



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

**“Propuesta para la optimización de la operatividad y eficiencia
de los patios de contenedores vacíos en Guayaquil ubicados
en la vía Perimetral”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

Ingenieros en Logística y Transporte

Presentado por:

Christian Ricardo García Fienco

Gabriela Stefanie Reyes Mosquera

Guayaquil - Ecuador

2018

DEDICATORIA

A mis maestros quienes siempre fueron guías tanto académico como laboral, a mis padres por el apoyo económico para culminar con mis estudios profesionales. A las personas más cercanas quienes en los últimos meses dieron esos ánimos y energías para culminar este proceso formativo y profesional.

Cristian.

A mis padres y hermanos, por apoyarme y creer en mí.

Gabriela.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores M.Sc. Guillermo Baquerizo y M.Sc. David de Santis quienes estuvieron al tanto de los avances haciendo las respectivas correcciones para este proyecto. A mis padres por la ayuda del transporte.

Christian

A mis padres y hermanos, a mi compañera de lucha Noreisa Ruano, a mis tutores M.Sc. Guillermo Baquerizo y M.Sc. David de Santis por ser guía y apoyo para lograr esta meta.

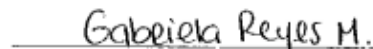
Gabriela

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Christian Ricardo García Fienco* y *Gabriela Stefanie Reyes Mosquera* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Christian Ricardo García Fienco




Gabriela Stefanie Reyes Mosquera

EVALUADORES



MSc. Guillermo Baquenz Palma
PROFESOR DE LA MATERIA



MSc. David de Santis Bermeo
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El documento presente, tiene como objetivo analizar si existe problemas en el sistema de turnos electrónicos para la recepción de contenedores vacíos en los patios mediante una simulación matemática. Este sistema se creó con el fin de reducir la espera de vehículos de carga pesada en áreas que no se les tiene permitido esperar. El alcance de esta investigación está determinado solo para los patios que se encuentran en la vía Perimetral, donde se registra la mayor cantidad de multas de tránsito de este tipo. Como resultado se determinará si el sistema actual tiene no se está operando como se espera, y dar como recomendación dos escenarios donde el sistema funcione de manera eficiente y sin tener unidades fuera de los patios acortando los tiempos de espera.

Palabras clave: Teoría de colas, simulación matemática, análisis estadístico.

ABSTRACT

The present document aims to analyze if there are problems in an electronic shift system for the reception of empty containers in warehouses through a mathematical simulation of the system. This system was created in order to reduce waiting for heavy-lift vehicles in areas that they are not allowed to wait. The scope of this investigation is determined only for the deposits that are found in the Perimeter Route, where the highest number of traffic fines of this type is recorded. As a result, it will be determined if the current system has not been operated as expected and give as a recommendation two possible solutions where the system operates efficiently and without having units outside the deposits and reduce waiting times.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	X
ACRÓNIMO.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
CAPÍTULO 1	16
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Descripción del problema.....	17
1.1.1. Antecedentes.....	17
1.1.2. Situación actual	17
1.1.3. Diagrama de la problemática.....	20
1.2. Justificación del problema	20
1.3. Hipótesis	20
1.4. Objetivos	20
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
1.5. Marco teórico	21
1.5.1. Revisión de la literatura	21
1.6. Marco conceptual.....	23
1.6.1. Funciones de un patio de contendores.....	23
1.6.2. Formulas estadísticas básicas para datos no agrupados	26
1.6.3. Prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrado χ^2	27
1.6.4. Teoría de colas	28

1.6.5. Simulación en Promodel.....	30
1.6.6. Terminología de Promodel	31
CAPÍTULO 2	31
2. METODOLOGÍA	31
2.1. Flujograma de actividades	31
2.2. Cronograma de actividades	32
2.3. Técnicas de investigación	35
2.4. Softwares	35
CAPÍTULO 3	36
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
3.1. Prueba de bondad de ajuste	36
3.2. Descripción del modelo de simulación	36
3.3. Desarrollo de la simulación	36
3.4. Tiempo de llegada.....	37
3.5. Tiempo de inspección de contenedores vacíos	37
3.6. Tiempo de movilización de contenedores vacíos.....	37
3.7. Tiempo de procesamiento.....	38
3.8. Resultados del escenario actual	38
3.8.1. Análisis del tiempo de arribo.....	38
3.8.2. Análisis del proceso de inspección de contenedores	39
3.8.3. Análisis de ocupación de recursos	40
3.9. Resultados de escenario 1	42
3.9.1. Análisis del tiempo de arribo.....	42
3.9.2. Análisis del proceso de inspección de contenedores	43
3.9.3. Análisis de ocupación de recursos	44
3.10. Resultados de escenario 2.....	45
3.10.1. Análisis del tiempo de arribo	45

3.10.2. Análisis del proceso de inspección de contenedores	46
3.10.3. Análisis de ocupación de recursos	47
3.11. Costos asociados.....	49
CAPÍTULO 4	53
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
4.1. Conclusiones.....	53
4.2. Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	56

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cola	La cola es el lugar donde esperan los clientes antes de adquirir un servicio.
Contenedor	Es un recipiente que se utiliza para transportar carga por transporte marítimo y terrestre.
Depósito de contenedores	Los patios de contenedores son espacios de gran extensión donde las navieras almacenan contenedores vacíos.
Entidad	Son los artículos que son procesados dentro del sistema, es decir, piezas a ensamblar, materia prima, carga, vehículos, etc.
Estado del sistema	Número de clientes en el sistema.
Factor de utilización	El factor de utilización es la fracción entre el tiempo esperado de llegadas y el tiempo esperado de servicio, es decir, es el tiempo esperado en que los servidores individuales están ocupados.
Gaceta	Publicación de carácter informativo de las normas o regulaciones actuales de una institución.
Locaciones	Son objetos fijos dentro del diseño del sistema donde las entidades se movilizan para procesarse. Algunos tipos de locaciones puede ser maquinarias, equipos, colas, estaciones de trabajo, bodegas, etc.
Longitud de cola	Representa el número de clientes que esperan ser atendidos
Longitud en el sistema	Representa el número esperado de clientes
Número de servidores	Es la cantidad de estaciones de servicios que puede brindar un sistema
Reach Stacker	Es un tipo de montacargas utilizado para manipular contenedores en puertos o en patios.
Recurso	Los recursos puede ser personas, herramientas,

	vehículos o de cualquier otro tipo que puede ser utilizado como auxiliar para las entidades dentro de un sistema. Existen dos tipos de recursos estáticos o asignados las cuales siguen un movimiento dinámico.
Simulación	Es un acto que consiste en recrear una situaciones reales o situaciones ficticias a través de técnicas matemáticas mediante con la finalidad de estudiar el comportamiento del sistema.
Tasa media de llegadas	Es el número promedio de llegadas en un periodo de tiempo establecido.
Tasa media de servicio	Es el número promedio de clientes que pueden ser atendidos en un periodo de tiempo.
Tiempo de arribo	Periodo determinado durante el cual
Tiempo de espera de los clientes en el sistema	Es el tiempo total que un cliente demoro en ser atendido desde el momento en que ingresa al sistema y sale del mismo.
Tiempo de servicio	Periodo determinado durante el cual se lleva a cabo el servicio
Tiempo en el sistema.	Periodo determinado que dura un servicio desde que el usuario ingresa y sale del sistema.

ACRÓNIMO

CAS	Carta de Autorización de Salida
EIR	Equipment Interchange Receipt
FENATRAPE	Federación Nacional de Transporte Pesado del Ecuador
CAMAE	Cámara Marítima del Ecuador
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
ATM	Agencia de Tránsito Municipal
IICL	Institute of International Container Lessors
FIFO	First In First Out

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Zonificación de patios de contenedores en Guayaquil.....	19
Figura 1-2. Diagrama del proceso de recepción de contenedores vacíos.....	20
Figura 1-3. Recepción de contenedores vacíos	24
Figura 1-4. Almacenamiento de contenedores vacíos	24
Figura 1-5. Montacarga tipo Reach Stacker.....	25
Figura 1-6. Inspección de contenedores	25
Figura 1-7. Sistemas de colas	29
Figura 2-1. Flujograma de actividades	32
Figura 2-2. Cronograma de actividades 1	33
Figura 2-3. Cronograma de actividades 2	34
Figura 3-1. Diseño del modelo de simulación.....	37
Figura 3-2. Tiempo de llegada en Promodel	37
Figura 3-3 Tiempo de servicio de inspección en Promodel.....	37
Figura 3-4 Tiempo de movilización de contenedores en Promodel.....	38
Figura 3-5 Resultado en Promodel del tiempo de arribo - Escenario actual	38
Figura 3-6 Resultado en Promodel del tiempo promedio y máximo en el sistema – Escenario actual.....	39
Figura 3-7 Resultado en Promodel del número de vehículos en cola - Escenario actual.....	39
Figura 3-8 Resultado en Promodel del proceso de inspección de contenedores - Escenario actual.....	40
Figura 3-9 Resultado en Promodel del porcentaje de utilización de la zona de inspección - Escenario actual.....	40
Figura 3-10 Resultados en Promodel de los recursos - Escenario actual	41
Figura 3-11 esultados en Promodel del porcentaje de utilización de los recursos - Escenario actual.....	42
Figura 3-12 Resultado en Promodel del tiempo de arribo - Escenario 1	42
Figura 3-13 Resultado en Promodel del tiempo promedio y máximo en el sistema – Escenario 1	43
Figura 3-14 Resultado en Promodel del número de vehículos en cola - Escenario 1	43
Figura 3-15 Resultado en Promodel del proceso de inspección de contenedores - Escenario 1	43

Figura 3-16 Resultado en Promodel del porcentaje de utilización de la zona de inspección - Escenario 1	44
Figura 3-17 Resultado en Promodel del montacarga - Escenario 1	44
Figura 3-18 Resultado en Promodel del operario - Escenario 1	45
Figura 3-19 Resultados en Promodel del porcentaje de utilización de los recursos - Escenario 1	45
Figura 3-20 Resultado en Promodel del tiempo de arribo - Escenario 2	45
Figura 3-21 Resultado en Promodel del tiempo promedio y máximo en el sistema – Escenario 2	46
Figura 3-22 Resultado en Promodel del número de vehículos en cola - Escenario 2	46
Figura 3-23 Resultado en Promodel del proceso de inspección de contenedores - Escenario 2	47
Figura 3-24 Resultado en Promodel del porcentaje de utilización de la zona de inspección - Escenario 2	47
Figura 3-25 Resultados en Promodel de los recursos - Escenario 2.....	48
Figura 3-26 Resultados en Promodel del porcentaje de utilización de los recursos - Escenario 2	49
Figura 3-27 Histograma del número de vehículos en cola – Escenario actual.	50
Figura 3-28 Grafico del número diario de vehículos en cola en los diferentes escenarios	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Terminología y notación en un sistema de colas	30
Tabla 1-2. Terminología de medidas de eficiencia de un sistema de colas	30
Tabla 3-1 Análisis estadístico del número de vehículos en cola - Escenario actual.....	49
Tabla 3-2 Comparación de costos de los diferentes escenarios	51
Tabla 3-3 Costo/Utilidad de los escenarios propuestos	52

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el comercio mundial de mercancías se lo realiza mayormente a través de los mares y océanos, es decir, que el 90% de la carga es movilizada por vía marítima. Ecuador en los últimos años ha aumentado su flujo en las importaciones y exportaciones. Es así como la CEPAL en el 2017, en el Ranking anual de Movimiento Portuario de Contenedores indica que, el Puerto de Guayaquil obtuvo una movilización de carga 1.871.591 TEU. Es evidente que el uso de patios de contenedores juega un papel importante, ya que se requiere almacenar los contenedores vacíos para su posterior uso. Es aquí donde se origina el problema, ya que en Ecuador las importaciones son mayores que las exportaciones por lo tanto el movimiento de contenedores es mayor, y es aquí donde intervienen los patios de contenedores ya que son intercambiadores modales entre el transporte terrestre y marítimo. Por lo general los patios de contenedores vacíos se encuentran cerca de las zonas portuarias, y en Guayaquil los patios se encuentran a lo largo de la vía perimetral, lugar con mucha afluencia vehicular y que hoy en día está generando malestar a la población por vehículos de carga pesada estacionados en zonas prohibidas por la ATM.

Los objetivos de este proyecto consisten en mejorar el sistema actual de turnos de la recepción de contenedores vacíos, mediante el análisis del modelo de simulación y teoría de colas, con la finalidad de minimizar los tiempos de recepción y mejorar la eficiencia y operatividad de los patios de contenedores.

Para llevar a cabo el propósito del proyecto se ha dividido en cuatro capítulos.

El primer capítulo describe los antecedentes, la situación actual del problema encontrado, la justificación del proyecto, la hipótesis y los objetivos. Además, presenta artículos, definiciones, conceptos, ecuaciones matemáticas, gráficos y tablas relacionados al tema de proyecto.

En el segundo capítulo se detalla la metodología de trabajo utilizada para llevar a cabo el proyecto, en el cual se describen las técnicas de investigación y los softwares utilizados para el análisis de los datos.

En el tercer capítulo se muestra el análisis de la información obtenida a través de los datos observados, los cuales permitieron realizar la simulación con tres diferentes escenarios y posteriormente la aplicación de teoría de colas para su respectiva comparación.

En el cuarto capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a través de los diferentes escenarios planteados y cuáles serían las mejoras por realizar para mejorar la eficiencia y operatividad de los patios de contenedores.

La ejecución del proyecto permitirá reducir el caos vehicular que se ocasiona en la vía Perimetral a causa de los vehículos de carga pesada que desean ser atendidos por los patios de contenedores vacíos.

1.1. Descripción del problema

1.1.1. Antecedentes

La empresa de origen público fue creada por decreto ejecutivo número 8, el 8 de febrero del 2007. Forma parte de los departamentos de gobierno encargado de la construcción y mantenimiento de la red vial nacional del Ecuador. Su misión es formular, implementar y evaluar políticas, minimizar el impacto ambiental y contribuir al desarrollo social y económico del país.

1.1.2. Situación actual

Los patios de contenedores brindan un servicio de despacho y recepción de contenedores vacíos además de otros servicios. Para adquirir este servicio los transportistas deben formar largas columnas de vehículos en la vía perimetral esperando a ser atendidos por el patio de contenedores. Esto genera malestar en los transportistas porque incumplen las leyes estipuladas en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial (2018), del artículo 390 y 391.

Diariamente en Guayaquil la Agencia de Tránsito Municipal (ATM) genera un aproximado de 66 multas de tránsito por vehículos de carga pesada estacionados en lugares prohibidos.

El Concejo Municipal de Guayaquil mediante Gaceta Municipal No.85 emitida el 30 de mayo de 2018, la cual es una reforma a la ordenanza que regula los patios de contenedores vacíos en el cantón Guayaquil. Esta ordenanza es el resultado de varias reuniones con los dirigentes de la Federación Nacional de Transporte Pesado del Litoral, Comité Interinstitucional de Transporte del Litoral, autoridades del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Municipio de Guayaquil, Autoridad Portuaria, Asociación de Terminales Portuarios Privados y Cámara Marítima del Ecuador (Pesado, 2018).

La Ordenanza Municipal en su artículo 20.1 y artículo 20.2 señala que los patios de contenedores vacíos deberán brindar atención las 24 horas, los siete días de la semana. Actualmente la mayor parte de patios de contenedores cuentan con un sistema de turnos, para acceder a los servicios brindados por cada depósito. Anteriormente el servicio brindado era totalmente gratuito y hoy en día se cobra un cierto valor que varía de acuerdo con el horario en el que se solicita el turno.

1.1.3. Diagrama de la problemática

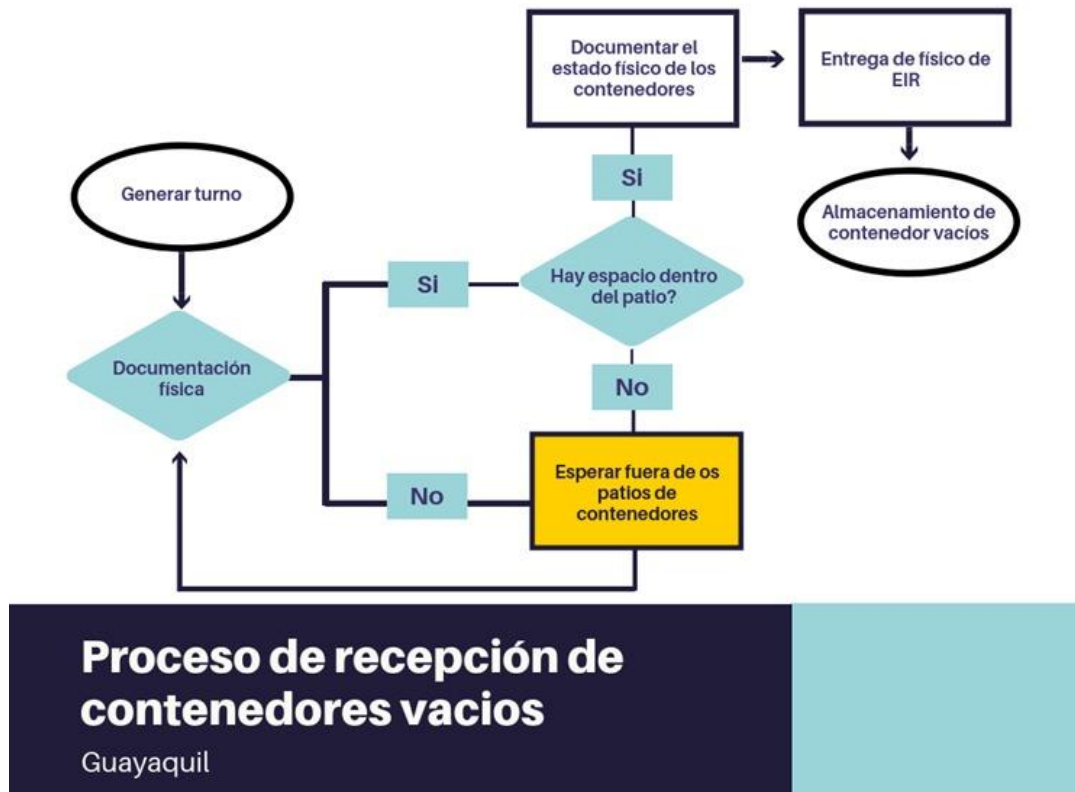


Figura 1-2. Diagrama del proceso de recepción de contenedores vacíos

1.2. Justificación del problema

Es de gran importancia para la empresa que los patios de contenedores vacíos mejoren su operatividad de tal manera que garantice la reducción total de vehículos estacionados en la vía perimetral a la espera de ser atendidos. Con la finalidad de que el tránsito en la vía perimetral sea más fluido y se evite el congestionamiento vehicular en horas pico.

1.3. Hipótesis

Controlar y regular la operatividad y eficiencia de los patios de contenedores ubicados en la vía perimetral, cumpliendo con la ordenanza municipal #10.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Análisis de la operatividad del sistema de turnos de los patios de contenedores vacíos, utilizando simulación matemática, con el fin de reducir la longitud de cola y los tiempos de espera.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de los patios de contenedores vacíos.
- Identificar el tipo de distribución que siguen los tiempos de servicio y tiempo de llegada a través de un software estadístico.
- Simular la situación actual a través de un software de simulación para analizar el comportamiento de los resultados obtenidos.
- Mejorar la situación actual mediante el planteamiento de diferentes escenarios.
- Comparar los actuales generados por el incumplimiento de las Ordenanzas Municipales con las propuestas a presentar.
- Proponer mejoras en el sistema de turnos actual a partir de los resultados obtenidos de los diferentes escenarios.

1.5. Marco teórico

1.5.1. Revisión de la literatura

1.5.1.1. Mejora del proceso de despacho para contenedores refrigerados vacíos en LICSA

- **Origen:** Lima, Perú
- **Año:** 2016
- **Dirección URL:**

http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1149/Ang%C3%A9lica_Tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

El trabajo de investigación consiste en mejorar el proceso de despacho para contenedores refrigerados vacíos, con la finalidad de mejorar el nivel de servicio y reducir los costos de despacho de contenedores refrigerados vacíos.

Mediante un análisis de los resultados de encuestas realizadas, se pudo evidenciar que no existía un proceso ordenado para la recepción de contenedores por parte de los transportistas, ya que los clientes enviaban al transportista a retirar contenedores refrigerados vacíos sin previo aviso, lo

cual provocaba un desorden dentro del patio de contenedores (Montenegro, 2016).

Bajo estas circunstancias, la solución propuesta fue la creación de un sistema de generación de turnos con previa especificaciones de los contenedores a ser entregados, puesto que las operaciones que se consideraban cuellos de botella estaban relacionadas a estas actividades.

1.5.1.2. Diseño de un modelo de optimización como herramienta de soporte a la toma de decisiones para la logística de retorno de los contenedores vacíos.

- **Origen:** Guayaquil, Ecuador
- **Año:** 2016
- **Dirección URL:**

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/34377?show=full>

El proyecto de graduación consiste en diseñar un modelo que permita optimizar la toma de decisiones para el retorno de contenedores vacíos, con la finalidad de evaluar el actual sistema de logístico de retorno de contenedores vacíos a base de un modelo matemático que demuestre cual sería la alternativa menos costosa y a la vez eficiente para una empresa de transporte.

Como solución a la problemática, se realizó un análisis de los procesos operativos con respecto al retorno de contenedores vacíos. Para ello se plantearon algunos escenarios los cuales fueron sometidos al modelo matemático dando resultados favorables para la mejora del proceso (Paca, 2016).

1.5.1.3. Evaluación de alternativas para disminuir cola de camiones en terminal internacional San Antonio, proceso ingreso contenedores vacíos

- **Origen:** Santiago, Chile
- **Año:** 2016

- Dirección URL:

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/13983/3560900231441UTFSM.pdf?sequence=1>

El proyecto de graduación consiste en evaluar distintas alternativas a través de teorías de colas y simulación de diferentes escenarios con la finalidad de minimizar las filas de vehículos en el Puerto de San Antonio.

Como solución a la problemática, se realizó un análisis de los tiempos de llegadas y la frecuencia de los vehículos. El cual determino que se debe aumentar la cantidad de servidores en las estaciones de trabajo, pero que esto depende de la demanda que tenga cada depósito. Además, se consideró la creación de un sistema de reservaciones para la atención de los vehículos y regular el tiempo (Silva, 2016).

1.6. Marco conceptual

1.6.1. Funciones de un patio de contenedores

1.6.1.1. Recepción de contenedores

Los patios de contenedores vacíos reciben unidades refrigeradas o unidades secas de dos maneras, ya sea por reposición de contenedores vacíos que se realiza por pedido de la naviera para cubrir su demanda o por devolución de estos por parte de los importadores después de haber retirado su carga.

Para el caso de reposición, la agencia debe de solicitar una autorización de la aduana para poder retirar los mismos desde el terminal portuario y así ingresarlos al patio. Normalmente esto ocurre por las noches debido a las leyes de tránsito y además no colapsar al unirlos con el despacho diario a clientes.



Figura 1-3. Recepción de contenedores vacíos

1.6.1.2. Almacenamiento de contenedores

Los contenedores vacíos ingresan al patio y son apilados de dos o tres contenedores de alto, considerando el criterio de la naviera, por lo general el sistema de almacenamiento de contenedores es por FIFO.



Figura 1-4. Almacenamiento de contenedores vacíos

1.6.1.3. Manipulación de contenedores

La manipulación de los contenedores dentro del patio se hace con máquinas porta contenedores modelo "Reach Stacker". Estos son usados para movilizar los contenedores dentro del patio para las diferentes secciones que contiene el mismo, ya sea para devolución, recepción, inspección reparación y despacho.



Figura 1-5. Montacarga tipo Reach Stacker

1.6.1.4. Inspección y mantenimiento de contenedores

Los patios de contenedores vacíos realizan la inspección de contenedores bajo los estándares del IICL (Institute of International container Lessors).



Figura 1-6. Inspección de contenedores

1.6.1.5. Elaboración del Recibo de Intercambio de Equipo (EIR)

Por control y constancia del estado del contenedor al ser despachado o receptado el patio debe de realizar la debida inspección para luego emitir un EIR “Recibo de intercambio de equipo”. Existen dos tipos y son el EIR IN/EIR OUT los cuales detallan el estado del contenedor en el que llega física y electrónicamente, y de igual forma en la que sale del patio.

Este documento es entregado físico y digitalmente al cliente y agencia naviera para que se tenga como y garantía de la unidad. El mismo contiene hora y fecha de salida respectivamente. En el caso de los contenedores refrigerados se les adiciona una sección en donde se detalla las horas que marca el horómetro con el que sale del patio y la cantidad de combustible que se encuentra en el generador.

1.6.1.6. Entrega de contenedores a transportistas

En esta transacción el transportista deberá tener un turno digital o físico, la respectiva carta de salida (eCAS) física, y en caso de refrigerados la respectiva carta de temperatura para que la unidad sea fijada tanto en ventilación como en refrigeración. Vale recalcar que, si el transportista no dispone de alguno de estos documentos o no esta en la hora acordada del turno, no podrá retirar la unidad.

1.6.2. Formulas estadísticas básicas para datos no agrupados

Media aritmética

Es el valor que se obtiene al sumar todos los datos no agrupados y dividirlo para el número total de datos recolectados.

La fórmula para hallar la media aritmética es:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

Donde:

- *X*: datos
- *N*: Número total de datos

Varianza

La varianza nos permite encontrar la distancia entre los valores de los datos dados y la media. Se calcula como sumatorio de las diferencias al cuadrado

entre cada valor y la media, multiplicadas por el número de veces que se ha repetido cada valor.

La fórmula para hallar la varianza es:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

Donde:

- X : Datos
- N : Número total de datos
- \bar{X} : Media

Desviación estándar

La desviación estándar es una medida del grado de dispersión de los datos, es decir, es la variación esperada con respecto a la media.

La fórmula para hallar la desviación estándar es:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Donde:

- X : Datos
- N : Número total de datos
- \bar{X} : Media

Número de clases

La regla de Sturges permite determinar el número de clases que se deben emplear para elaborar un histograma.

La fórmula para hallar el número de clases es:

$$\text{Número de clases} = 1 + 3.332 \log N$$

1.6.3. Prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrado χ^2

La prueba de bondad de ajuste se utiliza para determinar qué tipo de distribución siguen los datos recolectados de una muestra aleatoria proveniente de una población. Para poder aplicar la prueba de bondad de ajuste se debe seguir una serie de pasos descritos a continuación:

1. Se realiza una tabla de frecuencia.
2. Se escoge una distribución de probabilidad a la que más se ajusten los datos.
3. Se calcula la frecuencia esperada a partir de la distribución propuesta.
4. Se calcula el estadístico de prueba.
5. Si el estimador es menor al valor correspondiente χ^2 con cierto grado de libertad y con un nivel de confianza de $1-\alpha$, entonces no se puede rechazar la hipótesis de que los datos siguen la distribución propuesta en el paso 2.

1.6.4. Intervalos de Confianza

El uso de la estimación por intervalo de confianza es para definir, alrededor de la media, un intervalo aleatorio que dependa de “n” replicas o experimentos que demuestran una probabilidad alta de acierto. La longitud de este intervalo es la que determina la exactitud de la estimación.

Teorema

Sea $(X_n), n \in N$ una sucesión de variables aleatorias independientes con una misma ley, de esperanza μ y varianza σ^2 ambas finitas. Para todo $n \in N$ denotemos por:

$$\bar{X}_n = \frac{X_1 + \cdots + X_n}{n}, S_n^2 = \frac{X_1^2 + \cdots + X_n^2}{n} - \bar{X}_n^2$$

$$S_n = \sqrt{S_n^2}$$

Sea α un número real ≥ 0 (pequeño). Sea Z_α el número real ≥ 0 tal que:

$$\int_{-z_\alpha}^{+z_\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx = 1 - \alpha .$$

1.6.5. Teoría de colas

La teoría de colas es el estudio del comportamiento de líneas de espera aplicado a un modelo matemático. El mismo tiene dos entidades claves que son el cliente y el servidor el cual tiene una cierta limitación en lo que respecta a la atención. Cuando la demanda de clientes es alta y el servidor no puede abastecer dicha demanda de manera fluida se genera la cola y tiempos de espera altos para los clientes.

Los sistemas de cola son modelos basados en servicios, como modelos ayudan a representar cualquier sistema en donde los trabajos o bien clientes llegan a solicitar un servicio y salen después de ser atendidos. Los mismos sistemas pueden ser combinados si se da el caso de que se tiene más de un servicio ya sea de forma secuencial o aleatoria (Lieberman, 2010).

Estos modelos y representaciones ayudan en gran parte a determinar el nivel de servicio de un servidor y del sistema como tal. Así mismo, da cabida a mejoras en el sistema ya sea por la mejora de los servidores o aumentar los mismos.

1.6.5.1. Elementos de un modelo de colas

Los elementos que existen en un modelo de colas por lo general son:

- **Fuente de entrada:** Una característica particular de la fuente de entrada es el tamaño. El tamaño es el número de clientes potenciales que requieren un servicio, puede ser de tamaño finito o infinito.
- **Cola:** La cola es el lugar donde esperar los clientes antes de adquirir un servicio. Una característica propia de las colas es que puede tener un número máximo de clientes. Las colas también pueden ser infinitas o finitas.
- **Mecanismo de servicio:** Esta conformado por estaciones de servicio, las cuales pueden tener uno o más canales de servicio paralelo, conocidos como servidores.

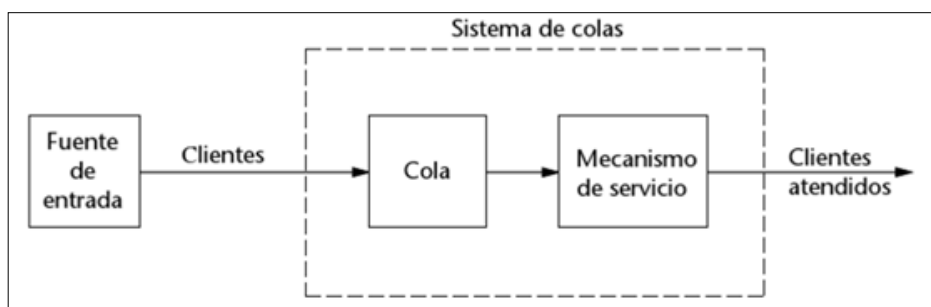


Figura 1-7. Sistemas de colas

1.6.5.2. Terminología y notación

Tabla 1-1. Terminología y notación en un sistema de colas

Estado del sistema	Número de clientes en el sistema.
Longitud de la cola	Número de clientes esperando ser atendidos.
$N(t)$	Número de clientes en el sistema de colas en el tiempo t .
$P_n(t)$	Probabilidad de que exactamente n clientes estén en el sistema en el tiempo t , dado el número en el tiempo 0.
s	Número de servidores en el sistema.
λ_n	Tasa media de llegadas.
μ_n	Tasa media de servicio.

1.6.5.3. Medidas de eficiencia de un sistema de colas

Tabla 1-2. Terminología de medidas de eficiencia de un sistema de colas

L	Longitud o cantidad de personas en el sistema.
L_q	Longitud o cantidad de personas en la cola.
T	Tiempo de espera de los clientes en el sistema.
W	Tiempo en el sistema.
W_q	Tiempo de espera de los clientes en la cola.
T_q	Tiempo de espera de los clientes en la cola.
\bar{s}	Número medio de servidores ocupados.
P_o	Probabilidad del que el sistema se encuentre desocupado
P_n	Probabilidad de que haya n clientes en el sistema
ρ	Factor de utilización.

1.6.6. Simulación Matemática en Promodel

Promodel es una herramienta de simulación, que permite diseñar y analizar cualquier sistema de producción, servicio o cualquier otro modelo de manera casi real mediante su diseño que permite presentar animaciones y gráficas.

Promodel además de ser una herramienta de simulación es de gran utilidad para los ingenieros que buscamos reducir costos, mejorar la productividad y tomar decisiones con respecto al uso de los recursos disponibles, equipos, personal, maquinaria las cuales funcionen de manera eficiente y productiva (Garcia, 2006).

1.6.7. Terminología de Promodel

Locaciones

Son objetos fijos dentro del diseño del sistema donde las entidades se movilizan para procesarse. Algunos tipos de locaciones puede ser maquinarias, equipos, colas, estaciones de trabajo, bodegas, etc.

Entidades

Son los artículos que son procesados dentro del sistema, es decir, piezas a ensamblar, materia prima, carga, vehículos, etc.

Recursos

Los recursos puede ser personas, herramientas, vehículos o de cualquier otro tipo que puede ser utilizado como auxiliar para las entidades dentro de un sistema. Existen dos tipos de recursos estáticos o asignados las cuales siguen un movimiento dinámico.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Flujograma de actividades

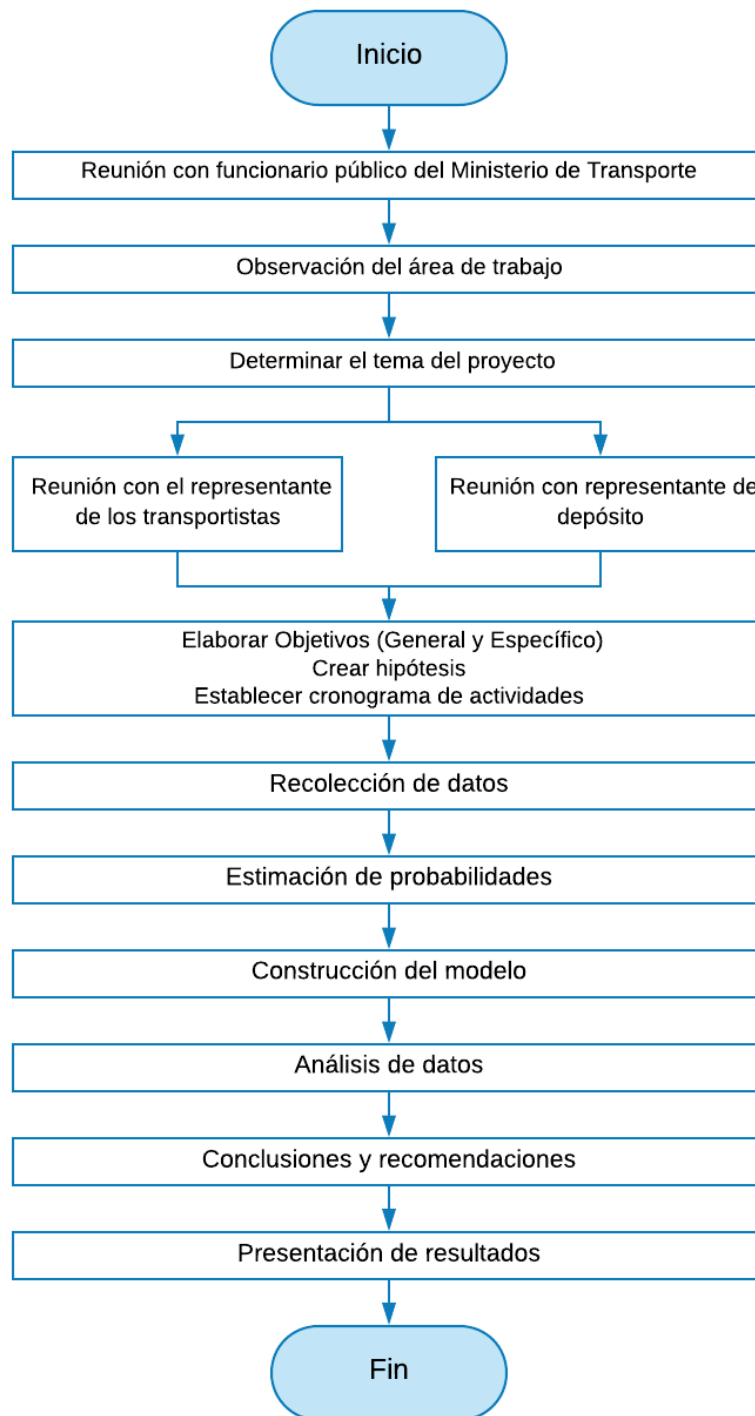


Figura 2-1. Flujograma de actividades

2.2. Cronograma de actividades

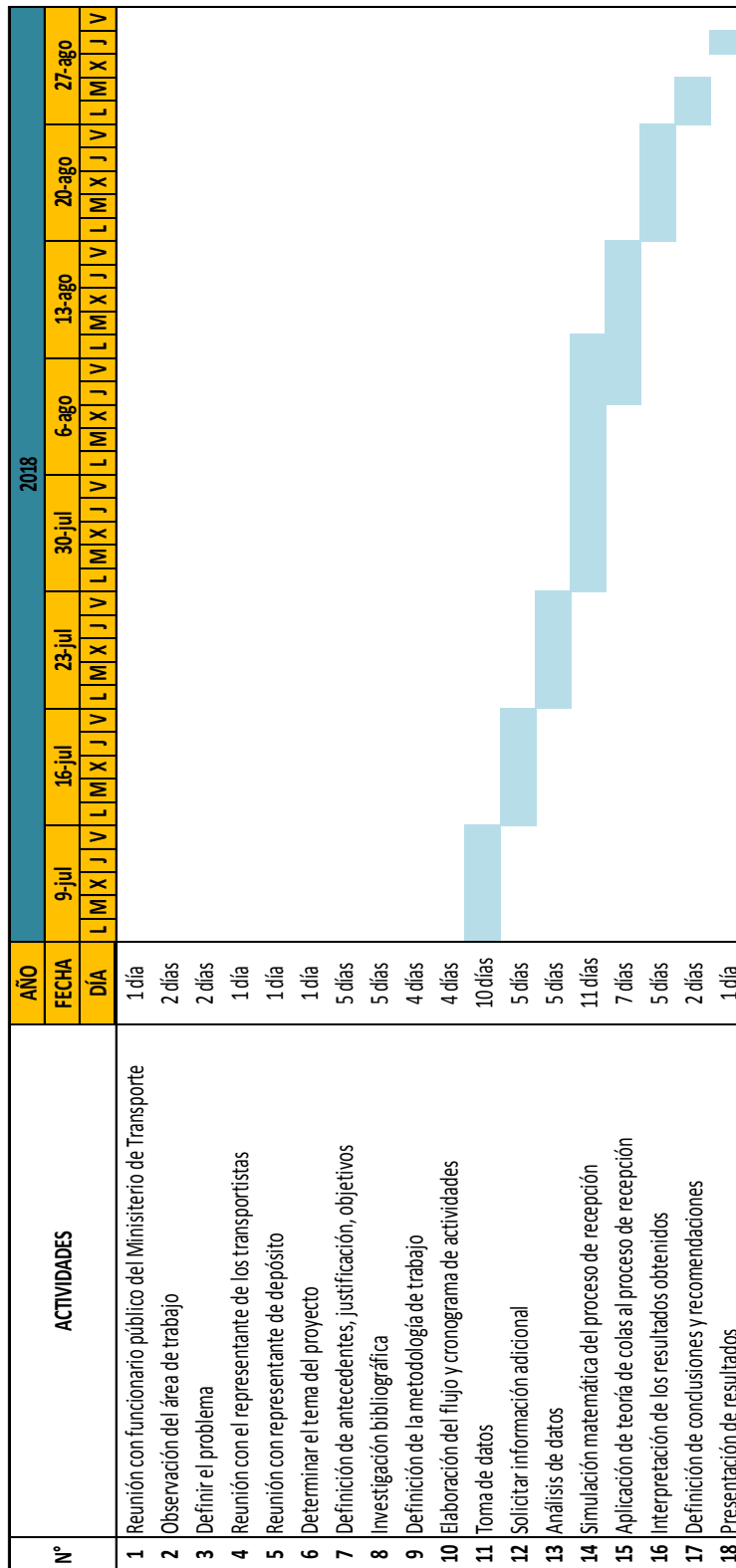


Figura 2-3. Cronograma de actividades 2

2.3. Técnicas de investigación

- **Entrevista:** La entrevista es una técnica de investigación, que permite recopilar datos mediante el dialogo entre dos personas, el entrevistado y el entrevistador. Para llevar a cabo el proyecto se entrevistó a un funcionario público, al representante de transportistas y al representante de los patios de contenedores vacíos, con el cual se obtuvo información relevante que permitió plantear el tema del proyecto y una posible solución.
- **Observación:** La observación es una técnica de investigación que consiste en observar detenidamente un fenómeno o acontecimiento, de tal manera que podamos registrarlo para un análisis posterior. Existen algunos tipos de observación, pero para el proyecto nos enfocamos en un tipo de observación específica, observación de campo. Con ello se pretende visitar los diferentes patios de contenedores vacíos para entender el proceso de recepción y observar cuales son los tiempos de servicio a cada vehículo.

2.4. Softwares

- **Excel:** Utilizado para la elaboración del cronograma de actividades, análisis y tabulación de los datos obtenidos de la observación y aplicación de teoría de colas en el proceso de recepción de contenedores vacíos.
- **ProModel:** Utilizado para la simulación matemática del proceso de recepción de contenedores con diferentes escenarios.
- **Minitab:** Utilizado para el análisis, tabulación y determinar el tipo de distribución que siguen los datos obtenidos de la observación.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Prueba de bondad de ajuste

Para el proyecto se realizó una prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrado (X^2) para los siguientes tiempos:

- Tiempo de arribo de los vehículos con contenedores vacíos
- Tiempo de inspección de contenedores.
- Tiempo de movilización del contenedor por el montacargas

El tiempo de arribo de los vehículos con contenedores vacíos sigue una distribución exponencial y el resto de los tiempos de servicio sigue una distribución uniforme.

3.2. Descripción del modelo de simulación

De acuerdo con la problemática establecida de mejorar la operatividad y eficiencia de los patios de contenedores vacíos de Guayaquil en la vía Perimetral, se realizó la toma de tiempos para posteriormente obtener las distribuciones de probabilidad de cada una de las estaciones establecidas en el modelo.

El objetivo de este modelo es detectar cuáles son los factores que influyen en las largas filas de vehículos estacionados en la vía Perimetral en los alrededores de los patios, para posteriormente realizar un análisis con diferentes escenarios y poder determinar cuál de ellos es más factible y rentable.

3.3. Desarrollo de la simulación

La situación actual de los patios de contenedores se puede demostrar mediante el siguiente gráfico:

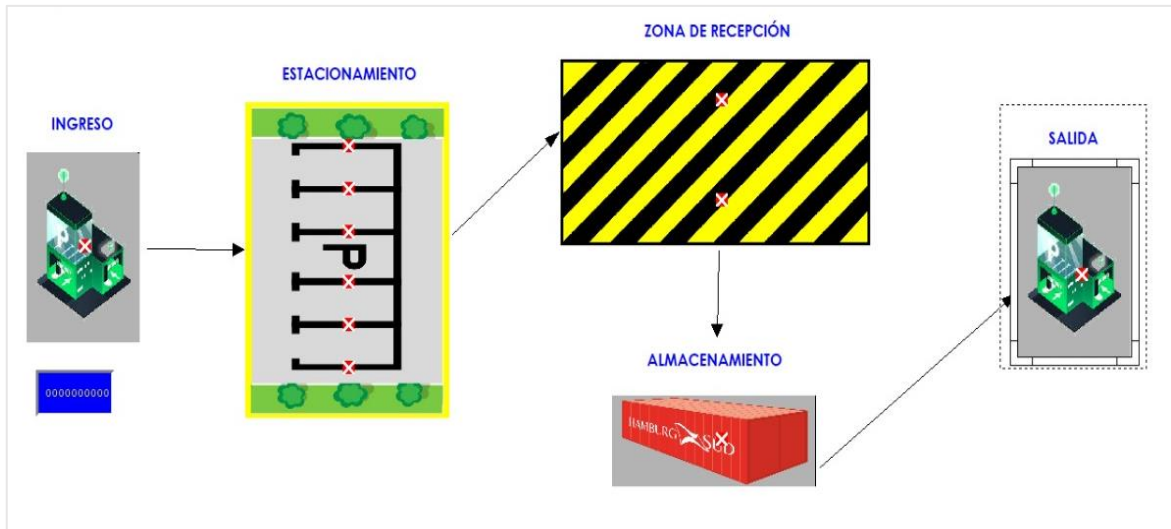


Figura 3-1. Diseño del modelo de simulación

3.4. Tiempo de llegada

De acuerdo con el resultado obtenido al emplear la prueba de bondad de ajuste se obtuvo que el tiempo medio de llegada de una muestra de 67 datos es de 10 minutos con una distribución exponencial.

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency
CAMION	INGRESO	1		inf	e(10.1)

Figura 3-2. Tiempo de llegada en Promodel

3.5. Tiempo de inspección de contenedores vacíos

El tiempo de inspección de contenedores vacíos sigue una distribución uniforme (20,35) minutos/contenedor.

Entity...	Location...	Operation...
CAMION	INGRESO	
CAMION	PARQUEO	
CAMION	ZONA	get OPERARIO wait u(20,35) free OPERARIO
CAMION	ALMACENAMIENTO	get MONTACARGA
CAMION	SALIDA	

Figura 3-3 Tiempo de servicio de inspección en Promodel

3.6. Tiempo de movilización de contenedores vacíos

El tiempo de inspección de contenedores vacíos sigue una distribución uniforme (5,9) minutos/contenedor.

Entity...	Location...	Operation...
CAMION	INGRESO	
CAMION	PARQUEO	
CAMION	ZONA	get OPERARIO
CAMION	ALMACENAMIENTO	get MONTACARGA wait u(5,9) free MONTACARGA
CAMION	SALIDA	

Figura 3-4 Tiempo de movilización de contenedores en Promodel

3.7. Tiempo de procesamiento

El horario de atención de los patios de contenedores según lo establecido en la Ordenanza Municipal es 24/7, lo que representa 168 horas. Este proceso se repetirá 137 veces, permitiendo así tener una confiabilidad de los datos de un 95% con un error del 5%.

3.8. Resultados del escenario actual

Para el siguiente escenario el tiempo de llegada de los vehículos sigue una distribución exponencial de 10 minutos, el tiempo de inspección sigue una distribución uniforme (20,35) y el tiempo de movilización de contenedores vacíos sigue una distribución uniforme (5,9). En este caso la cantidad de recursos utilizados para este escenario será de 2 operarios y 1 montacargas.

3.8.1. Análisis del tiempo de arribo

La cantidad de vehículos de carga pesada que ingresan al patio durante una semana de trabajo es de 1008.

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacit y	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
INGRESO	Avg	168	9999	1008	783	79	190	187	0
INGRESO	Min	168	9999	937	385	36	105	105	0
INGRESO	Max	168	9999	1124	1225	134	309	308	0
INGRESO	95% C.I....	168	9999	1002	752	75	184	181	0
INGRESO	95% C.I....	168	9999	1013	813	82	197	194	0

Figura 3-5 Resultado en Promodel del tiempo de arribo - Escenario actual

- Cantidad de vehículos atendidos 781 a la semana.
- Cantidad de mínima de vehículos en cola: 105
- Cantidad promedio de vehículos en cola: 190
- Cantidad máxima de vehículos en cola: 309
- Tiempo mínimo de vehículos en el sistema: 709 minutos

- Tiempo promedio de vehículos en el sistema: 1146 minutos
- Tiempo máximo de vehículos en el sistema: 1587 minutos

Name	Replication	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
CAMION	Avg	781	227	1146	4	682	27	433
CAMION	Min	740	144	709	4	328	25	347
CAMION	Max	821	348	1587	4	1089	29	468
CAMION	95% C.I. Low	778	221	1114	4	653	27	429
CAMION	95% C.I. High	784	233	1178	4	712	27	436

Figura 3-6 Resultado en Promodel del tiempo promedio y máximo en el sistema – Escenario actual

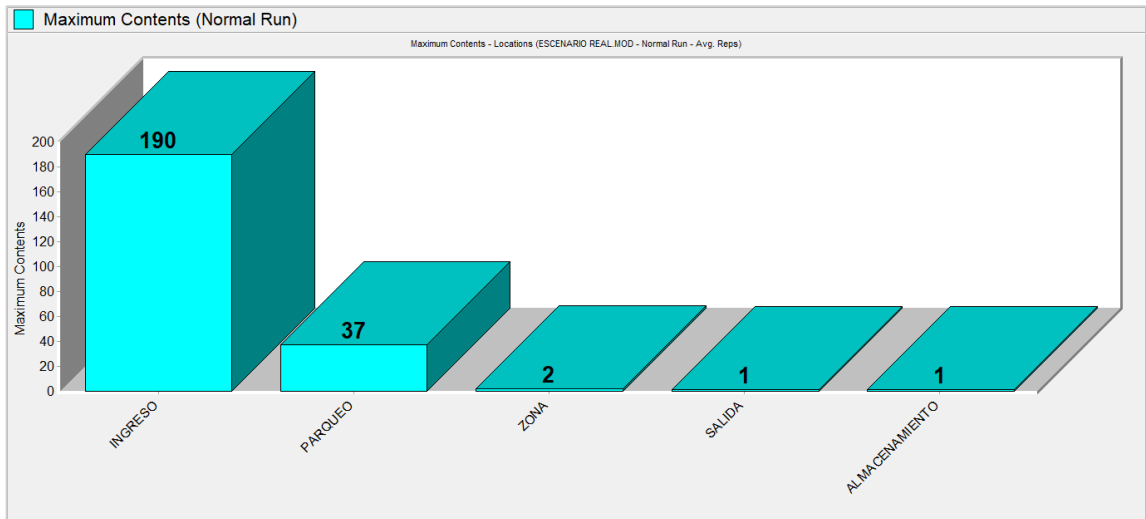


Figura 3-7 Resultado en Promodel del número de vehículos en cola - Escenario actual

3.8.2. Análisis del proceso de inspección de contenedores

- Cantidad de contenedores inspeccionados: 781 a la semana.
- Cantidad de contenedores en proceso de inspección: 2
- Cantidad mínima de contenedores en proceso de inspección: 1
- Cantidad promedio de contenedores en proceso de inspección: 2
- Cantidad máxima de contenedores en procesos de inspección: 2
- Tiempo mínimo de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 23 minutos
- Tiempo promedio de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 25 minutos
- Tiempo máximo de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 26 minutos

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
ZONA	Avg	168	2	783	25	2	2	2	96
ZONA	Min	168	2	743	23	2	2	1	94
ZONA	Max	168	2	824	26	2	2	2	96
ZONA	95% C.I....	168	2	780	25	2	2	2	96
ZONA	95% C.I....	168	2	786	25	2	2	2	96

Figura 3-8 Resultado en Promodel del proceso de inspección de contenedores - Escenario actual

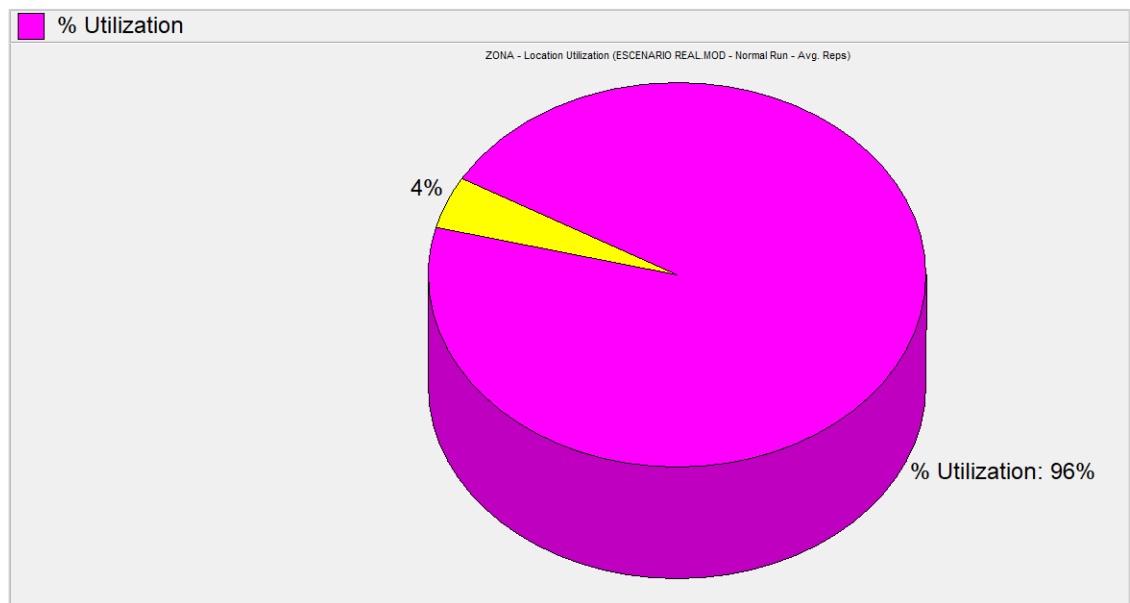


Figura 3-9 Resultado en Promodel del porcentaje de utilización de la zona de inspección - Escenario actual

- Porcentaje de utilización de la zona de inspección: 96%

3.8.3. Análisis de ocupación de recursos

Montacargas

- Porcentaje de utilización: 42%
- Cantidad mínima de contenedores atendidos por el montacarga: 741 contenedores.
- Cantidad promedio de contenedores atendidos por el montacarga: 781 contenedores.
- Cantidad máxima de contenedores atendidos por el montacarga: 822 contenedores.
- Tiempo mínimo de uso del montacarga: 5 minutos.
- Tiempo promedio de uso del montacarga: 5 minutos.
- Tiempo máximo de uso del montacarga: 6 minutos.

Name	Replication	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	% Utilization
MONTACARGA	Avg	1	168	781	5	42
MONTACARGA	Min	1	168	741	5	39
MONTACARGA	Max	1	168	822	6	46
MONTACARGA	95% C.I. Low	1	168	778	5	42
MONTACARGA	95% C.I. High	1	168	784	5	42
OPERARIO.1	Avg	1	168	391	22	84
OPERARIO.1	Min	1	168	352	19	81
OPERARIO.1	Max	1	168	428	24	86
OPERARIO.1	95% C.I. Low	1	168	389	21	84
OPERARIO.1	95% C.I. High	1	168	394	22	84
OPERARIO.2	Avg	1	168	392	22	84
OPERARIO.2	Min	1	168	343	20	81
OPERARIO.2	Max	1	168	420	25	86
OPERARIO.2	95% C.I. Low	1	168	389	21	84
OPERARIO.2	95% C.I. High	1	168	395	22	84
OPERARIO	Avg	2	336	783	22	84
OPERARIO	Min	2	336	743	20	81
OPERARIO	Max	2	336	824	23	86
OPERARIO	95% C.I. Low	2	336	780	21	84
OPERARIO	95% C.I. High	2	336	786	22	84

Figura 3-10 Resultados en Promodel de los recursos - Escenario actual

Operarios

- Porcentaje de utilización: 84 %
- Cantidad mínima de contenedores atendidos por los operarios: 743 contenedores.
- Cantidad promedio de contenedores atendidos por los operarios: 783 contenedores.
- Cantidad máxima de contenedores atendidos por los operarios: 824 contenedores
- Tiempo mínimo de uso de los operarios: 20 minutos.
- Tiempo promedio de uso de los operarios: 22 minutos.
- Tiempo máximo de uso de los operarios: 23 minutos.

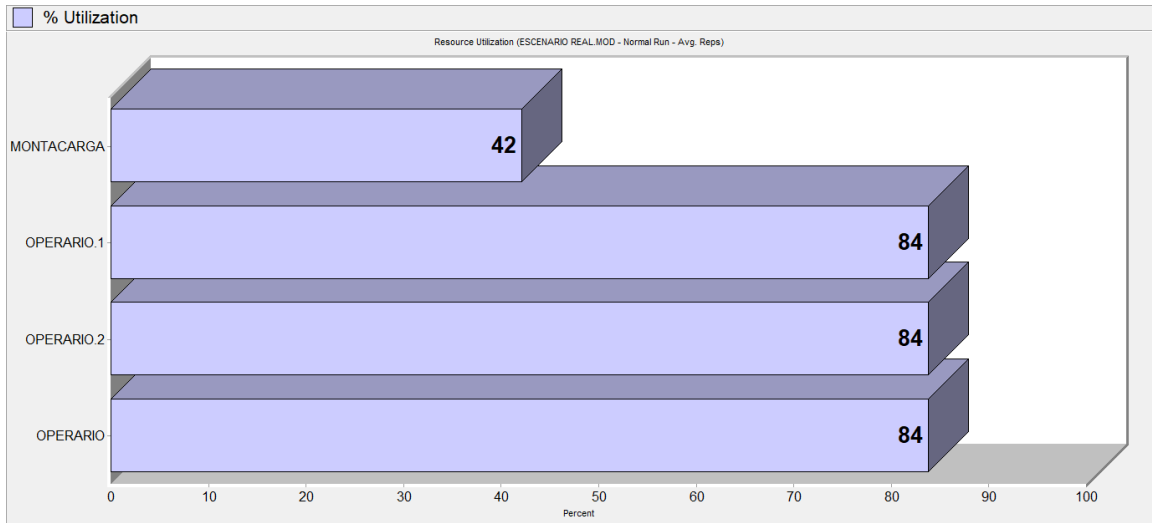


Figura 3-11 resultados en Promodel del porcentaje de utilización de los recursos - Escenario actual

3.9. Resultados de escenario 1

Para el siguiente escenario el tiempo de llegada de los vehículos sigue una distribución exponencial de 10 minutos, el tiempo de inspección sigue una distribución uniforme (20,35) y el tiempo de movilización de contenedores vacíos sigue una distribución uniforme (5,9). En este caso la cantidad de recursos utilizados para este escenario será de 3 operarios y 2 montacargas.

3.9.1. Análisis del tiempo de arribo

La cantidad de vehículos de carga pesada que ingresan al patio durante una semana de trabajo es de 1009.

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
NGRESO	Avg	168	999999	1009	0	0	1	0	0
NGRESO	Min	168	999999	943	0	0	1	0	0
NGRESO	Max	168	999999	1099	0	0	1	0	0
NGRESO	95% C.I. L	168	999999	1003	0	0	1	0	0
NGRESO	95% C.I. ...	168	999999	1014	0	0	1	0	0

Figura 3-12 Resultado en Promodel del tiempo de arribo - Escenario 1

- Cantidad de vehículos atendidos 1004 a la semana.
- Cantidad de mínima de vehículos en cola: 1.
- Cantidad promedio de vehículos en cola: 1.
- Cantidad máxima de vehículos en cola: 1.
- Tiempo mínimo de vehículos en el sistema: 39 minutos.
- Tiempo promedio de vehículos en el sistema: 78 minutos.
- Tiempo máximo de vehículos en el sistema: 72 minutos.

Name	Replication	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
CAMION	Avg	1004	5	48	4	0	27	17
CAMION	Min	940	0	39	4	0	26	9
CAMION	Max	1094	14	72	4	0	29	39
CAMION	95% C.I. L	999	4	47	4	0	27	16
CAMION	95% C.I. ...	1010	5	49	4	0	27	18

Figura 3-13 Resultado en Promodel del tiempo promedio y máximo en el sistema – Escenario 1

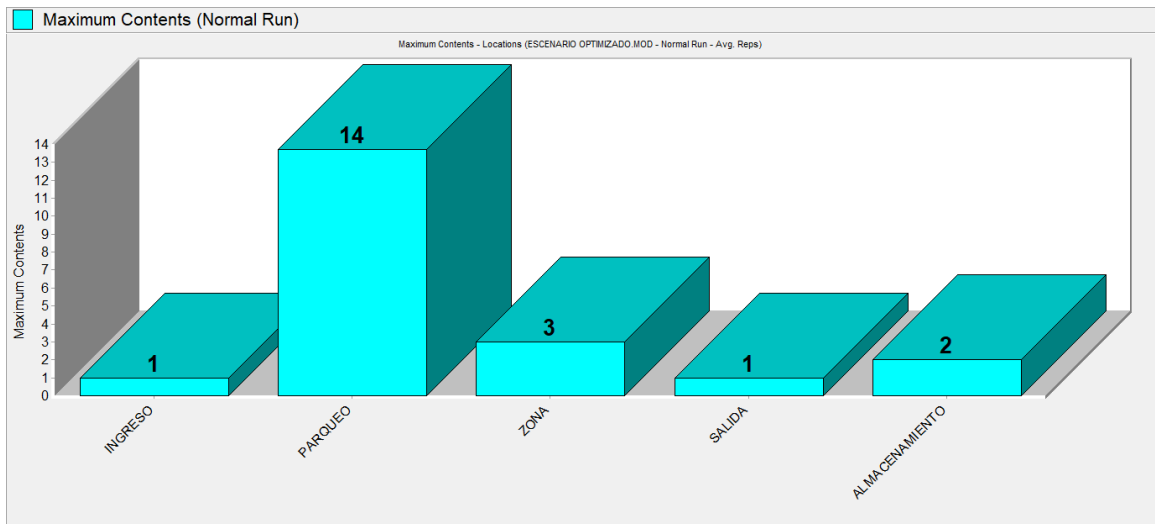


Figura 3-14 Resultado en Promodel del número de vehículos en cola - Escenario 1

3.9.2. Análisis del proceso de inspección de contenedores

- Cantidad de contenedores inspeccionados: 991
- Cantidad de contenedores en proceso de inspección: 3
- Cantidad mínima de contenedores en proceso de inspección: 3
- Cantidad promedio de contenedores en proceso de inspección: 3
- Cantidad máxima de contenedores en procesos de inspección: 3
- Tiempo mínimo de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 18 minutos
- Tiempo promedio de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 19 minutos
- Tiempo máximo de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 20 minutos

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacit y	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
ZONA	Min	168	3	943	21	2	3	0	66
ZONA	Max	168	3	1097	24	2	3	3	83
ZONA	95% C.I. L	168	3	1002	22	2	3	2	73
ZONA	95% C.I. ...	168	3	1013	22	2	3	2	74

Figura 3-15 Resultado en Promodel del proceso de inspección de contenedores - Escenario 1

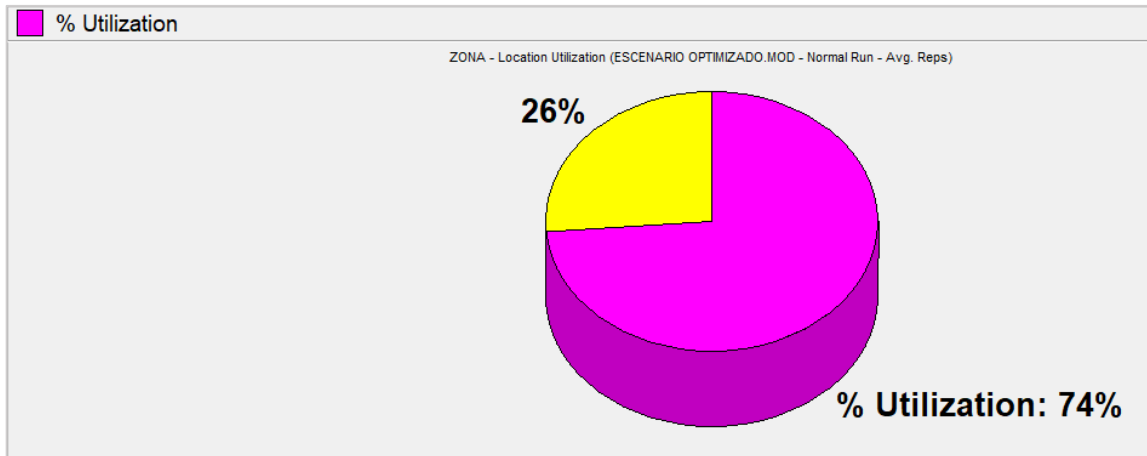


Figura 3-16 Resultado en Promodel del porcentaje de utilización de la zona de inspección - Escenario 1

- Porcentaje de utilización de la zona de inspección: 74%

3.9.3. Análisis de ocupación de recursos

Montacargas

- Porcentaje de utilización: 27%
- Cantidad mínima de contenedores atendidos por el montacarga: 940
- Cantidad promedio de contenedores atendidos por el montacarga: 1005
- Cantidad máxima de contenedores atendidos por el montacarga: 1094
- Tiempo mínimo de uso del montacarga: 5 minutos
- Tiempo promedio de uso del montacarga: 5 minutos
- Tiempo máximo de uso del montacarga: 6 minutos

Name	Replication	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	% Utilization
MONTACARGA	Avg	2	336	1005	5	27
MONTACARGA	Min	2	336	940	5	25
MONTACARGA	Max	2	336	1094	6	30
MONTACARGA	95% C.I. L	2	336	999	5	27
MONTACARGA	95% C.I. ...	2	336	1010	5	27

Figura 3-17 Resultado en Promodel del montacarga - Escenario 1

Operarios

- Porcentaje de utilización: 72 %
- Cantidad mínima de contenedores atendidos por los operarios: 943.
- Cantidad promedio de contenedores atendidos por los operarios: 1007.
- Cantidad máxima de contenedores atendidos por los operarios: 1097.
- Tiempo mínimo de uso de los operarios: 20 minutos.
- Tiempo promedio de uso de los operarios: 22 minutos.

- Tiempo máximo de uso de los operarios: 23 minutos.

Name	Replication	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	% Utilization
OPERARIO	Avg	3	504	1007	22	72
OPERARIO	Min	3	504	943	20	65
OPERARIO	Max	3	504	1097	23	80
OPERARIO	95% C.I. L	3	504	1002	21	71
OPERARIO	95% C.I. ...	3	504	1013	22	72

Figura 3-18 Resultado en Promodel del operario - Escenario 1

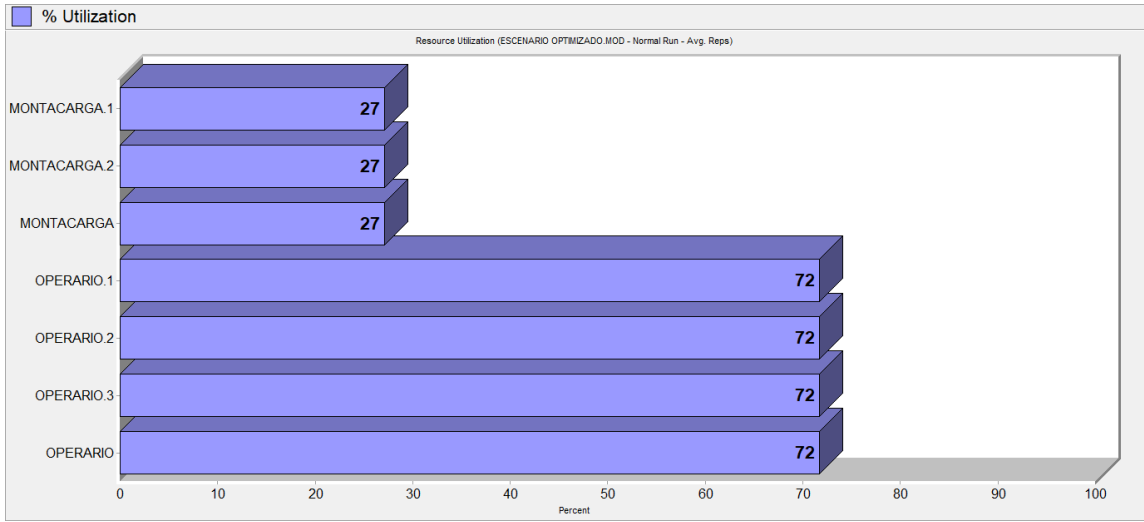


Figura 3-19 Resultados en Promodel del porcentaje de utilización de los recursos - Escenario 1

3.10. Resultados de escenario 2

Para el siguiente escenario se modificó el tiempo de llegada de los vehículos, inicialmente seguía una distribución exponencial de 10 minutos y ahora en el escenario de la segunda propuesta el tiempo de llegada seguirá una distribución exponencial de 15 minutos. La cantidad de recursos utilizados para este escenario será de 2 operarios y 1 montacargas.

3.10.1. Análisis del tiempo de arribo

La cantidad de vehículos de carga pesada que ingresan al patio durante una semana de trabajo es de 675.

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
INGRESO	Avg	168	999999	675	0	0	1	0	0
INGRESO	Min	168	999999	580	0	0	1	0	0
INGRESO	Max	168	999999	739	0	0	1	0	0
INGRESO	95% C.I. Low	168	999999	670	0	0	1	0	0
INGRESO	95% C.I. High	168	999999	679	0	0	1	0	0

Figura 3-20 Resultado en Promodel del tiempo de arribo - Escenario 2

- Cantidad de vehículos atendidos: 668 a la semana.

- Cantidad de mínima de vehículos en cola: 1.
- Cantidad promedio de vehículos en cola: 1.
- Cantidad máxima de vehículos en cola: 1.
- Tiempo mínimo de vehículos en el sistema: 43 minutos.
- Tiempo promedio de vehículos en el sistema: 61 minutos.
- Tiempo máximo de vehículos en el sistema: 97 minutos.

Name	Replication	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
CAMION	Avg	669	5	79	4	0	27	48
CAMION	Min	575	0	50	4	0	24	19
CAMION	Max	734	27	137	4	0	29	105
CAMION	95% C.I. L	665	5	76	4	0	27	45
CAMION	95% C.I. ...	673	6	82	4	0	27	51

Figura 3-21 Resultado en Promodel del tiempo promedio y máximo en el sistema – Escenario 2

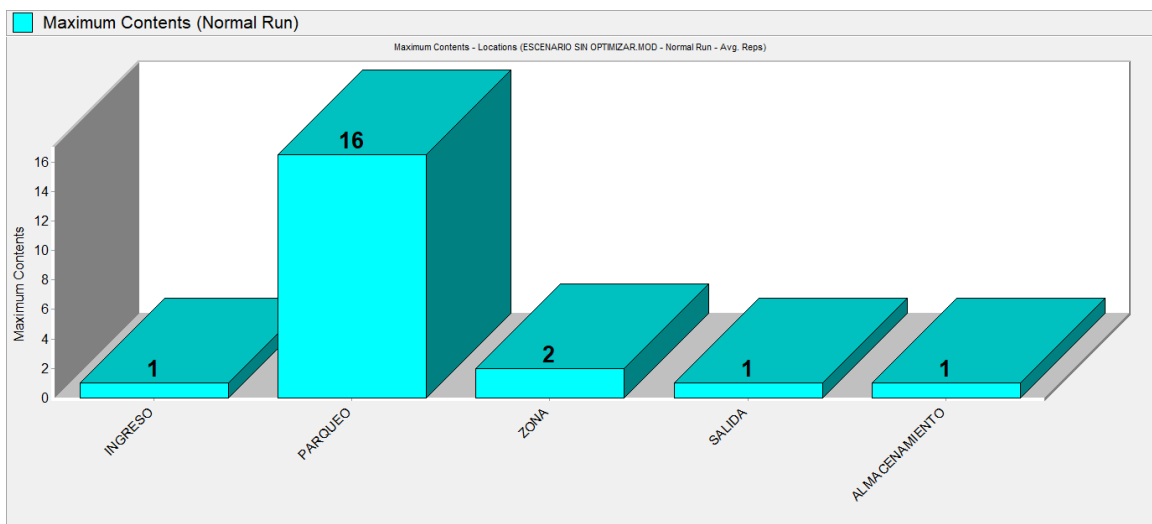


Figura 3-22 Resultado en Promodel del número de vehículos en cola - Escenario 2

3.10.2. Análisis del proceso de inspección de contenedores

- Cantidad de contenedores inspeccionados: 670
- Cantidad de contenedores en proceso de inspección: 2
- Cantidad mínima de contenedores en proceso de inspección: 2
- Cantidad promedio de contenedores en proceso de inspección: 2
- Cantidad máxima de contenedores en procesos de inspección: 2
- Tiempo mínimo de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 20 minutos

- Tiempo promedio de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 22 minutos
- Tiempo máximo de permanencia del contenedor mientras es inspeccionado: 24 minutos

Name	Replication	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
ZONA	Avg	168	2	671	24	2	2	2	80
ZONA	Min	168	2	578	22	1	2	0	68
ZONA	Max	168	2	737	26	2	2	2	90
ZONA	95% C.I. Low	168	2	667	24	2	2	1	79
ZONA	95% C.I. High	168	2	676	24	2	2	2	81

Figura 3-23 Resultado en Promodel del proceso de inspección de contenedores - Escenario 2

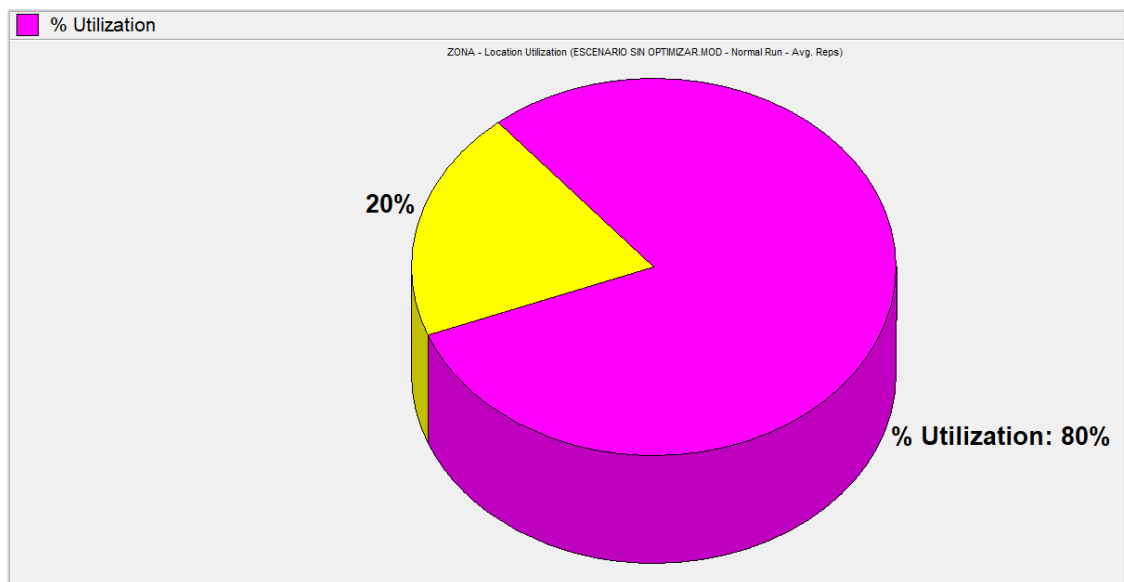


Figura 3-24 Resultado en Promodel del porcentaje de utilización de la zona de inspección - Escenario 2

- Porcentaje de utilización de la zona de inspección: 80%

3.10.3. Análisis de ocupación de recursos

Montacargas

- Porcentaje de utilización: 36%
- Cantidad mínima de contenedores atendidos por el montacarga: 576.
- Cantidad promedio de contenedores atendidos por el montacarga: 670.
- Cantidad máxima de contenedores atendidos por el montacarga: 735.
- Tiempo mínimo de uso del montacarga: 5 minutos
- Tiempo promedio de uso del montacarga: 5 minutos
- Tiempo máximo de uso del montacarga: 6 minutos

Name	Replication	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	% Utilization
MONTACARGA	Avg	1	168	670	5	36
MONTACARGA	Min	1	168	576	5	29
MONTACARGA	Max	1	168	735	6	41
MONTACARGA	95% C.I. L	1	168	666	5	36
MONTACARGA	95% C.I. ...	1	168	674	5	36
OPERARIO.1	Avg	1	168	337	21	71
OPERARIO.1	Min	1	168	296	19	61
OPERARIO.1	Max	1	168	380	25	79
OPERARIO.1	95% C.I. L	1	168	334	21	71
OPERARIO.1	95% C.I. ...	1	168	340	22	72
OPERARIO.2	Avg	1	168	334	22	71
OPERARIO.2	Min	1	168	282	19	61
OPERARIO.2	Max	1	168	378	24	80
OPERARIO.2	95% C.I. L	1	168	332	21	71
OPERARIO.2	95% C.I. ...	1	168	337	22	72
OPERARIO	Avg	2	336	671	21	71
OPERARIO	Min	2	336	578	19	61
OPERARIO	Max	2	336	737	23	79
OPERARIO	95% C.I. L	2	336	667	21	71
OPERARIO	95% C.I. ...	2	336	676	22	72

Figura 3-25 Resultados en Promodel de los recursos - Escenario 2

Operarios

- Porcentaje de utilización: 71%
- Cantidad mínima de contenedores atendidos por los operarios: 578.
- Cantidad promedio de contenedores atendidos por los operarios: 671.
- Cantidad máxima de contenedores atendidos por los operarios: 737.
- Tiempo mínimo de uso de los operarios: 19 minutos.
- Tiempo promedio de uso de los operarios: 21 minutos.
- Tiempo máximo de uso de los operarios: 23 minutos.

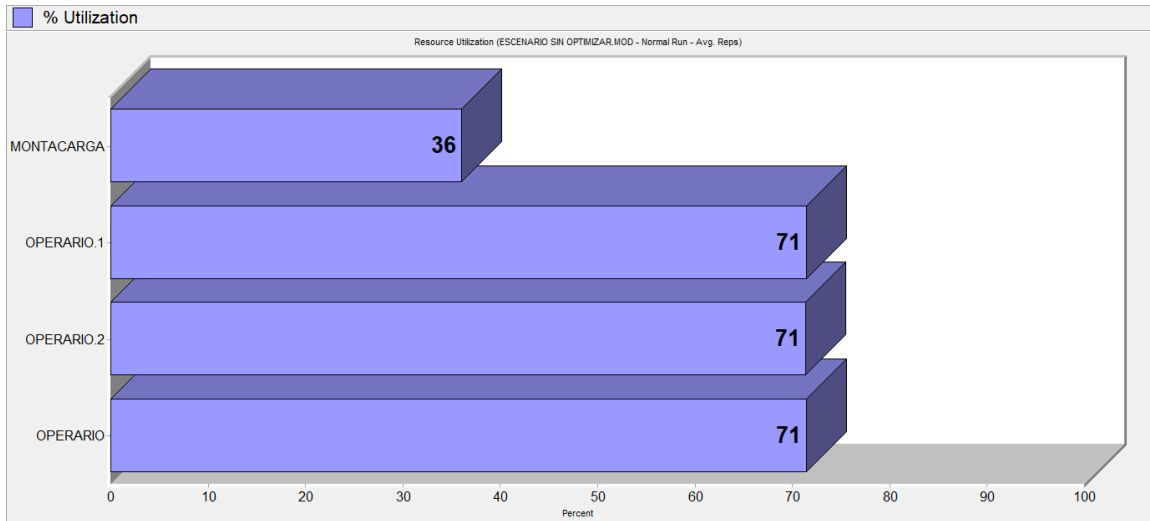


Figura 3-26 Resultados en Promodel del porcentaje de utilización de los recursos - Escenario 2

3.11. Costos asociados

Para los costos asociados se lo hará en base al escenario actual para posteriormente hacer una comparación de costos con los diferentes escenarios. A partir de una muestra de 137 datos se realizó un análisis estadístico con un 95% de confianza y un error del 5% para obtener el intervalo de vehículos en cola diariamente, dando como resultado:

Tabla 3-1 Análisis estadístico del número de vehículos en cola - Escenario actual

Media	190	
Desviación	38	
N	137	
Confianza	95	
Alfa	0,05	
Z	1,9600	
184	INTERVALO	196

- Cantidad promedio de vehículos en cola:190.
- Cantidad mínima de vehículos en cola: 184.
- Cantidad máxima de vehículos en cola: 196.

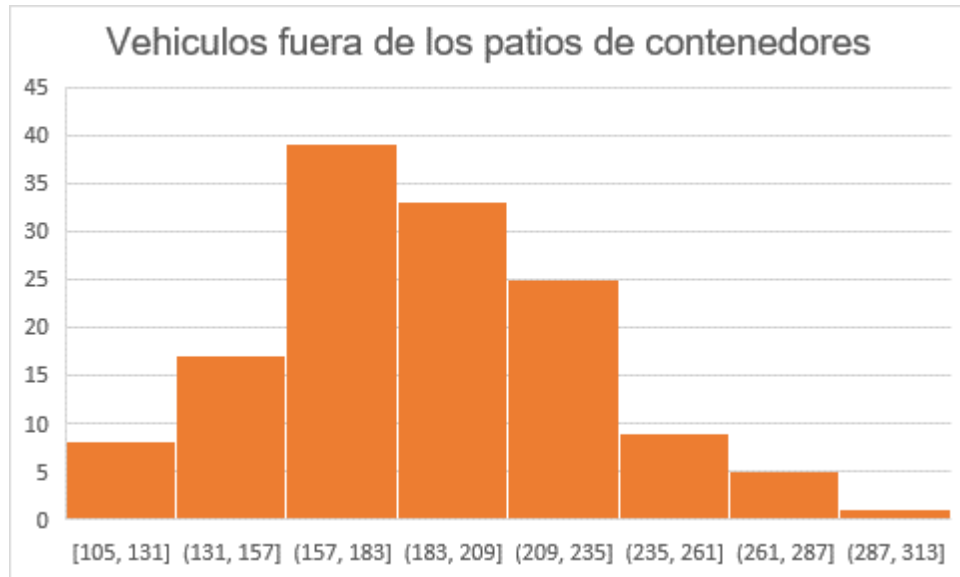


Figura 3-27 Histograma del número de vehículos en cola – Escenario actual

De acuerdo con la Ordenanza Municipal (Gaceta #65 – 2017) expedida por el Concejo Cantonal y la ATM aplica, indica que los vehículos de carga pesada que se estacionen en sitios no autorizados causando tráfico deberán pagar una multa de \$772 dólares americanos.

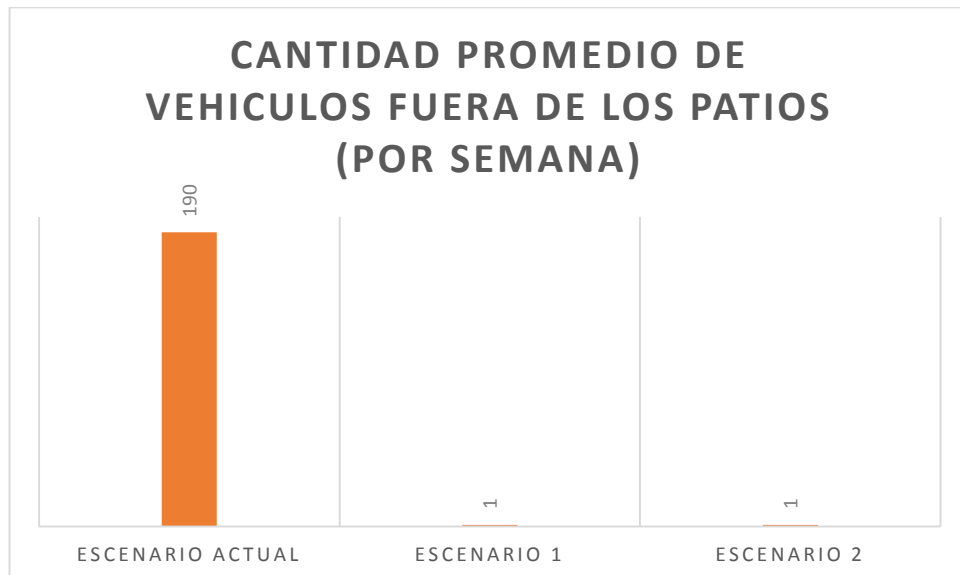


Figura 3-28 Grafico del número diario de vehículos en cola en los diferentes escenarios

Tabla 3-2 Comparación de costos de los diferentes escenarios

	ANTES		DESPUÉS	
Escenarios	Escenario actual	Escenario 1	Escenario 2	
Multa	\$772,00	\$772,00	\$772,00	
Cantidad de vehículos fuera de los patios	190	0	0	
Costo semanal	\$145.908,00	\$0,00	\$0,00	

En la tabla se muestra cuáles son los valores semanales que deben cubrir los dueños de flotas de vehículos, en promedio el costo por multas de tránsito es de 146 mil dólares americanos. Con los dos escenarios propuestos se puede evidenciar en la Figura 3-28 que el número diario de vehículos se reduce en su totalidad, generando un balance tanto para los patios de contenedores y transportistas.

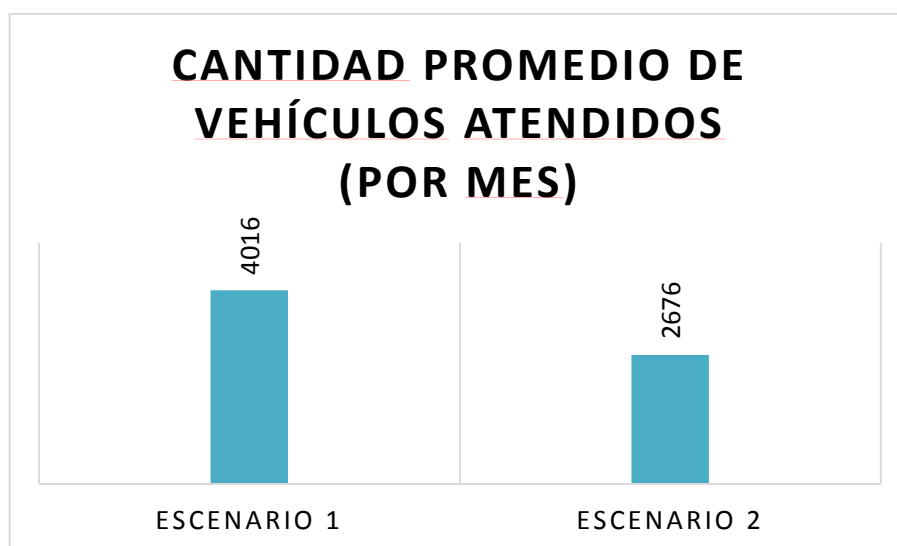


Figura 3-29 Cantidad promedio de vehículos atendidos por mes

Para cuantificar cuál de los escenarios propuestos es el más viable, en la tabla 3-3 se muestra un análisis de costo/ utilidad, los datos utilizados fueron tomados de tabla de salarios mínimos sectoriales emitida por el Ministerio del Trabajo (Laboral, 2018) en el cual se estipula que el salario de un inspector de contenedores es de \$500, mientras que el de un operario de portacontenedores es de \$400. Para el escenario 1 se requiere el alquiler de un montacarga Reach Stacker que tiene un costo de \$57.600 mensuales.

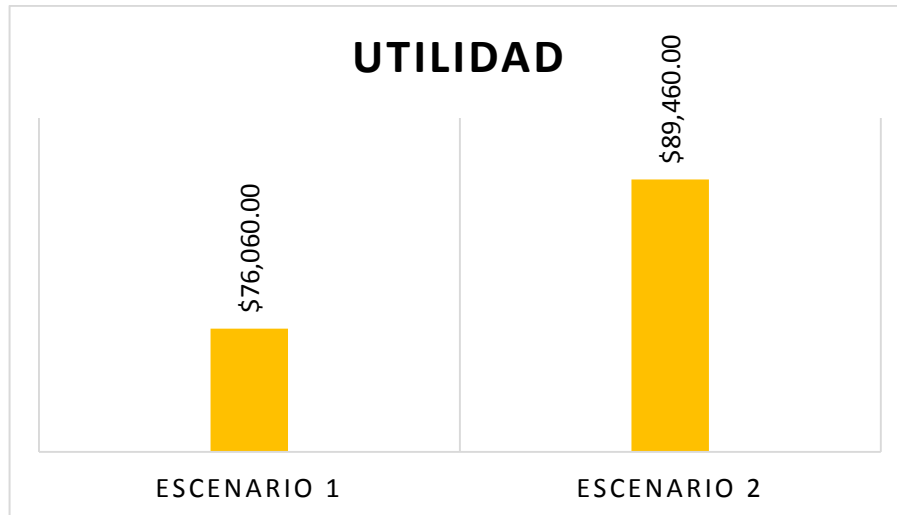


Figura 3-30 Utilidad de los diferentes escenarios

Tabla 3-3 Costo/Utilidad de los escenarios propuestos

COSTOS	N°	ESCENARIO 1	N°	ESCENARIO 2
Servicio (\$35)	4016	(+) \$140.560,00	2676	(+) \$93.660,00
Sueldo operario (\$500)	9	(-) \$4.500,00	6	(-) \$3.000,00
Sueldo montacarguista (\$400)	6	(-) \$2.400,00	3	(-) \$1.200,00
Alquiler de R.S (\$57,600)	1	(-) \$57.600,00	0	(-) \$0,00
Utilidad		\$76.060,00		\$89.460,00

A partir de estos datos se realizó los respectivos cálculos para cada uno de los escenarios, donde se evidencia que el escenario 2 tiene una mayor utilidad que el escenario 1.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Existe evidencia estadística que el sistema actual de turnos no es el adecuado, ya que la cantidad promedio de arribos es de 144 vehículos/día y la cantidad promedio de vehículos atendidos es de 104 vehículos/día, es decir, la demanda de vehículos es mucho mayor a la que normalmente un patio puede atender, por cual se generen colas de vehículos fuera de los patios y se tiene un sistema con tendencia al colapso.
- Según los resultados del escenario 1, se comprobó que hubo mejora y cumplimiento del objetivo del servicio de recepción en el patio de contenedores vacíos. Este escenario, se analizó con los mismos parámetros que el escenario actual, pero con una variación en la cantidad de recursos, se agregó un inspector, un operador de montacarga y el alquiler de un montacarga. Dando como resultado que la cantidad promedio de vehículos atendidos (157 vehículos/hora) es mayor a la cantidad promedio de arribos (144 vehículos/hora).
- Según los resultados del escenario 2, se constató que hubo una eliminación de la longitud de cola y reducción en los tiempos de espera. Este escenario, se analizó con los mismos parámetros que el escenario actual, pero con una variación en el tiempo de arribo, paso de 6 vehículos/hora a 4 vehículos/hora. Dando como resultado que la cantidad promedio de vehículos atendidos (105 vehículos/hora) es mayor a la cantidad promedio de arribos (96 vehículos/hora).
- Se logró a través de los resultados obtenidos por la simulación determinar las necesidades de los patios de contenedores para generar una fluidez dentro de la recepción de contenedores vacíos.
- Este proyecto demuestra que a través de simulación matemática se puede resolver la problemática de vehículos estacionados fuera de los patios de contenedores.

4.2. Recomendaciones

- Brindar a los clientes diferentes medios pagos para agilizar el cobro del servicio, con el fin de no retrasar el proceso de recepción de contenedores.
- Desarrollar una cultura logística a los clientes internos y externos basados en la organización y disciplina que ayude a tener los procesos óptimos, instruyendo así tanto a las compañías de transporte como los patios de contenedores para que cumplan con el nivel de servicio deseado.
- Elaborar políticas para la recepción de contenedores, como cumplir con la documentación necesaria para la devolución del contenedor caso contrario el cliente perderá su turno, el uso obligatorio de equipos de protección personal para ingresar a los patios, entre otros, las cuales permitan tener un mayor control sobre la operación.
- Crear un manual de procedimientos, el cual sea una herramienta de apoyo para mejorar la operatividad y eficiencia, sirviendo como un instrumento de medición que permita asegurar la calidad y técnicas del proceso.
- Implementar un tracking en línea para que el cliente pueda visualizar el proceso de recepción y a su vez enviar una notificación al cliente cuando el servicio concluya exitosamente.
- Crear estrategias de difusión de contenido sobre novedades relevantes que puedan repercutir en la recepción de contenedores a través de plataformas web, redes sociales y correo electrónico que permita llegar de forma más rápida a los clientes, compañías de transporte y navieras.
- Según los resultados obtenidos en las simulaciones desarrolladas, el escenario 2 se considera la mejor opción ya que cumple con el objetivo de no tener vehículos fuera de los patios y produce una mayor utilidad en comparación al escenario 1.

BIBLIOGRAFÍA

- Garcia, E. (2006). *Simulación y análisis de problemas con Promodel*. Pearson.
- Laboral, M. (Enero de 2018). *Ecuador Legal Online*. Obtenido de Ecuador Legal Online:
https://drive.google.com/file/d/1lpnXi5_c72WTOpPwHcBjd6Grt8qDKbCo/view
- Lieberman, G. (2010). *Investigación de Operaciones*. Mc Graw Hill.
- Montenegro, E. P. (2016). *Repositorio Universidad del Pacifico*. Obtenido de Repositorio Universidad del Pacifico:
http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1149/Ang%C3%A9lica_Tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paca, C. (2016). *Repositorio de ESPOL*. Obtenido de Repositorio de ESPOL:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/34377?show=full>
- Pesado, F. N. (30 de Mayo de 2018). *Federacion Nacional de Transporte Pesado*. Obtenido de Federacion Nacional de Transporte Pesado:
http://www.fenatrape.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=237:los-patios-de-contenedores-vacios-del-puerto-principal-atenderan-24-7&Itemid=153
- Silva, M. (2016). *Repositorio de la Universidad Santa María - Chile*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Santa María - Chile:
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/13983/3560900231441UTFSM.pdf?sequence=1>

ANEXOS

ANEXO A

MUESTRA DE DATOS TOMADA EL VIERNES 6 DE JULIO 2018			
VEHICULO	HORA DE INGRESO	MINUTOS DE ARRIBO	OBSERVACION
1	8:33:00	0:00:00	0
2	8:33:00	0:00:00	0
3	8:33:00	0:00:00	0
4	8:33:00	0:00:00	0
5	8:33:00	0:00:00	0
6	8:33:00	0:16:00	16
7	8:49:00	0:06:00	6
8	8:55:00	0:20:00	20
9	9:15:00	0:15:00	15
10	9:30:00	0:01:00	1
11	9:31:00	0:01:00	1
12	9:32:00	0:04:00	4
13	9:36:00	0:02:00	2
14	9:38:00	0:01:00	1
15	9:39:00	0:03:00	3
16	9:42:00	0:07:00	7
17	9:49:00	0:03:00	3
18	9:52:00	0:05:00	5
19	9:57:00	0:06:00	6
20	10:03:00	0:10:00	10
21	10:13:00	0:04:00	4
22	10:17:00	0:03:00	3
23	10:20:00	0:08:00	8
24	10:28:00	0:02:00	2
25	10:30:00	0:03:00	3
26	10:33:00	0:10:00	10
27	10:43:00	0:04:00	4
28	10:47:00	0:00:00	0
29	10:47:00	0:22:00	22
30	11:09:00	0:02:00	2
31	11:11:00	0:05:00	5
32	11:16:00	0:01:00	1
33	11:17:00	0:08:00	8
34	11:25:00	0:03:00	3
35	11:28:00	0:04:00	4
36	11:32:00	0:00:00	0
37	11:32:00	0:01:00	1
38	11:33:00	0:14:00	14
39	11:47:00	0:05:00	5
40	11:52:00	0:03:00	3

41	11:55:00	0:22:00	22
42	12:17:00	0:21:00	21
43	12:38:00	0:35:00	35
44	13:13:00	0:15:00	15
45	13:28:00	0:03:00	3
46	13:31:00	0:01:00	1
47	13:32:00	0:03:00	3
48	13:35:00	0:07:00	7
49	13:42:00	0:00:00	0
50	13:42:00	0:52:00	52
51	14:34:00	0:00:00	0
52	14:34:00	0:10:00	10
53	14:44:00	0:08:00	8
54	14:52:00	0:02:00	2
55	14:54:00	0:03:00	3
56	14:57:00	0:03:00	3
57	15:00:00	0:00:00	0
58	15:00:00	0:01:00	1
59	15:01:00	0:18:00	18
60	15:19:00	0:06:00	6
61	15:25:00	0:04:00	4
62	15:29:00	0:00:00	0
63	15:29:00	0:13:00	13
64	15:42:00	0:00:00	0
65	15:42:00	0:11:00	11
66	15:53:00	0:00:00	0
67	15:53:00	0:00:00	0
68	15:53:00	0:03:00	3
69	15:56:00	0:05:00	5
70	16:01:00	0:05:00	5
71	16:06:00	0:09:00	9
72	16:15:00	0:08:00	8
73	16:23:00	0:05:00	5
74	16:28:00	0:03:00	3
75	16:31:00	0:04:00	4
76	16:35:00	0:10:00	10
77	16:45:00	0:14:00	14
78	16:59:00	0:07:00	7
79	17:06:00	0:09:00	9
80	17:15:00	0:06:00	6
81	17:21:00	0:02:00	2
82	17:23:00	0:03:00	3
83	17:26:00	0:03:00	3
84	17:29:00	0:00:00	0

85	17:29:00	0:00:00	0
86	17:29:00	0:16:00	16
87	17:45:00	0:08:00	8
88	17:53:00	0:21:00	21
89	18:14:00	0:16:00	16
90	18:30:00	0:03:00	3
91	18:33:00	0:04:00	4
92	18:37:00	0:06:00	6
93	18:43:00	0:04:00	4
94	18:47:00	0:02:00	2
95	18:49:00	0:03:00	3
96	18:52:00	0:07:00	7
97	18:59:00	0:04:00	4

ANEXO B

MUESTRA DE DATOS TOMADA EL VIERNES 13 DE JULIO DEL 2018			
VEHICULO	HORA DE INGRESO	MINUTOS DE ARRIBO	OBSERVACION
1	8:15:00	0:00:00	0
2	8:16:00	0:01:00	1
3	8:18:00	0:02:00	2
4	8:20:00	0:02:00	2
5	8:25:00	0:05:00	5
6	8:45:00	0:20:00	20
7	8:48:00	0:03:00	3
8	8:53:00	0:05:00	5
9	8:54:00	0:01:00	1
10	8:55:00	0:01:00	1
11	8:57:00	0:02:00	2
12	8:59:00	0:02:00	2
13	9:03:00	0:04:00	4
14	9:07:00	0:04:00	4
15	9:11:00	0:04:00	4
16	9:16:00	0:05:00	5
17	9:25:00	0:09:00	9
18	9:36:00	0:11:00	11
19	9:47:00	0:11:00	11
20	9:52:00	0:05:00	5
21	10:07:00	0:15:00	15
22	10:23:00	0:16:00	16
23	10:42:00	0:19:00	19
24	10:47:00	0:05:00	5
25	10:57:00	0:10:00	10
26	11:16:00	0:19:00	19
27	11:34:00	0:18:00	18
28	11:39:00	0:05:00	5
29	12:04:00	0:25:00	25
30	12:26:00	0:22:00	22
31	12:29:00	0:03:00	3
32	13:01:00	0:32:00	32
33	13:04:00	0:03:00	3
34	13:07:00	0:03:00	3
35	13:11:00	0:04:00	4
36	13:18:00	0:07:00	7
37	13:50:00	0:32:00	32
38	13:56:00	0:06:00	6
39	13:58:00	0:02:00	2
40	14:00:00	0:02:00	2

41	14:12:00	0:12:00	12
42	14:12:00	0:00:00	0
43	14:13:00	0:01:00	1
44	14:24:00	0:11:00	11
45	14:34:00	0:10:00	10
46	14:48:00	0:14:00	14
47	15:11:00	0:23:00	23
48	15:14:00	0:03:00	3
49	15:17:00	0:03:00	3
50	15:21:00	0:04:00	4
51	15:22:00	0:01:00	1
52	15:24:00	0:02:00	2
53	15:25:00	0:01:00	1
54	15:44:00	0:19:00	19
55	15:57:00	0:13:00	13
56	16:12:00	0:15:00	15
57	16:34:00	0:22:00	22
58	16:54:00	0:20:00	20
59	16:58:00	0:04:00	4
60	17:17:00	0:19:00	19
61	17:24:00	0:07:00	7
62	17:32:00	0:08:00	8
63	17:37:00	0:05:00	5
64	17:37:04	0:00:04	0
65	17:38:38	0:01:34	2
66	17:41:22	0:02:44	3
67	17:43:30	0:02:08	2
68	17:48:36	0:05:06	5
69	18:09:23	0:20:47	21
70	18:13:22	0:04:00	4
71	18:18:32	0:05:10	5
72	18:19:51	0:01:19	1
73	18:21:38	0:01:46	2
74	18:24:09	0:02:31	3
75	18:27:00	0:02:51	3
76	18:31:06	0:04:06	4
77	18:35:48	0:04:43	5
78	18:39:59	0:04:11	4
79	18:45:02	0:05:03	5
80	18:54:30	0:09:29	9

ANEXO C

MUESTRA DE DATOS TOMADAS EL VIERNES 20 DE JULIO DEL 2018			
VEHICULO	HORA DE INGRESO	MINUTOS DE ARRIBO	OBSERVACIÓN
1	8:08:00	0:08:00	8
2	8:08:00	0:00:00	0
3	8:26:00	0:18:00	18
4	8:26:00	0:00:00	0
5	8:36:00	0:10:00	10
6	8:45:00	0:09:00	9
7	8:46:00	0:01:00	1
8	8:46:00	0:00:00	0
9	8:58:00	0:12:00	12
10	8:58:00	0:00:00	0
11	9:28:00	0:30:00	30
12	9:40:00	0:12:00	12
13	9:40:00	0:00:00	0
14	9:49:00	0:09:00	9
15	9:55:00	0:06:00	6
16	10:06:00	0:11:00	11
17	10:09:00	0:03:00	3
18	10:15:00	0:06:00	6
19	10:42:00	0:27:00	27
20	11:13:00	0:31:00	31
21	11:22:00	0:09:00	9
22	11:26:00	0:04:00	4
23	11:26:00	0:00:00	0
24	11:42:00	0:16:00	16
25	11:52:00	0:10:00	10
26	12:09:00	0:17:00	17
27	12:09:00	0:00:00	0
28	12:15:00	0:06:00	6
29	12:21:00	0:06:00	6
30	12:28:00	0:07:00	7
31	12:37:00	0:09:00	9
32	12:53:00	0:16:00	16
33	12:55:00	0:02:00	2
34	12:57:00	0:02:00	2
35	13:07:00	0:10:00	10
36	13:10:00	0:03:00	3
37	14:15:00	1:05:00	65
38	14:18:00	0:03:00	3
39	14:24:00	0:06:00	6
40	14:28:00	0:04:00	4

41	14:42:00	0:14:00	14
42	15:09:00	0:27:00	27
43	15:29:00	0:20:00	20
44	15:35:00	0:06:00	6
45	15:40:00	0:05:00	5
46	15:40:00	0:00:00	0
47	15:40:00	0:00:00	0
48	15:48:00	0:08:00	8
49	16:16:00	0:28:00	28
50	16:26:00	0:10:00	10
51	16:27:00	0:01:00	1
52	16:48:00	0:21:00	21
53	16:51:00	0:03:00	3
54	17:01:00	0:10:00	10
55	17:11:00	0:10:00	10
56	17:14:00	0:03:00	3
57	17:14:00	0:00:00	0
58	17:29:00	0:15:00	15
59	17:29:00	0:00:00	0
60	18:01:00	0:32:00	32
61	18:15:00	0:14:00	14
62	18:15:00	0:00:00	0
63	18:25:00	0:10:00	10
64	18:33:00	0:08:00	8
65	18:44:00	0:11:00	11
66	18:47:00	0:03:00	3
67	18:56:00	0:09:00	9

ANEXO D

Prueba de Bondad de Ajuste

Tiempo de llegada de vehículos al depósito de contenedores datos 6/Julio/2018

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE							
N	INTERVALOS DE CLASE		MARCA DE CLASE	fo	Fo	FE	(fo-FE) ² /FE
	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR					
1	0	4	2	36	36	10	67,6
2	4	8	6	17	53	10	4,9
3	8	12	10	8	61	10	0,4
4	12	16	14	5	66	10	2,5
5	16	20	18	7	73	10	0,9
6	20	24	22	4	77	10	3,6
7	24	28	26	1	78	10	8,1
8	28	32	30	2	80	10	6,4
SUMA				80			94,4

TIEMPO MEDIO DE ARRIBO 8
GRADOS DE LIBERTAD 7
X² TABLA 14,0671404
LAMBDA 0,13

ANEXO F

Prueba de Bondad de Ajuste

Tiempo de llegada de vehículos al depósito de contenedores datos 13/Julio/2018

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE							
N	INTERVALOS DE CLASE		MARCA DE CLASE	fo	Fo	FE	(fo-FE) ² /FE
	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR					
1	0	6,5	3,25	65	65	12,125	230,57861
2	6,5	13	9,75	17	82	12,125	1,96005
3	13	19,5	16,25	8	90	12,125	1,40335
4	19,5	26	22,75	5	95	12,125	4,18686
5	26	32,5	29,25	0	95	12,125	12,12500
6	32,5	39	35,75	1	96	12,125	10,20747
7	39	45,5	42,25	0	96	12,125	12,12500
8	45,5	52	48,75	1	97	12,125	10,20747
SUMA				97			282,79381

TIEMPO MEDIO DE ARRIBO 6
GRADOS DE LIBERTAD 7
X² TABLA 14,06714045
LAMBDA 0,15

ANEXO G

Prueba de Bondad de Ajuste

Tiempo de llegada de vehículos al depósito de contenedores datos 20/Julio/2018

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE							
N	INTERVALOS DE CLASE		MARCA DE CLASE	fo	Fo	FE	(fo-FE) ² /FE
	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR					
1	0	8,125	4,0625	35	35	8,375	84,64365672
2	8,125	16,25	12,1875	21	56	8,375	19,03171642
3	16,25	24,375	20,3125	4	60	8,375	2,285447761
4	24,375	32,5	28,4375	6	66	8,375	0,673507463
5	32,5	40,625	36,5625	0	66	8,375	8,375
6	40,625	48,75	44,6875	0	66	8,375	8,375
7	48,75	56,875	52,8125	0	66	8,375	8,375
8	56,875	65	60,9375	1	67	8,375	6,494402985
SUMA				67			138,2537313

TIEMPO MEDIO DE ARRIBO	10
GRADOS DE LIBERTAD	7
X ² TABLA	14,06714045
LAMBDA	0.10