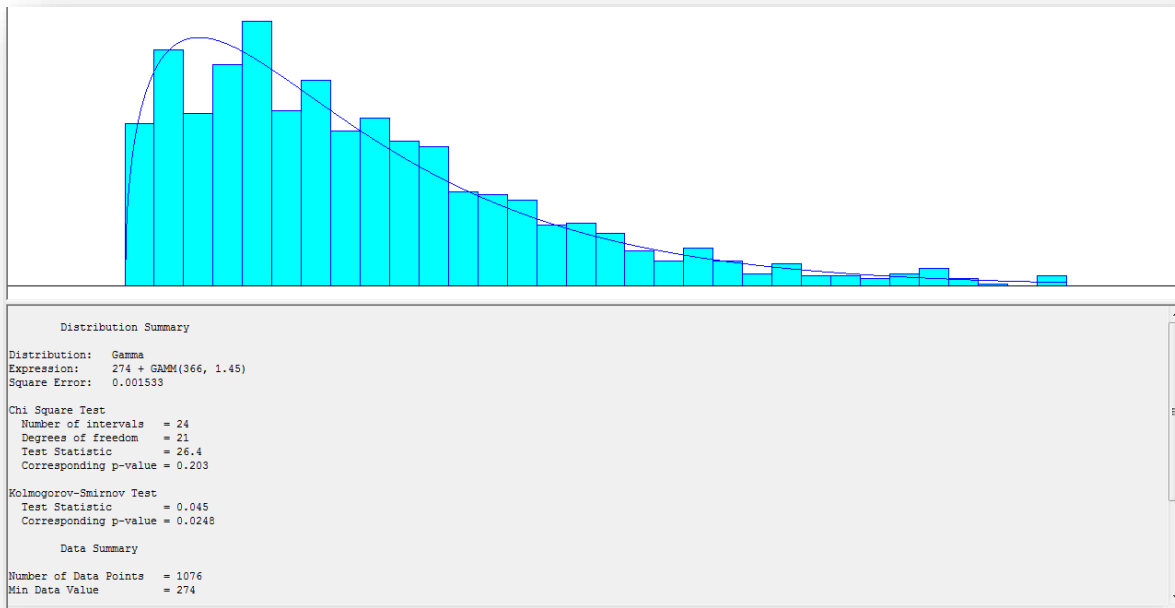
Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



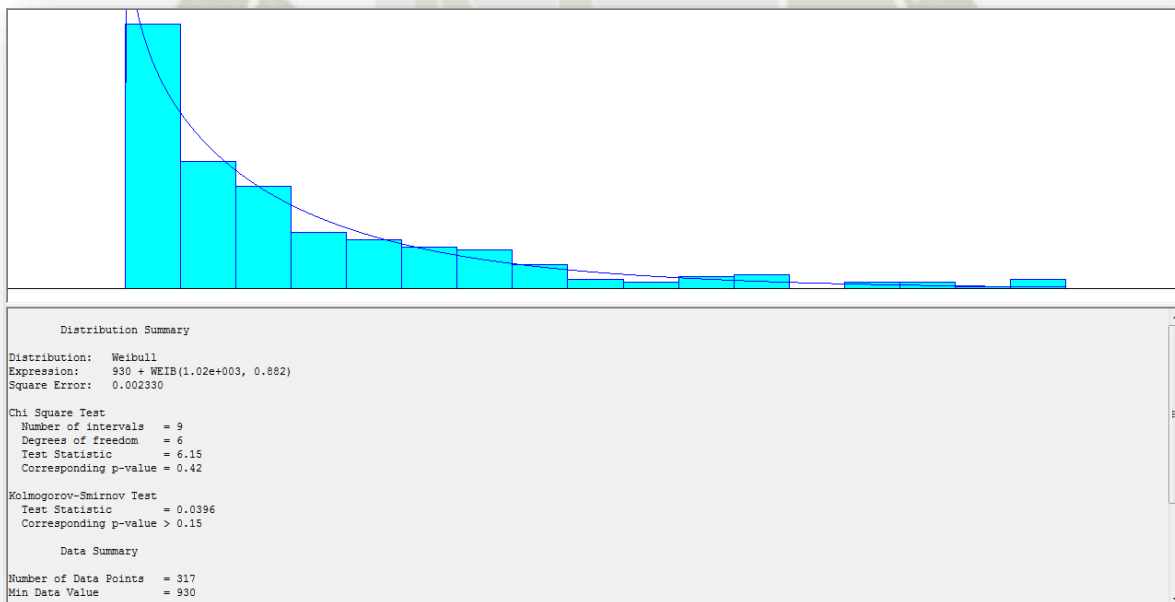
Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



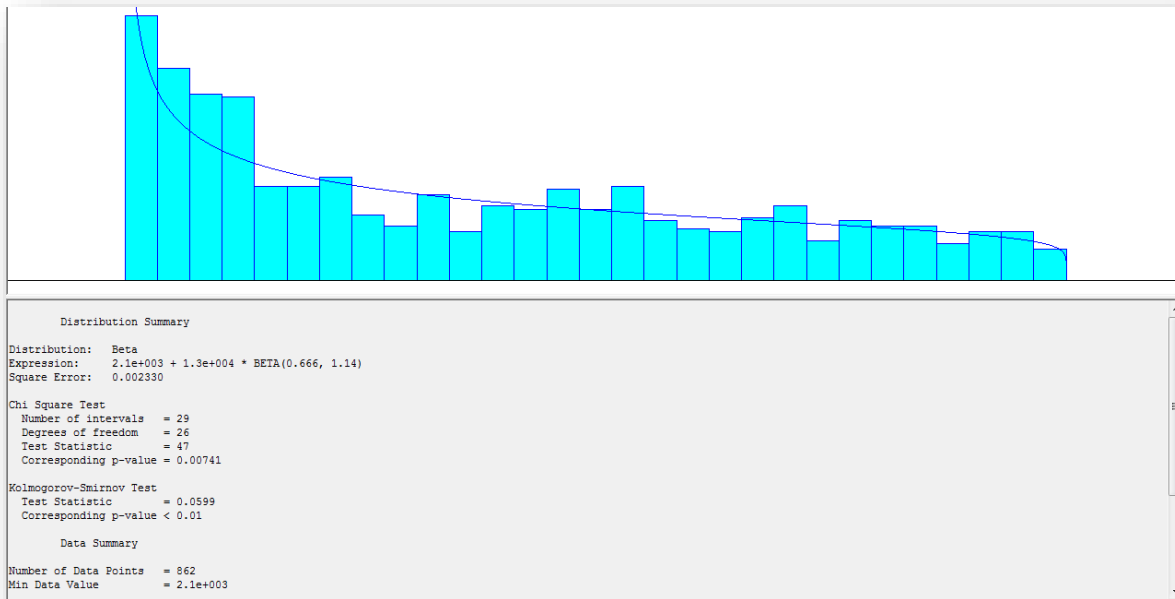
Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



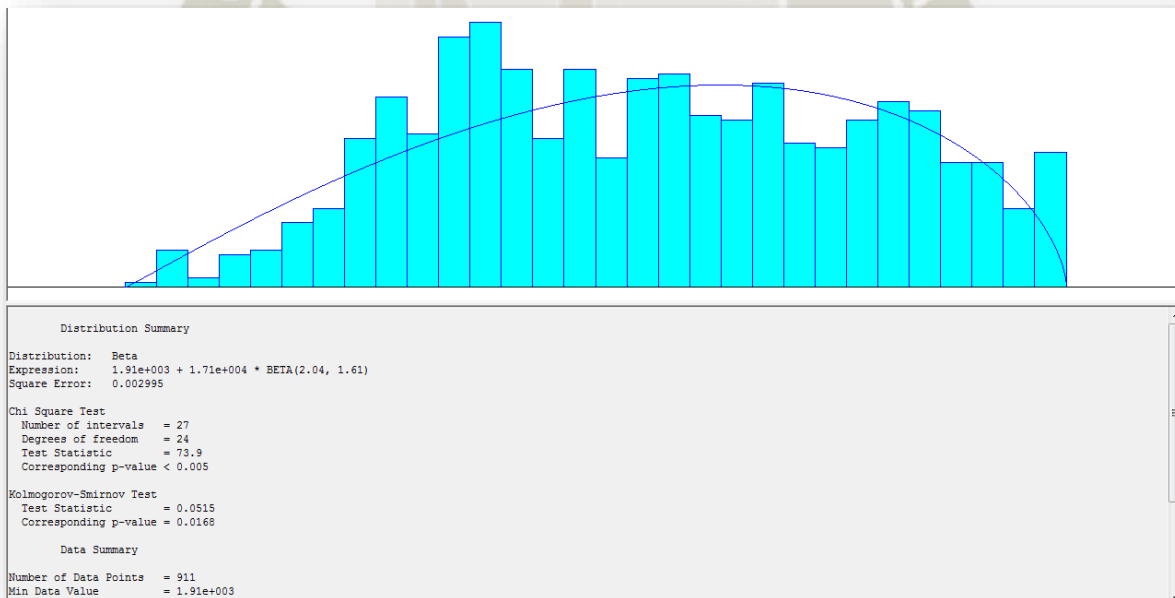
Fuente: *Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019*



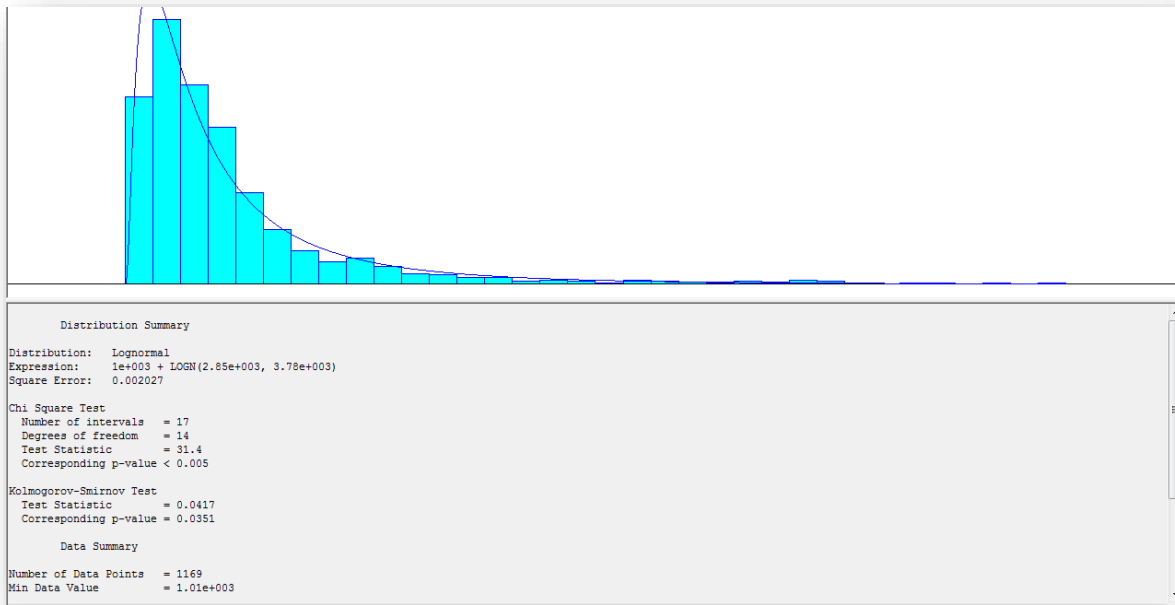
Fuente: *Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019*



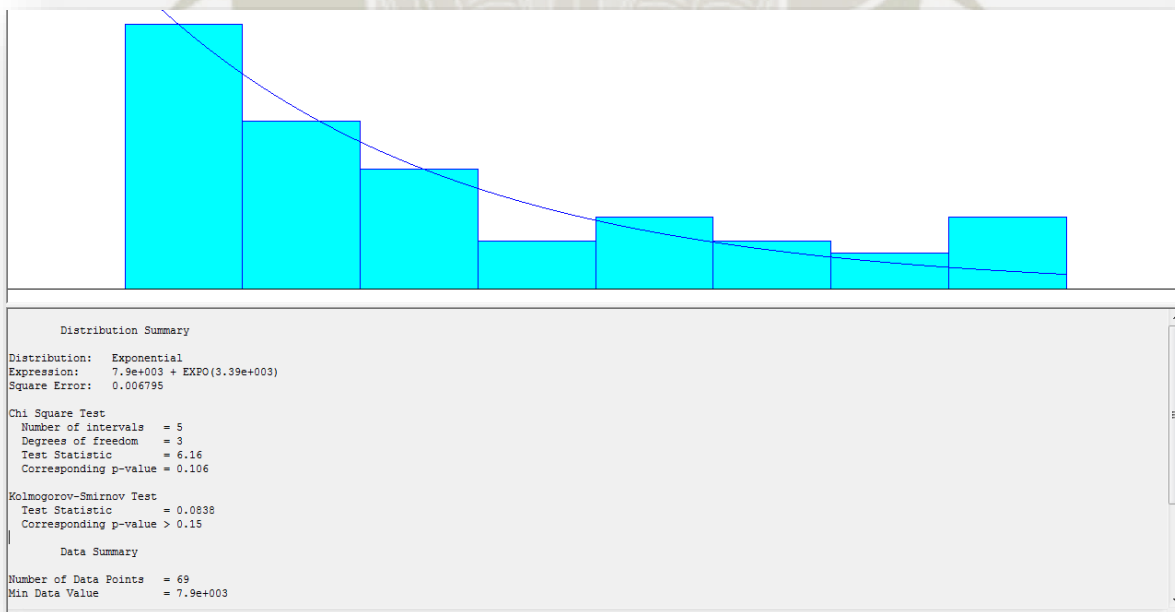
Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



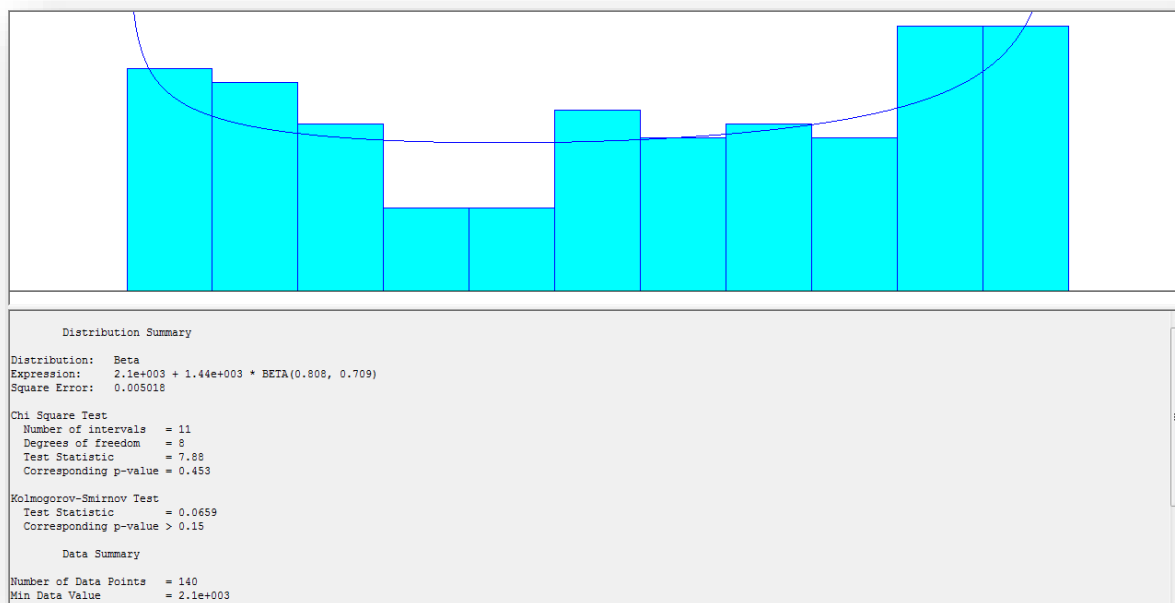
Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019



Fuente: Análisis del modelo actual y modelo puesto en el input analyzer, 2019

ANEXO 3: ABASTECIMIENTO COMBUSTIBLE OPERACIÓN CERRO VERDE

PLACA	CONDUCTOR	KM INICIAL	KM FINAL	KM RECORRIDOS	APLICACIÓN	STATUS DE VIAJE	PROVEEDOR 01	EESS 01	N° BOUCHER 01	PRECIO X GALON SIN IGV 01	PRECIO X GALON 01	GLNES ABASTECIDOS 01
APZ-795	INCA AMANCA WILSER	86176	86426	250	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1730	S/. 9.07	S/. 10.70	52.16
APY-708	FLORES SALCEDO, WILDER	83632	83900	268	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1733	S/. 9.07	S/. 10.70	52.02
ARC-703	VALENZUELA DURAN, BAUTISTA ISAAC	81376	81626	250	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1778	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00
ARA-887	PUMA PUMA, BERNABE	82188	82448.8	261	DENTRO DEL OBJETIVO	CERRADO	SERVOSA	AREQUIPA	96102	S/. 8.77	S/. 10.35	50.00
APZ-862	GONZALO AGUILAR, JUVENAL	87189	87440	251	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1786	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00
ARA-927	MEDINA OJEDA, TEODORO	81904	82155	251	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1787	S/. 9.07	S/. 10.70	52.01
ANE-879	INCA LARICO ROOSEVET	91293	91548.7	256	EXCESO	CERRADO	SERVOSA	AREQUIPA	96738	S/. 8.77	S/. 10.35	55.00
ANE-858	VILCA HUAMAN, DAVID	87946	88194	248	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1837	S/. 9.07	S/. 10.70	52.02
APZ-766	GUERRA CONDORI, LUIS	84471	84721	250	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1839	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00
ARA-927	PEREZ CHAMBI, PERCY EFRAIN	84440	84710	270	EXCESO	CERRADO	PRIMAX	AREQUIPA	1890	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00

APZ-795	VALENZUELA DURAN, BAUTISTA ISAAC	90469	90719	250	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1891	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00
APZ-795	VALENZUELA DURAN, BAUTISTA ISAAC	90719	90969	250	DENTRO DEL OBJETIVO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1902	S/. 9.07	S/. 10.70	25.02
ARA-927	FLORES SALCEDO, WILDER	84710	84980	270	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1905	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00
ARA-887	GUERRA CONDORI, LUIS	84610	84882 .5	273	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1906	S/. 9.07	S/. 10.70	52.13
APZ-795	VALENZUELA DURAN, BAUTISTA ISAAC	91469	91719	250	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1933	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00
APZ-795	VALENZUELA DURAN, BAUTISTA ISAAC	91719	91969	250	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1948	S/. 9.07	S/. 10.70	52.00
ANE-858	MEDINA OJEDA, TEODORO	90336	90608	272	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1952	S/. 9.07	S/. 10.70	52.97
ANF-700	SUPANTA SABINA, FRANCISCO	87509	87810	301	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1956	S/. 9.07	S/. 10.70	55.00
APZ-766	LOAIZA CHAVEZ, ROBERT JORGE	86627	86954	327	EXCESO	CERRA DO	PRIMAX	AREQUI PA	1960	S/. 9.07	S/. 10.70	54.01

Fuente: Servosa, 2019

ANEXO 4: TIEMPOS DE TRANSPORTE

N°	TIEMPO DE ESPERA CARGA PREFERENCIAL	TIEMPO DE ESPERA CARGA NORMAL	TIEMPO DE CARGA	TIEMPO DE ESPERA SALIDA DE PLANTA	PLANTA	TIEMPO DE ESPERA SALIDA GARITA	TIEMPO GARITA GRIFO	TIEMPO DE ESPERA DESCARGA	TIEMPO DESCARGA	TIEMPO DE ESPERA SALIDA DE MINA	TIEMPO GARITA MATARANI	TIEMPO MATARANI PLANTA MOLLENDON
DISTRIBUCION	626 + LOGN(802, 1.23e+003)	1.91e+003 + 4.23e+003 * BETA(0.68, 1.24)	2e+003 + LOGN(1.29e+003, 1.09e+003)	876 + 3.75e+004 * BETA(1.5, 10.2)	1.08e+004 + LOGN(4.79e+003, 8.17e+003)	274 + GAMM(366, 1.45)	930 + WEIB(1.02e+003, 0.882)	2.1e+003 + 1.3e+004 * BETA(0.666, 1.14)	1.91e+003 + 1.71e+004 * BETA(2.04, 1.61)	1e+003 + LOGN(2.85e+003, 3.78e+003)	7.9e+003 + EXPO(3.39e+003)	2.1e+003 + 1.44e+003 * BETA(0.808, 0.709)
1	626	1911	1999	930	13670	2400	6600	15051	19034	24765	7897	2220
2	633	1920	2050	1343	13670	2370	6525	15008	19023	22776	7902	2880
3	636	1920	2050	1395	13667	2340	6407	15000	19020	21600	7910	2400
4	644	1920	2110	1411	13650	2340	6406	14979	18973	20725	7963	2340
5	655	1966	2118	1510	13650	2235	5940	14910	18961	19315	7980	2400
6	660	1980	2140	1530	13650	2160	5800	14874	18960	19142	8089	2760
7	671	1989	2170	1590	13650	2160	5800	14860	18946	19080	8220	2580
8	684	2004	2189	1688	13650	2160	5640	14849	18944	18480	8248	2460
9	685	2087	2200	1740	13626	2128	5536	14829	18904	18360	8280	2280
10	720	2100	2219	1905	13620	2124	5492	14725	18889	18179	8300	2280
11	731	2230	2226	1920	13619	2120	5340	14607	18875	18166	8370	3540
12	735	2237	2229	2023	13609	2085	4920	14565	18843	17941	8400	2820
13	741	2243	2229	2030	13597	2085	4860	14552	18828	17708	8575	3000
14	748	2250	2231	2037	13594	2083	4820	14534	18802	17145	8623	2280

15	751	2280	2232	2040	13583	2073	4732	14510	18781	17001	8640	2460
16	753	2398	2260	2045	13560	2040	4710	14466	18775	16844	8673	3000
17	756	2400	2260	2219	13549	2040	4620	14312	18723	16440	8800	2760
18	757	2400	2260	2228	13538	2040	4539	14286	18721	15840	8820	2340
19	759	2400	2260	2295	13536	2040	4475	14245	18720	15486	8883	2460
20	763	2408	2284	2299	13527	2020	4440	14224	18720	15207	8893	3300
21	765	2460	2290	2316	13500	1980	4410	14213	18606	14464	9005	2100
22	766	2460	2293	2355	13500	1965	4380	14212	18600	14340	9070	3000
23	767	2488	2305	2371	13494	1946	4261	14204	18594	14319	9210	2220
24	770	2520	2305	2407	13485	1926	4221	14190	18590	14220	9237	3060
25	773	2536	2309	2449	13458	1920	4080	14163	18554	13906	9263	2100
26	777	2550	2310	2490	13449	1920	3780	14160	18502	13672	9360	2700
27	778	2550	2312	2490	13445	1890	3760	14160	18489	13606	9400	2760
28	780	2566	2320	2580	13440	1860	3720	14160	18479	13500	9400	2340
29	781	2640	2320	2585	13440	1860	3600	14115	18465	12735	9445	3480
30	782	2656	2320	2627	13396	1860	3540	14113	18443	12540	9778	3180
31	783	2685	2320	2635	13388	1803	3540	14043	18387	12448	9780	2340
32	784	2703	2320	2640	13383	1800	3486	14040	18349	11880	9829	3420
33	785	2760	2322	2670	13380	1800	3474	14030	18316	11623	9875	2940
34	786	2760	2349	2679	13380	1800	3442	14010	18312	11558	10116	2640
35	787	2793	2349	2685	13371	1800	3420	13995	18276	11503	10149	2220
36	789	2850	2349	2685	13362	1790	3306	13960	18252	11379	10433	3000
37	791	2880	2349	2706	13335	1781	3300	13947	18240	11077	10512	2100
38	792	2946	2353	2742	13324	1740	3300	13934	18197	10851	10579	2460
39	795	3035	2353	2742	13321	1740	3300	13876	18194	10770	10617	3360
40	796	3154	2360	2872	13320	1740	3228	13869	18116	10617	10770	3120
41	798	3172	2365	2910	13320	1681	3182	13826	18103	10579	10851	2940
42	799	3225	2365	2940	13320	1680	3180	13824	18083	10512	11077	3360
43	800	3267	2380	2980	13316	1680	3180	13792	18016	10433	11379	2340

44	801	3300	2380	2987	13311	1680	3180	13772	18015	10149	11503	3540
45	802	3322	2380	3018	13289	1680	3120	13721	18012	10116	11558	2700
46	803	3375	2380	3039	13280	1651	3102	13689	17918	9875	11623	3240
47	804	3385	2380	3045	13271	1650	3089	13653	17880	9829	11880	2940
48	805	3400	2380	3045	13260	1643	3060	13596	17820	9780	12448	2220
49	806	3601	2380	3051	13260	1620	3060	13467	17779	9778	12540	3000
50	808	3720	2380	3075	13260	1620	3000	13395	17775	9445	12735	3240
51	809	3860	2380	3077	13251	1620	3000	13378	17743	9400	13500	2160
52	810	3953	2380	3147	13245	1620	2955	13333	17711	9400	13606	3240
53	811	4053	2380	3230	13218	1620	2940	13331	17709	9360	13672	2580
54	812	4065	2380	3245	13206	1620	2940	13320	17701	9263	13906	3000
55	814	4180	2380	3248	13200	1603	2935	13291	17701	9237	14220	2820
56	815	4200	2380	3251	13200	1594	2921	13284	17698	9210	14319	3060
57	816	4260	2380	3251	13200	1594	2880	13275	17665	9070	14340	2880
58	817	4320	2380	3257	13196	1594	2880	13265	17640	9005	14464	2340
59	821	4320	2382	3286	13196	1590	2820	13197	17640	8893	15207	3240
60	822	4380	2386	3300	13192	1577	2820	13196	17614	8883	15486	3540
61	823	4383	2392	3309	13191	1575	2820	13173	17589	8820	15840	3060
62	824	4440	2395	3315	13189	1572	2794	13172	17580	8800	16440	2280
63	826	4500	2398	3335	13180	1568	2790	13140	17548	8673	16844	2460
64	827	4610	2400	3367	13141	1566	2750	13138	17522	8640	17001	3180
65	828	4660	2406	3424	13140	1560	2726	13105	17520	8623	17145	2220
66	830	4680	2408	3470	13140	1560	2724	13101	17520	8575	17708	3060
67	831	4711	2410	3510	13140	1558	2700	13100	17520	8400	17941	3060
68	832	4796	2410	3510	13133	1550	2640	13080	17479	8370	18166	3420
69	833	4971	2418	3540	13128	1546	2640	13080	17478	8300	18179	3120
70	834	5040	2425	3540	13111	1541	2640	13050	17445	8280		2460

Fuente: Servosa, 2019

ANEXO 5: FORMATO PARA EL REPORTE DE FALLAS DE UNIDADES

REPORTE DE FALLAS DE UNIDADES						
DATOS PRINCIPALES						
OPERACIÓN:			FECHA DE REPORTE:		Nº 020698	
OPERADOR:				LIC. DE CONDUCIR:		
DATOS DEL REMOLCADOR (R)			DATOS DEL SEMIREMOLQUE (S)			
PLACA:	KILOMETRAJE:		PLACA:	KILOMETRAJE:		
I.- MARQUE CON UN CHECK (✓) E INDIQUE EL NÚMERO DE COMPONENTE Y DESCRIBA LAS OBSERVACIONES REALIZADAS AL REMOLCADOR (R)						
MOTOR	CAJA - CORONAS	DIRECCIÓN	IT	DESCRIPCIÓN		
01 <input type="checkbox"/> Freno de motor	12 <input type="checkbox"/> Embrague, regulación	23 <input type="checkbox"/> Alineamiento y balanceo				
02 <input type="checkbox"/> Nivel de aceite motor	13 <input type="checkbox"/> Palanca de cambios	24 <input type="checkbox"/> Servo, Sist. hidráulico				
03 <input type="checkbox"/> Filtro de aire	14 <input type="checkbox"/> Selector, splitter	25 <input type="checkbox"/> Caja de dirección				
04 <input type="checkbox"/> Pérdida de potencia	15 <input type="checkbox"/> Temperatura elevada	26 <input type="checkbox"/> Barras y terminales				
05 <input type="checkbox"/> Fugas de fluidos	16 <input type="checkbox"/> PTO (Toma Fuerza)	REFRIGERACIÓN				
06 <input type="checkbox"/> Fajas, poleas, templadores	17 <input type="checkbox"/> Ruido en la caja de cambios	27 <input type="checkbox"/> Nivel de refrigerante				
07 <input type="checkbox"/> Turbo compresor	18 <input type="checkbox"/> Ruido en las coronas	28 <input type="checkbox"/> Fugas de refrigerante				
08 <input type="checkbox"/> Silenciador, matachispa	19 <input type="checkbox"/> Retenes, semiejes de rueda	29 <input type="checkbox"/> Tanque de expansión				
09 <input type="checkbox"/> Múltiple de escape	20 <input type="checkbox"/> Templadores, soportes	30 <input type="checkbox"/> Temperatura elevada				
10 <input type="checkbox"/> Soporte de motor	21 <input type="checkbox"/> Reenvío	31 <input type="checkbox"/> Radiador, intercooler				
11 <input type="checkbox"/> Sistema de combustible	22 <input type="checkbox"/> Cardan y crucetas	32 <input type="checkbox"/> Fan clutch, bomba de agua				
CABINA Y OTROS COMPONENTES DEL REMOLCADOR						
33 <input type="checkbox"/> Capot, litera	38 <input type="checkbox"/> Puertas y manijas	43 <input type="checkbox"/> Suspensión de cabina				
34 <input type="checkbox"/> Lunas y parabrisas	39 <input type="checkbox"/> Timón y accesorios	44 <input type="checkbox"/> Porta letrero de convoy				
35 <input type="checkbox"/> Asientos	40 <input type="checkbox"/> Hermeticidad de la cabina	45 <input type="checkbox"/> Deflectores de aire				
36 <input type="checkbox"/> Cinturones de seguridad	41 <input type="checkbox"/> Espejos laterales	46 <input type="checkbox"/> Tanques de combustible, accesorios				
37 <input type="checkbox"/> Tablero e instrumentos	42 <input type="checkbox"/> Soportes de cabina	112 <input type="checkbox"/> OTROS				
II.- MARQUE CON UN CHECK (✓) EL ELEMENTO OBSERVADO Y TAMBIÉN COLOQUE CHECK (✓) EN (R) SI EL COMPONENTE CORRESPONDE AL REMOLCADOR Y/O (S) SI EL COMPONENTE CORRESPONDE AL SEMIRREMOLQUE, LUEGO INDIQUE EL NÚMERO DE OBSERVACIÓN Y LA DESCRIPCIÓN						
SUSPENSIÓN	FRENOS	SIST. ELÉCTRICO	R	S	IT	DESCRIPCIÓN
47 <input type="checkbox"/> Amortiguadores	59 <input type="checkbox"/> Frenos, regulación	71 <input type="checkbox"/> Luces en general	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
48 <input type="checkbox"/> Bolsas de aire	60 <input type="checkbox"/> Fajas de freno	72 <input type="checkbox"/> Faros delanteros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
49 <input type="checkbox"/> Reg. de bolsas de aire	61 <input type="checkbox"/> Compresor, líneas neumáticas	73 <input type="checkbox"/> Neblineros, circulina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
50 <input type="checkbox"/> Muelles y grilletes	62 <input type="checkbox"/> Fugas de aire	74 <input type="checkbox"/> Claxon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
51 <input type="checkbox"/> Abrazaderas y bujes	63 <input type="checkbox"/> Secador de aire	75 <input type="checkbox"/> Alarma de retroceso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
52 <input type="checkbox"/> Templador, balancines	64 <input type="checkbox"/> Válvulas neumáticas	76 <input type="checkbox"/> Trico y plumillas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
LLANTAS		SISTEMAS CRÍTICOS				
53 <input type="checkbox"/> Reparación de llantas	65 <input type="checkbox"/> Equipo de bombeo (Trasiego)	77 <input type="checkbox"/> Baterías y bornes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
54 <input type="checkbox"/> Cambio de llantas	66 <input type="checkbox"/> Bomba, tanque y Sist. Hhidráulico	78 <input type="checkbox"/> Testigos check engine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
55 <input type="checkbox"/> Rotación de llantas	67 <input type="checkbox"/> Quinta rueda, King Pin	79 <input type="checkbox"/> Testigo ABS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
56 <input type="checkbox"/> Presión de aire	68 <input type="checkbox"/> Escaleras y barandas	80 <input type="checkbox"/> Velocidad crucero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
57 <input type="checkbox"/> Reencauche de llantas	69 <input type="checkbox"/> Patas de apoyo	81 <input type="checkbox"/> Calefacción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
58 <input type="checkbox"/> Llanta de repuesto	70 <input type="checkbox"/> Funcionamiento del GPS	82 <input type="checkbox"/> Aire acondicionado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		83 <input type="checkbox"/> Corte de corriente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
OTROS COMPONENTES DEL REMOLCADOR Y/O SEMIRREMOLQUE						
84 <input type="checkbox"/> Parachoques	88 <input type="checkbox"/> Bocamazas y rodamientos	92 <input type="checkbox"/> Porta conos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
85 <input type="checkbox"/> Tapabarros	89 <input type="checkbox"/> Lubricación, engrase	93 <input type="checkbox"/> Porta tacos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
86 <input type="checkbox"/> Escarpines	90 <input type="checkbox"/> Aros, esparragos y tuercas	94 <input type="checkbox"/> Placas de rodaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
87 <input type="checkbox"/> Porta llantas y teclés	91 <input type="checkbox"/> Porta extintores	112 <input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
III.- MARQUE CON UN CHECK (✓) E INDIQUE EL NÚMERO DE COMPONENTE Y DESCRIBA LAS OBSERVACIONES REALIZADAS AL SEMIRREMOLQUE (S)						
OTROS COMPONENTES DEL SEMIRREMOLQUE				IT	DESCRIPCIÓN	
95 <input type="checkbox"/> Cisterna de combustible	## <input type="checkbox"/> Tolva de concentrado	107 <input type="checkbox"/> Cisterna de GLP				
96 <input type="checkbox"/> Accesorios de descarga	## <input type="checkbox"/> Tapa de tolva	108 <input type="checkbox"/> Manguera y carrete de GLP				
97 <input type="checkbox"/> Caja de válvulas	## <input type="checkbox"/> Pistones neumáticos	109 <input type="checkbox"/> Rotogage, manómetro, termom.				
98 <input type="checkbox"/> Manhole, válvulas, scully	## <input type="checkbox"/> Pistones Hidráulicos	110 <input type="checkbox"/> Pistola de despacho				
99 <input type="checkbox"/> Línea de vida, antideslizante	## <input type="checkbox"/> Compuerta de tolva	111 <input type="checkbox"/> Sistema GNV, accesorios				
100 <input type="checkbox"/> Sist. Toma a Tierra	## <input type="checkbox"/> Sistema GLP, contómetro	112 <input type="checkbox"/> OTROS				
FIRMA Y CONFORMIDAD DEL REPORTE REALIZADO						
FIRMA DEL OPERADOR	VºBº DEL SUPERVISOR	SELLO Y FIRMA DE MANTENIMIENTO				

ANEXO 6: FORMATO DE LA PROGRAMACIÓN DIARIA DE UNIDADES

PROGRAMACIÓN DIARIA DE UNIDADES

EMPRESA	Nº DE TARJETA DE CUBICACIÓN	PLACAS		OPERADOR	PRODUCTO	CANTIDAD (GL)	OPERADORES	OBSERVACIÓN
		TRACTO	CISTERNA					
SERVOSA	L J - 2468	ARA-887	AAU-997		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	L J - 2457	APZ-862	AAW-977		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	G&S-0821	ARC-703	AAZ-973		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	L J - 2460	APZ-795	AAW-978		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	L J - 2466	ARA-927	ABB-976		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	L J - 2461	APZ-766	AAX-995		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	G&S-1025	ANE-858	M1E-978		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	L J - 2465	APY-708	AAT-985		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL
SERVOSA	G&S-0547	ANE-879	F9T-988		DIESEL B5 S-50	10800	CON FOTOCHECK	PREFERENCIAL

**SI-FSMCV-OP-
005-001**

Fuente: Servosa, 2019