



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial**

**ESTUDIO DE COLAS EN EL PROCESAMIENTO DE DESPACHO A CAMIONES
RUTEROS DE UNA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN DE BEBIDAS**

**Jorge Luis Gamas Velásquez
Asesorado por Inga. Sigrid Alitza Calderón De León**

Guatemala, agosto de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE COLAS EN EL PROCESAMIENTO DE DESPACHO A CAMIONES
RUTEROS DE UNA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN DE BEBIDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

**JORGE LUIS GAMAS VELÁSQUEZ
ASESORADO POR INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Pablo Fernando Hernández
EXAMINADOR	Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
EXAMINADOR	Ing. César Leonel Ovalle Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado

ESTUDIO DE COLAS EN EL PROCESAMIENTO DE DESPACHO A CAMIONES RUTEROS DE UNA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN DE BEBIDAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería mecánica Industrial con fecha 19 de enero de 2004.

Jorge Luis Gamas Velásquez

DEDICATORIA

- A Dios Por su amor y misericordia, por darme todo, no cuando más se lo pedí, sino cuando más lo necesité.
- A mis padres Jorge Humberto Gamas Castillo y Gloria Elizabeth Velásquez Hidalgo, por su amor y abnegación en todo momento, ejemplo que deseo dar a mis hijos.
- A mi esposa Claudia Yesenia Lara Girón de Gamas, por compartir nuestras vidas y darme su amor y apoyo siempre.
- A mis hijos Jorge Antonio y Kateryn Yesenia Gamas Lara, bendiciones que han sido mi inspiración de cambio en todo momento.
- A mis hermanos Víctor Eduardo y Carlos Humberto Gamas Velásquez, por su apoyo permanente, en las buenas y en las malas.
- A mis tías Aura Marina y Aracely Velásquez Hidalgo, por estar tan pendientes de mí, han sido como mi segunda madre.
- A mis abuelos Alicia Castillo, Víctor Velásquez, Marina Hidalgo (Q.E.P.D.) y Carlos Gamas (Q.E.P.D.), por ser ejemplos en mi vida.
- A mis amigos De Catarina, Quetzaltenango, y Guatemala, gracias por compartir momentos especiales.
- A mi familia en general

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. GENERALIDADES Y MARCO TEÓRICO	
1.1. Acerca de la empresa	01
1.1.1. Misión y Visión	01
1.1.2. Filosofía	02
1.2. Diversificación de productos	02
1.2.1. Cerveza, refrescos, agua pura y otros	02
1.3. Descripción de jornadas actuales de trabajo	03
1.3.1. Jornada matutina y mixta	03
1.4. Rutas de ventas	03
1.4.1. Rutas de preventa y autoventa	04
1.5. Modelos de teoría de colas	04
1.5.1. Estructura básica de los modelos de colas	05
1.5.2. Características de la población en busca de servicio	05
1.5.3. Distribución exponencial y de Poisson en la teoría de colas	08
1.5.4. Modelos de líneas de espera especializadas de poisson	09
1.5.5. Fórmulas del modelo 1 de poisson	10
1.5.6. Fórmulas del modelo 2 de poisson	11
1.5.7. Análisis económico de las líneas de espera	12

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

2.1.	Configuración actual de la empresa y sus instalaciones	17
2.2.	Organigrama general	17
2.3.	Organización actual de bodega	19
2.4.	Dimensiones generales de toda la bodega y pista de carga y descarga.	19
2.5.	Distribución del producto en bodega	19
2.6.	Descripción de recursos actuales	19
2.6.1.	Descripción del proceso y sus estaciones	20
2.6.2.	Diagrama de flujo del proceso	23
2.6.3.	Diagrama de recorrido del proceso	25
2.7.	Recolección de datos	25
2.7.1.	Cantidad de tiempos a tomar	26
2.7.2.	Relación de la varianza	27
2.8.	Análisis del comportamiento del sistema	27
2.9.	Modelo de colas actual	28
2.10.	Cuello de botella detectado	28
2.11.	Tasa de llegada actual	29
2.12.	Tasa de servicio	29
2.13.	Eficiencias	30
2.14.	Costos del proceso	32
2.14.1.	Costos por brindar el servicio	33
2.14.1.1.	Salarios, horas extras, gastos varios	33
2.14.2.	Costos de esperar el servicio	34
2.14.2.1.	Salarios, horas extras, gastos varios	34

3. APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE COLA AL SISTEMA

3.1.	Determinación de factores principales	37
3.1.1.	Número de servidores	37
3.1.2.	Disciplina de la cola	38
3.1.3.	Clientes en el sistema	38
3.1.4.	Fuente	38
3.2.	Aplicación de los modelos	39
3.2.1.	Promedio de clientes en cola (L_q).	43
3.2.2.	Promedio de tiempo que espera un cliente	

en cola (Wq).	43
3.2.3. Promedio de tiempo que permanece un cliente en el sistema (Ws).	43
3.2.4. Promedio de número de clientes en el sistema	44
3.2.5. Factor de utilización	44
3.2.6. Costos totales	45
4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA ELEGIDA	
4.1. Importancia de la propuesta	47
4.1.1. Requerimientos del modelo	47
4.1.2. Análisis de factibilidad	48
4.2. Aplicación del modelo	49
4.2.1. Estructura del modelo	49
4.2.1.1. Equilibrio del servicio con el modelo propuesto	49
4.2.2. Numero de servidores	50
4.2.3. Tasa de llegada	50
4.2.4. Tasa de servicio	51
4.2.5. Promedio de cliente en cola	51
4.2.6. Promedio de tiempo que espera un cliente en cola	51
4.2.7. Promedio de número de clientes en el sistema	52
4.2.8. Promedio de tiempo que permanece un cliente en el sistema	52
4.2.9. Factor de utilización	53
4.3. Análisis de costos	53
4.3.1. Costos de brindar el servicio con el modelo propuesto	53
4.3.1.1. Costos fijos y variables	54
4.3.2. Costos de esperar el servicio con el modelo propuesto	54
4.3.2.1. Costos fijos y variables	54
4.3.3. Costo total	55
5. EVALUACIÓN	
5.1. Comparación entre el sistema actual y propuesto	57
5.1.1. El equilibrio del servicio propuesto de cara al actual	57
5.1.2. El factor de utilización	58
5.1.3. Los costos	58
5.2. Limitaciones encontradas	59
5.2.1. Condiciones de trabajo	60
5.2.2. Interrupciones del servicio	61
5.3. Capacitación del personal	63
5.3.1. Asignación de atribuciones	65
5.4. Índices a controlar	65
5.4.1. Tiempo estándar por estación	65

5.4.2. Variación del servicio en cada estación del proceso	66
5.5. Implementación de formatos de control del proceso	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Estructura básica de los modelos de cola	5
2. Distribución de <i>Poisson</i>	8
3. Distribución exponencial	9
4. Modelo de colas de un servidor	9
5. Modelo de colas con más de un servidor	11
6. Modelo de costos	15
7. Organigrama actual de la empresa	18
8. Flujograma del proceso de despacho actual	23
9. Diagrama de flujo del proceso de despacho	24
10. Flujograma del proceso de preparar carga	64
11. Plano de la agencia	74
12. Distribución del producto en bodega	75
13. Diagrama de recorrido del proceso	76
14. Formato de control de tiempos estándar	77
15. Formato de variación del servicio	78

TABLAS

I. Resumen del diagrama de flujo del proceso de despacho	25
II. Salario devengado por los distintos operarios	33
III. Gastos varios del proceso de despacho	34
IV. Resumen de cálculos del modelo 1 en cuatro opciones	39
V. Resumen aplicación modelo 2	42
VI. Comparación de modelo actual y propuesto	59

GLOSARIO

Canal	Vía de acceso al servicio.
Característica	Cualidades para distinguir una línea de espera.
Cuello de botella	Estación de preparar carga, donde el camión retrasa todo el proceso por falta de eficiencia.
Disciplina de cola	Sistema en que se define el orden del servicio a los clientes.
Eficiencia	Porcentaje del tiempo que es utilizado para brindar el servicio.
Estación del proceso	Centro que proporciona servicio a la línea de espera
Estructura de la línea de espera	Orden y distribución de las partes de una línea de espera.
Fase	Cada una de las etapas de un proceso.
Línea de espera o cola	Grupo de llegadas en espera de servicio.

Modelo	Ejemplar o forma que uno sigue para el estudio de colas.
<i>Palet</i>	Armazón de plástico o de madera que sirve para colocar las cajas del producto y ser transportadas en el camión o en bodega, con un máximo de 45 cajas de producto.
Población	Posibles clientes que ingresan al sistema por el servicio; en este caso, los camiones ruteros.
Ruta	Distribución del producto en un área específica, fuera de la agencia.
Servidor	Medio, por el cual se proporciona el servicio al cliente; en este caso, son las estaciones del proceso.
Sistema	Proceso de despacho que incluye todas las estaciones de trabajo.

RESUMEN

La empresa de distribución de bebidas de refrescos y de cervezas, en el departamento de bodega, específicamente en el proceso de despacho a camiones ruteros donde se carga y descarga el producto de la venta diaria, tiene la necesidad de hacer un estudio de colas en este proceso, debido al atraso diario que existe en éste, y a la existencia de un cuello de botella, lo que implica retraso en la salida del personal, cansancio adicional al día de trabajo, así como aumento de los costos de servicio y espera de este servicio.

En la actualidad la tasa de llegada tiene un proceso de despacho de 3 camiones/h, y en la estación de preparar carga que es el cuello de botella donde se enfoca el estudio, es de 8 camiones/h, contra una capacidad o tasa de servicio en el proceso de 2.22 camiones/h, y en la estación de preparar carga de 6 camiones/h. Con esta información se puede analizar que el proceso y la estación de preparar carga son incapaces de cubrir la demanda, debido a que los factores de utilización son de 136% para el proceso y de 133% para la estación de preparar carga estos valores son irreales, ya que el valor máximo permitido es del 100%, por lo que resulta ilógico tener un valor mayor que éste.

Se identificó que en el proceso de despacho se trabaja con un modelo 1 de colas de *Poisson* con 1 servidor, con 3 operarios sin límite en la capacidad del sistema y de la fuente. Estas medidas son necesarias para diseñar un nuevo sistema, por lo que es importante su cálculo. El costo que le representa a la agencia trabajar con este modelo es de Q 45.70/h, lo equivalente a Q 9,597.00/mes.

Teniendo como objetivo encontrar el modelo óptimo que haga que la tasa de servicio sea mayor que la tasa de llegada del proceso y del cuello de botella (preparar carga), y con un factor de utilización no mayor del 100%, se analizó el

comportamiento del proceso de despacho por medio de tomas de tiempo a las estaciones distintas estaciones de trabajo, así como los respectivos diagramas de flujo, recorrido se toma como base el estudio de colas, para proponer alternativas por medio de los modelos 1 y 2 de *Poisson*, considerando al modelo 1 con 1 servidor y 5, 6, 7 y 8 operarios, y al modelo 2 con 2 servidores con 3 operarios cada uno.

Gracias al estudio realizado, se llegó a la conclusión de que el modelo que satisface mejor las necesidades del proceso es el modelo 1 de colas de *Poisson* con 1 servidor y 6 operarios, cuya única diferencia con el actual es que se agregan 3 operarios mas para atender a un mismo cliente a la vez. En este nuevo modelo se espera una tasa de servicio de 3 camiones/h para todo el proceso y de 12 camiones/h para la estación de preparar carga. Así dejaría de existir el cuello de botella y habría un factor de utilización del 100% para el proceso y del 67% para la estación de preparar carga. Entre los factores de desempeño, se esperan: 12 camiones/h como tasa de servicio, 2 camiones en la estación, 1.33 haciendo cola, 0.25 h en la estación y 0.17 h haciendo cola, con un tiempo de operación de 0.08 h, todo esto en la estación de preparar carga. En el proceso completo se tendría un equilibrio por el cambio en el cuello de botella de 2.33 camiones/h, a 3 camiones/h, igualándose con la tasa de llegada de 3 camiones/h. Para la agencia, este nuevo modelo le representa un costo total de Q 45.80/h o Q 9,597.00/mes, o sea un incremento por hora de Q 0.10.

OBJETIVOS

General

Identificar las características que midan el desempeño del sistema y cuantificar los recursos disponibles en la bodega para brindar un mejor servicio

Específicos

1. Determinar tiempos improductivos de personal y vehículos, para poder reducir los tiempos de servicio y de espera por medio de un análisis de todas las estaciones del proceso
2. Calcular la eficiencia, tanto actual como propuesta, del sistema, para poder compararlas por medio de los porcentajes que brinden
3. Proponer el sistema de colas que se adapte a la necesidad del departamento, por medio del modelo de Poisson idóneo, con el que se ahorre tiempo y costos de servicio
4. Comparar los costos totales del sistema actual y del propuesto, para conocer si aumentan, con qué beneficio para el sistema y se justifican
5. Encontrar la mejor distribución de bodega para los productos más importantes, para disminuir el tiempo en preparar cargas
6. Identificar los índices de control del proceso para poder estandarizarlo a través del estudio de colas y así mantener la eficiencia
7. Aplicar formatos de seguimiento a la propuesta, para detectar posibles cambios que afecten la estabilidad del proceso y poder realizar los cambios que sean necesarios

INTRODUCCIÓN

Las líneas de espera o colas, los cuellos de botella y otros hechos relacionados con el congestionamiento que conduce a las demoras, es el resultado directo de la aleatoriedad en la operación de instalaciones de servicio, debido a que no se conoce con precisión la llegada del cliente y el tiempo de servicio. Este fenómeno existe en casi todos los tipos de sistemas de producción y de servicios, ya que no se podría eliminar totalmente la espera debido a los recursos que estarían involucrados, tales como espacio, tiempo y dinero. De este estudio ha nacido la **teoría de colas o líneas de espera**.

La permanencia en una línea de espera implica un costo de oportunidad. El tiempo que se invierte en la misma puede ser utilizado en otras actividades más productivas. Por otro lado, el costo que implica el aumento de número de servidores. Lo que se necesita es una solución aceptable que tome en cuenta todos los factores del problema y determine la relación entre el número de clientes en el sistema y el número de servidores, para que resulte en la mejor eficiencia del sistema y en el costo total más bajo.

El análisis que se hará en la Agencia Santa Elisa, se refiere a las colas o líneas de espera que se forman debido a que los camiones de rutas de la empresa, llegan a cargar y descargar durante un horario que va de las 3 p.m. hasta las 8 p.m., todo el producto de un día de trabajo, el cual incluye producto no vendido y envase vacío.

En el capítulo 1 se formulan algunas generalidades acerca de la empresa así como conceptos fundamentales de teoría de colas, las diferentes estructuras que siguen y todos los factores que son muy importantes para la implementación de los modelos. En el capítulo 2 se realiza un análisis de la situación actual del departamento en cuanto al sistema de cola que se forma en el proceso de

despacho a camiones ruteros, así como una breve descripción de la forma de recolección de datos.

El capítulo 3 aplica los modelos de cola que se adaptan al sistema, propone varias alternativas, y hace la elección adecuada; además, se identifica los factores principales de los modelos.

En el capítulo 4 se aplica el modelo de cola que se recomienda para mejorar el servicio dentro del proceso de despacho, haciéndose un análisis a la factibilidad y lo que requiere el modelo. También se analiza los costos de los diferentes cambios propuestos.

En el capítulo 5 se hace una descripción y análisis entre el modelo actual y el modelo propuesto; también se identifican las limitaciones que puedan contribuir al mal servicio y se sugiere cómo minimizarlos o eliminarlos para mejorar la eficiencia, así como las responsabilidades que deben asumir las personas involucradas en este proceso.

Se tratará así de reestructurar el despacho de las rutas para asegurar el comportamiento del sistema y las características que midan el desempeño, tanto del sistema de colas como del almacenamiento del producto, por medio de una mejor distribución.

1. GENERALIDADES Y MARCO TEÓRICO

1.1. Acerca de la empresa

La agencia Santa Elisa es parte de Distribuidora La Nueva, siendo ésta la empresa que se encarga de la distribución en la ciudad capital de todos los productos que produce “Cervecería Centroamericana S.A.”: bebidas de cerveza, refrescos, agua pura en sus distintas presentaciones.

La agencia Santa Elisa distribuye el producto por medio de camiones que visitan a los clientes diariamente, con lo que se pretende dar un buen servicio que satisfaga las necesidades y expectativas del consumidor. La agencia esta ubicada en la zona 12, Avenida del ferrocarril (Atanasio Tzul) 38-80, en un complejo de bodegas industriales. Distribuye en las zonas y municipios aledaños al complejo.

1.1.1. Misión y visión

La empresa tiene como misión “Ser un equipo líder e innovador en la comercialización de bebidas de calidad, comprometida con la satisfacción de nuestros clientes y consumidores”.

Y como visión, “Seguir siendo líderes y sobrepasar las fronteras hasta donde no han llegado nuestros productos, derrotar al enemigo, desarrollar clientes nuevos”.

1.1.2. Filosofía

“Nuestro mayor orgullo es ser guatemaltecos, nos identificamos profundamente con los valores nacionales y todo lo que representa a Guatemala.

Nuestro desarrollo se ha basado en la calidad de nuestros productos y una firme creencia en nuestro país y nuestra gente, dando el ejemplo con nuestra orientación hacia los recursos humanos. Nadie puede decir con más orgullo: <<Creemos, confiamos e invertimos en Guatemala>>”.

1.2. Diversificación de productos

Entre los productos que se manejan en la bodega de la agencia Santa Elisa está toda la variedad que produce la Cervecería Centroamericana, tales como cervezas y refrescos en todas sus presentaciones, siendo sus productos líder: cerveza gallo, refrescos Orange Crush, Tiky y Cola Super 24, agua pura Salvavidas en todas sus presentaciones, siendo estas: botella, lata y pet, en distintos tamaños.

1.2.1. Cerveza, refrescos, agua pura y otros

- **Cerveza:** Gallo, Dorada, Victoria, Sol, Victoria y Moza.
- **Refrescos:** Orange Crush, Tiky, Cola Super 24, Roja, Uva, Canada Dry, Bahia, Spur Cola, Club Soda, Mandarina, Lima Limón, Lemon Crush, Quina y malta Gallo.
- **Agua pura:** Agua pura Salvavidas y Cristalina.
- **Otros:** Cerveza extranjera Budweiser, Warsteiner y Corona.

Todos estos productos son presentados al cliente en distintos tamaños de 8 oz, 12 oz, 20 oz, 1¼, 1½, 2 l, la cerveza, también en presentaciones de barriles de 30 y 40 litros.

1.3. Descripción de las jornadas actuales de trabajo

Las jornadas actuales de trabajo del departamento de Bodega son dos: la jornada matutina y la jornada mixta, que cubre parte de la tarde y de la noche, porque es el horario en que ingresan los camiones a la agencia. En este departamento trabajan 12 personas.

1.3.1 Jornada matutina y mixta

- Jornada matutina: 6:00 - 14:00 horas. En esta jornada sólo trabajan dos personas: el encargado de bodega y un operador quien se encarga de ordenar la bodega, ya que en la mañana no existe mayor movimiento, pues a esa hora sólo los auxiliares, vendedores y pilotos ingresan a las instalaciones para sacar los camiones que ya quedaron cargados desde un día antes.
- Jornada mixta: de 14:00 – 21:00 horas. En esta jornada es donde existe mas personal ya que son 10 los que brindan el servicio, por ser la jornada con mas actividad, ya que ingresan los camiones después de un día de trabajo. Vienen a descargar el producto que no se vendió y a cargar lo que desean para el día siguiente.

1.4. Rutas de ventas

Son las rutas del departamento de Ventas, que se encarga del control de las mismas la función de bodega se limita a despachar lo que se pide para cada una de ellas.

1.4.1. Rutas de preventa y autoventa

La ruta de preventa es aquella en la que el vendedor visita al cliente para hacer los pedidos de venta y al día siguiente le llevan el producto que ordenó.

La ruta de autoventa es aquella en la que en el mismo día el vendedor vende y entrega el producto. Esta ruta es la más utilizada en la agencia, por el contacto directo entre el vendedor y el cliente a la hora de entregar el producto, ya que puede revisar el equipo frío, poner publicidad, colocar el producto en la cámara y en la bodega del cliente.

1.5. Modelos de teoría de colas

La teoría de colas incluye el estudio matemático de las colas o líneas de espera. La formación de líneas de espera es, por supuesto, un fenómeno común que ocurre siempre que la demanda actual de un servicio excede a la capacidad actual de proporcionarlo. Con frecuencia, en la industria y en otros sitios deben tomarse decisiones respecto de la cantidad de capacidad que debe proporcionarse. Sin embargo, muchas veces es imposible predecir con exactitud cuándo llegarán las unidades que buscan el servicio y/o cuánto tiempo será necesario para dar ese servicio; por esto esas decisiones suelen ser difíciles. Las líneas de espera largas son costosas en cierto sentido, ya sea por un costo social, por un costo causado por la pérdida de clientes, por el costo de empleados ociosos o por algún otro factor importante.

El proceso básico supuesto por la mayor parte de los modelos de colas se describe enseguida, Los clientes que requieren un servicio se generan a través del tiempo en una fuente de entrada. Estos clientes entran al sistema y se unen a una cola. En determinado momento se selecciona a un miembro de la cola para proporcionarle servicio.

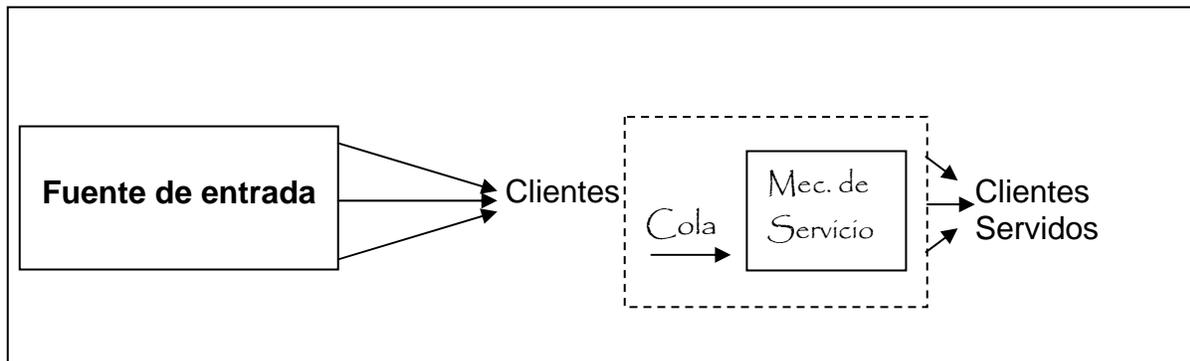
Mediante alguna regla conocida como disciplina de servicio, que en la mayoría de los casos consiste en que el primero en llegar es el primero en salir, se

lleva a cabo el servicio requerido por el cliente en un mecanismo de servicio, después de lo cual el cliente sale del sistema de colas.

1.5.1. Estructura básica de los modelos de colas

En el proceso de despacho de la agencia, la estructura está formada por la fuente de entrada, que son los camiones que vienen de vender en su zona correspondiente. Los clientes son los camiones que ingresan a la agencia. La cola es la que hacen estos mismos de acuerdo al orden en que ingresan. El mecanismo de servicio es el proceso de despacho y los clientes servidos son los camiones ya cargados con los productos por vender al día siguiente.

Figura 1. Estructura básica de los modelos de cola



1.5.2 Características de la población en busca del servicio

Un sistema de colas tiene tres características que se tratarán a continuación, así:

1) Tamaño de la población con acceso. La población con acceso puede ser finita o infinita. Ejemplo de poblaciones con acceso prácticamente infinitas incluyen carros que llegan a una caseta de peaje, pacientes que llegan a una sala de urgencias de un gran hospital, y 20,000 estudiantes haciendo cola el día de matriculación. Éstas son en realidad poblaciones finitas, pero mucho muy

grandes, y por conveniencia matemática se tratan como infinitas. Cuando las poblaciones con acceso son infinitas, es mucho más fácil aplicar técnicas cuantitativas en su análisis. ¿Cómo diferenciar entre las poblaciones con acceso finito o infinito? Generalmente, si la probabilidad de una llegada es cambiada grandemente, cuando un miembro de la población con acceso está recibiendo servicio, se considera que la población es finita.

2) Características de llegada de la población con acceso. Los miembros de la población con acceso llegan a la estación de servicio, en algún patrón organizado o en un orden aleatorio. Cuando las llegadas son aleatorias, se tiene que conocer la distribución de probabilidad que describe las llegadas, específicamente el tiempo entre llegadas. Los científicos de la administración han demostrado que **“las llegadas aleatorias son a menudo descritas mejor con la distribución de Poisson”**.

3) Conducta de la población con acceso. Las poblaciones con acceso y sus miembros individuales, tienen diferentes actitudes sobre “cómo encontrar a la línea”.

La mayoría rutinariamente sigue de frente si al llegar a una gasolinera se ve que la mayoría de las bombas están ocupadas (en la teoría de colas esto se conoce como rehusar), pero espera gustosamente durante varias horas por los boletos para un buen concierto de rock. Ya sea que lo acepte o no, la mayoría de los modelos de colas supone que la población con acceso tiene bastante paciencia y acepta esperar.

a) Características de las colas (líneas de espera) Es práctica común describir las características de la cola en términos de la longitud máxima a la que la cola puede crecer. Esta longitud se clasifica como limitada o ilimitada. Las longitudes de cola limitada son generalmente causadas por la falta de espacio (en una noche

muy fría, la línea de espera para un restaurante puede estar limitada al número de personas que pueden amontonarse en el vestíbulo), o por la actitud de los miembros de la población con acceso (a algunas personas simplemente no les gusta esperar en líneas).

b) La disciplina de la cola Este aspecto se refiere a cuál unidad de la población de servicio recibe el servicio. Se usan dos clasificaciones: **1) prioridad y 2) primero en llegar, primero en recibir servicio**. La prioridad le permite al miembro de la población con acceso que interrumpa a los miembros que ya están recibiendo servicio.

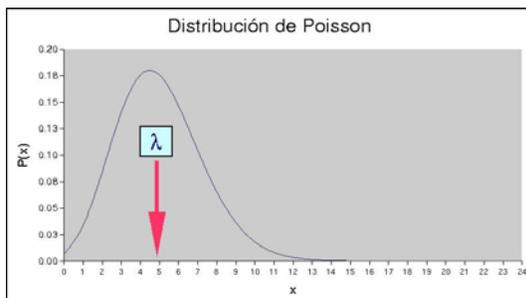
En la disciplina de cola, el primero en llegar es el primero en recibir servicio; no asignan prioridades y se sirve al miembro de la cola que llegó primero. Las combinaciones de estas disciplinas de cola son mucho muy evidentes.

Considere la línea de servicio exprés en el supermercado para compradores con menos de cinco artículos: se opera con la disciplina de cola de que el primero en llegar es el primero en recibir el servicio de una vez que uno entra a la línea; sin embargo, esta línea exprés proporciona un canal de alta prioridad para aquellos compradores con pocos artículos.

1.5.3. Distribuciones de probabilidad exponencial y de *Poisson* en la teoría de colas

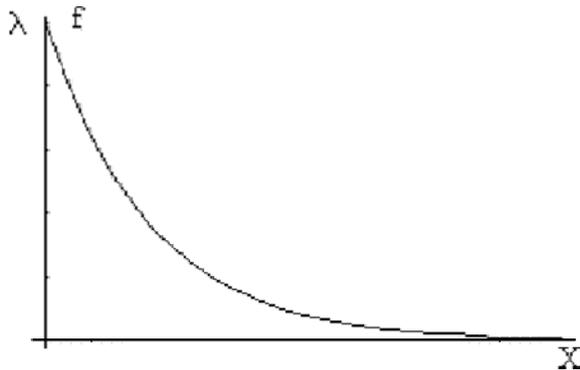
a) **Distribución probabilística de llegadas.** Las empresas de servicio tienen un comportamiento de **distribución de *Poisson*** para la llegada de clientes que requieren de sus servicios, ya que aumenta al principio del servicio las llegadas, luego tiene un punto pico donde es mayor la llegada para después disminuir al final del servicio.

Figura 2. Distribución de *Poisson*



b) **Distribución probabilística de los servicios.** El comportamiento de las empresas de servicio tiene una **distribución exponencial**; esto significa que al principio aumenta la tasa de servicio, pero conforme pasa el tiempo, el cansancio y la fatiga hacen que este servicio disminuya.

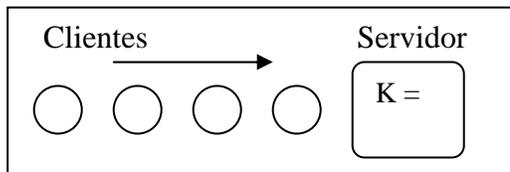
Figura 3. Distribución exponencial



1.5.4. Modelos de líneas de espera especializadas de *Poisson*

MODELO 1 (M-M-1): (una cola un servidor) Éste es un modelo de servidor único sin límite en la capacidad del sistema. Se supone que las tasas de llegadas son independientes del número en el sistema, o sea para toda n . Se supone que el servidor único completa el servicio a una tasa constante.

Figura 4. Modelo de colas con un servidor



SISTEMA

1.5.5. Fórmulas del modelo 1

Tasa de llegada = λ = Número de clientes /unidad de tiempo

Tasa de servicio = μ = Numero de clientes servidos /unidad de tiempo

L_s = Número de clientes promedio en el sistema

L_q = Número de clientes promedio en cola

W_s = Tiempo promedio de permanencia en el sistema

W_q = Tiempo promedio de permanencia en cola

$W_s - W_q$ = Tiempo de operación

ρ = Factor de utilización (% de tiempo que el servidor permanece ocupado)

K = Número de servidores

COSTO TOTAL = L_s * costo improductivo + otros costos

$$L_s = \lambda / (\mu - \lambda)$$

$$L_q = \lambda^2 / (\mu (\mu - \lambda))$$

$$W_s = 1 / (\mu - \lambda)$$

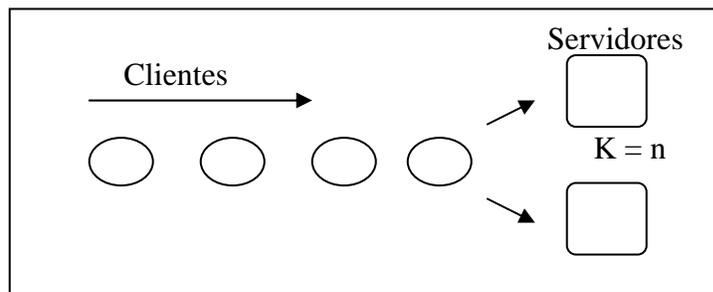
$$W_q = \lambda / (\mu (\mu - \lambda))$$

$$W_s - W_q = \text{tiempo de operación}$$

$$\rho = \lambda / k \mu \quad (\text{donde: } k * \mu \text{ debe ser } > \lambda)$$

MODELO 2 (M-M-K-Infinito) Este modelo se basa en la fórmula con $k =$ cualquier número positivo de servidores, los cuales prestan el servicio de forma paralela. Se supone que todos los tiempos entre llegadas son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a una distribución exponencial (es decir, el proceso de entrada es *Poisson*), con K servidores en paralelo.

Figura 5. Modelo de colas con más de un servidor



1.5.6. Fórmulas del modelo 2 de colas

Tasa de llegada = λ (λ)= Número de clientes /unidad de tiempo

Tasa de servicio = μ (μ)= Número de clientes servidos /unidad de tiempo

L_s = Número de clientes promedio en el sistema

L_q = Número de clientes promedio en cola

W_s = Tiempo promedio de permanencia en el sistema

W_q = Tiempo promedio de permanencia en cola

$W_s - W_q$ = Tiempo de operación

ρ = Factor de utilización (% de tiempo que el servidor permanece ocupado)

K = Número de servidores

COSTO TOTAL = L_s * costo improductivo + otros costos

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!} * \frac{1}{1 - (\lambda/\mu k)} \right]}$$

$$L_s = L_q + \lambda/\mu$$

$$L_q = \frac{P_0 (\lambda / \mu)^k (\lambda / \mu k)}{k! (1 - \lambda / \mu k)^2}$$

$$W_s = W_q + 1/\mu$$

$$W_q = L_q / \lambda$$

$$W_s - W_q = \text{tiempo de operación}$$

TASA DE LLEGADA(*lamda* = λ). La tasa de llegada es la velocidad de llegada de clientes por unidad de tiempo. En este caso es el número de camiones que llegan a la agencia y el número de camiones que llegan al área de preparar carga.

1.5.7. Análisis económico de las líneas de espera

Un sistema de colas puede dividirse en sus dos componentes de mayor importancia, la cola y el mecanismo de servicio (ver figura 1). Ambos componentes tienen costos asociados que deben considerarse:

a) Costo de espera. Esperar es inútil, es desperdicio. Significa que algún recurso está inactivo, cuando podría usarse en una forma más productiva (o agradable) en otra parte. De hecho, representa un costo de oportunidad; la productividad disminuye y es dinero que no puede recuperarse. Este tipo de costo refleja el punto de vista del cliente.

Existe una forma de calcular los costos intangibles del tiempo de espera. Consiste en pedir a personas con conocimientos, que estimen el valor promedio del tiempo de los clientes, y después, suponiendo linealidad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Costo total de espera} = C_w * L_s$$

Donde:

C_w = Costo de espera por cliente por unidad de tiempo

L_s = Longitud promedio en el sistema

b) Costo de servicio. Determinar el costo de servicio es más sencillo, en concepto, que determinar el costo de espera. En la mayoría de las aplicaciones, se tratará de comparar varias instalaciones de servicio. Por ejemplo, dos cajeros de banco contra tres; tres operadores contra cuatro, etc.; en estos casos, solamente se necesitan los costos comparativos o diferenciales del sistema.

Casi siempre los datos necesarios son evidentes para una situación dada. Este tipo de costo refleja el punto de vista del servidor. Existe también una manera de calcular este costo, por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Costo total de servicio} = C_s * K$$

Donde:

C_s = costo del servicio por período para cada servidor

K = número de servidores

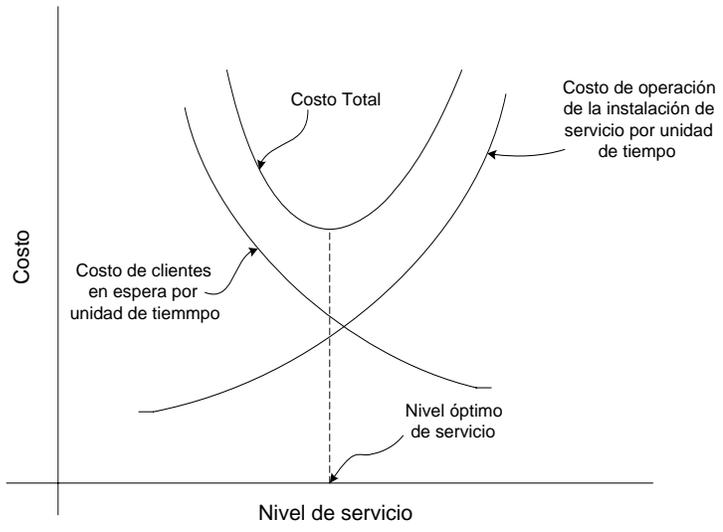
Se puede definir, entonces, el costo total como la suma del costo total de espera y el costo total de servicio:

$$CT = C_w * L + C_s * K$$

c) Sistema de costo mínimo. Desde un punto de vista global, se requiere el sistema que, comparado con los demás, tiene el costo total más pequeño, incluyendo el costo de servicio y el costo de espera. Esto se muestra en la figura 6. Para tasas bajas de servicio, se experimentan largas colas y costos de espera muy altos. Conforme aumenta el servicio, hay un ahorro sustancial en el costo de espera, aunque los costos de servicio aumenten, ya que el costo total del sistema disminuye.

Sin embargo, finalmente se llega a un punto de disminución en el rendimiento. Más allá del punto de costo mínimo, el aumento en el servicio cuesta más que los ahorros consecuentes en el costo de espera. Entonces, el objetivo es encontrar el sistema de costo mínimo.

Figura 6. Modelo de costo



2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

2.1. Configuración actual de la empresa y sus instalaciones

La agencia esta ubicada en la zona 12, Avenida del Ferrocarril (Calzada Atanasio Tzul) 38-80, en un complejo de bodegas, por lo que la instalación es la adecuada para este tipo de empresa, como se muestra en el anexo figura 11.

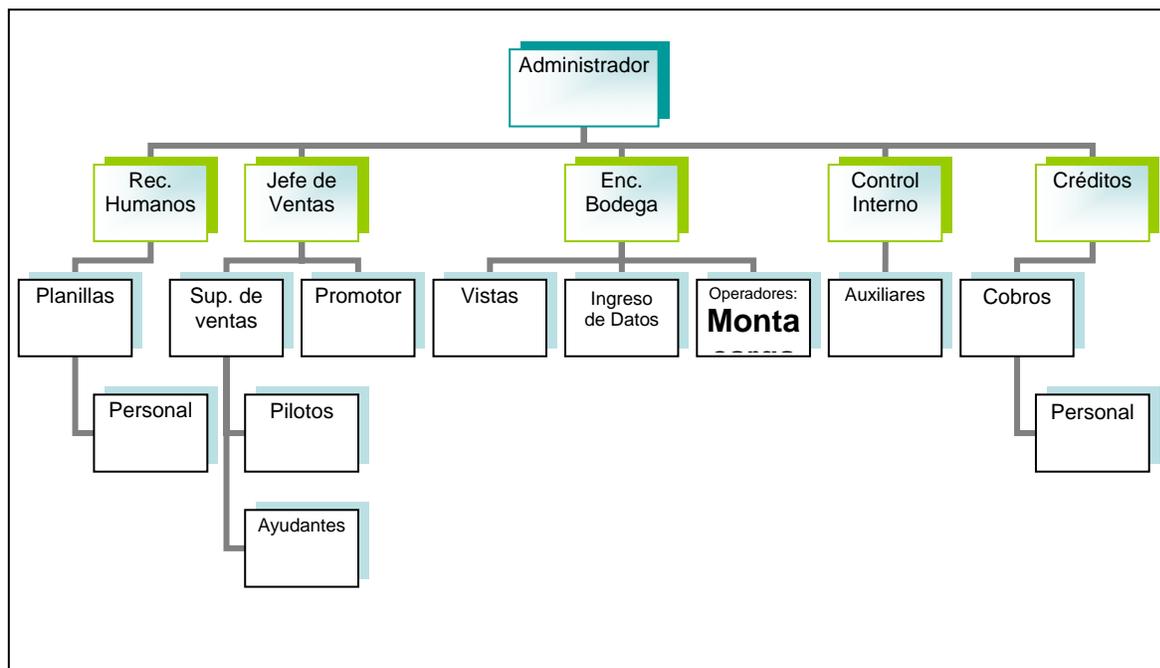
2.2. Organigrama general actual de la empresa

Está conformado por los siguientes puestos:

- **Administrador:** es el encargado de administrar toda la agencia y reportar a distribuidora La Nueva, que es la central de las tres agencias de la capital.
- **Recursos humanos:** se encarga de contratar al personal necesario para la agencia, así como de brindar lo necesario al personal existente, como uniformes, permisos, vacaciones y otros.
- **Jefe de ventas:** se encarga de atender las necesidades de los vendedores así como de los clientes. El jefe de ventas también tiene a su cargo a los supervisores de ventas, que son los que supervisan los distritos asignados a un grupo de vendedores. El jefe de ventas reporta al administrador y a la distribuidora La Nueva.

- **Encargado de bodega:** el tiene a su cargo el producto existente en bodega, así como registrar las entradas y salidas del mismo; además, supervisa el proceso de despacho a rutas.
- **Control interno:** departamento encargado de llevar el control de ventas, la rotación del personal y el movimiento de mobiliario y equipo que se emplea en la agencia (toldos, mesas, sillas, cámaras y enfriadores). Reporta al administrador y jefe de ventas.
- **Créditos:** encargado de contabilizar los créditos dados a los clientes y autorizarlos, mediante el control del historial crediticio del cliente. A continuación se presenta el organigrama actual de la agencia Santa Elisa.

Figura 7. Organigrama general actual de la empresa



2.3. Organización actual de bodega

En la bodega se almacena el producto (ya descrito antes). Se encuentra dirigida por el encargado de bodega, el que tiene a su cargo a las personas encargadas de las estaciones del proceso de despacho. Se atiende a los camiones que ingresan a la agencia a descargar el envase de los productos vendidos y a cargar lo de la venta del siguiente día. Este proceso tiene varias estaciones por donde debe pasar, y algunos requisitos que debe cumplir el camión rutero, lo cual se describe en el punto 2.6.1. de este capítulo, para luego terminar el proceso. El camión se estaciona en el parqueo de la agencia para salir a rutear el día siguiente.

2.4. Dimensiones generales de la bodega

La bodega mide 3200 m² aprox. distribuidos entre la bodega, la oficina y el parqueo. Esta a 200 metros de la Calzada, ya que es la última bodega del grupo de 3 que existen en este sector (ver anexo figura 11).

2.5. Distribución del producto en bodega

El producto se encuentra distribuido de acuerdo a su tipo: cervezas y bebidas carbonatadas (gaseosas), teniendo cada tipo su respectiva área en la bodega, separadas por sabores y presentaciones. La distribución es correcta, ya que se utiliza el metodo WMS (*Warehouse Managment System*) que significa Administración del Sistema de Almacenaje (ver anexo figura 12).

2.6. Descripción de recursos actuales

2.6.1. Descripción del proceso y sus estaciones

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los recursos con que se cuenta en las distintas estaciones de trabajo del proceso a evaluar.

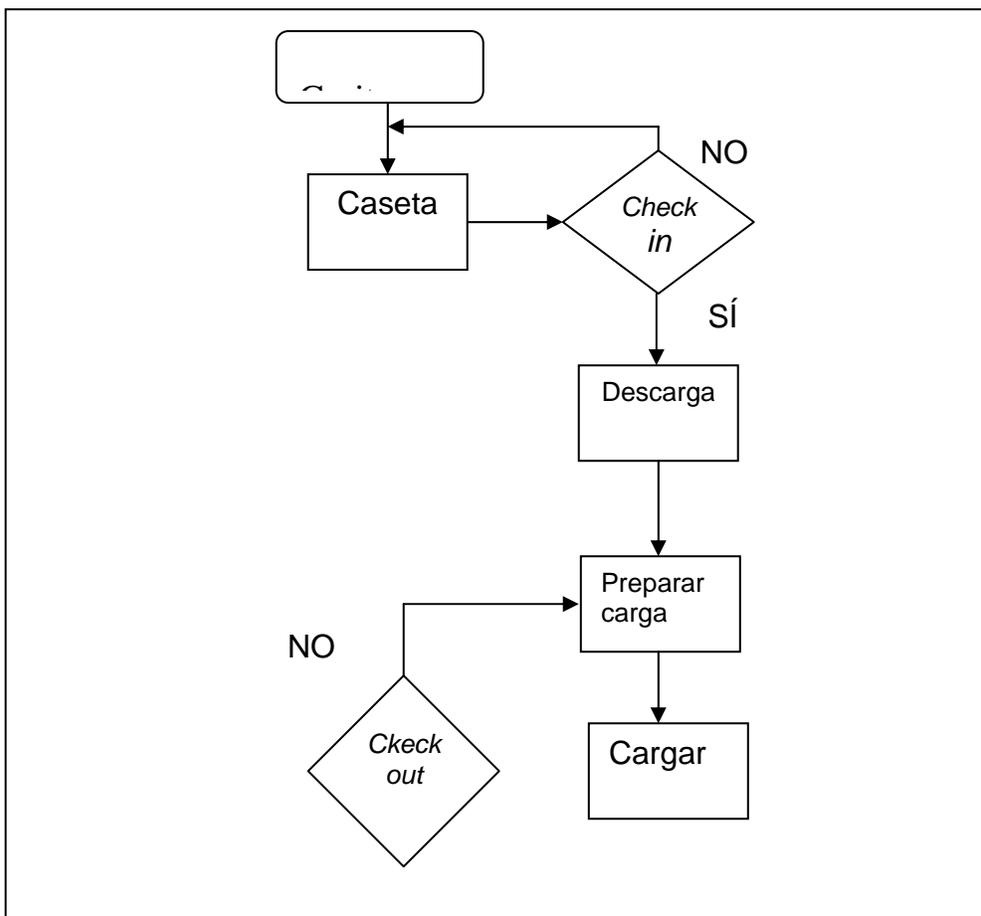
- **Garita:** se encarga del control de las salidas y entradas de todos los camiones rutereros, apuntando el número de placa del camión, el nombre del vendedor y el

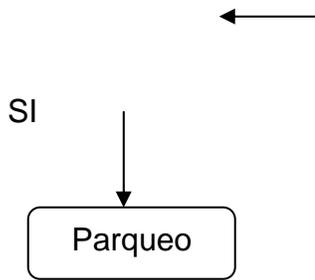
piloto y la hora en que se entra o se sale. Esto lo realiza un guardia de seguridad de la empresa, el cual trabaja en jornada de 24*24, lo que significa que trabaja 24 y descansa 24 horas.

- Reloj
 - Hoja de control de entrada y salida de camiones ruteros
-
- **Caseta:** se encarga de cambiarle producto en mal estado a los camiones ruteros, así como de venderles el envase que ellos necesiten.
 - Hojas de cambio de producto en mal estado, que necesita autorización
 - Calculadora para venta de envase
 - Producto para cambiar y libro de control de ventas
 - Hoja de control de bonificaciones
 - *Palets* de producto en buen estado para cambiar (envase dañado, bajo nivel, producto quebrado que traiga la tapita completa)
 - *Palets* de producto en mal estado cambiado
 - Montacargas para entrar y sacar el producto de bodega
-
- **Vista de *check in*:** es la estación que se encarga de revisar el producto que los camiones regresan a bodega, para comprobar que esté en buen estado y que cuadre con lo que se anota en la hoja de control que llevan los responsables de cada vehículo.
 - Hoja de control de *check in* y calculadora
-
- **Preparar carga:** en esta estación se prepara la carga que ha pedido el vendedor para el otro día.

- Computadoras e impresoras
- Window, Microsoft office
- Sistema AS 400
- Sistema Truck
- Intranet

Figura 8. Flujograma del proceso de despacho actual

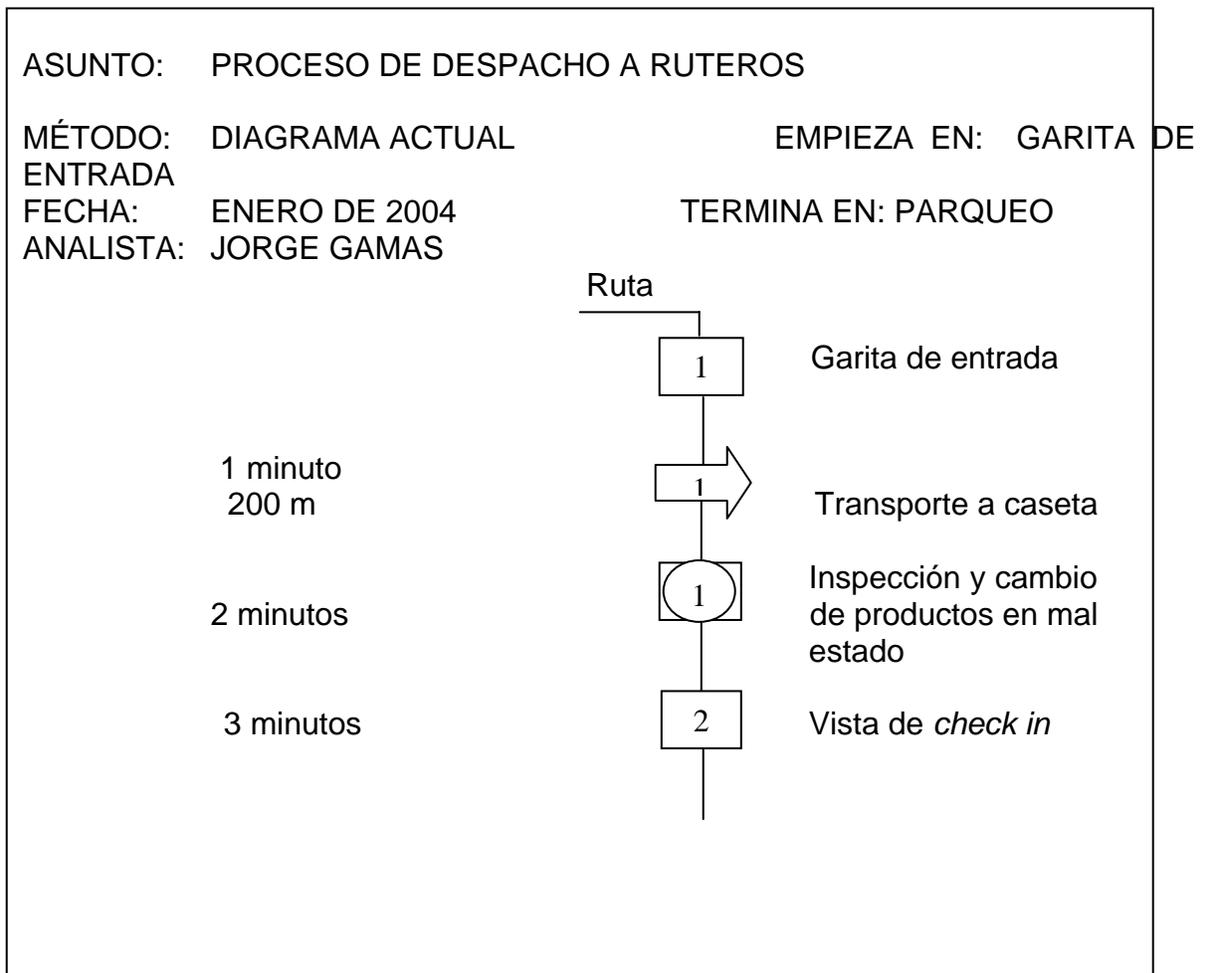




2.6.2. Diagrama de flujo del proceso

Indica las distintas operaciones del proceso, el paso en garita, el cambio de producto en caseta, las revisiones de check in al entrar, la carga y descarga del producto, la preparación de la carga y la última revisión de check out al salir, todo esto con sus respectivos tiempos, así como con las distancias de traslados, según se muestra en la siguiente figura.

Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de despacho



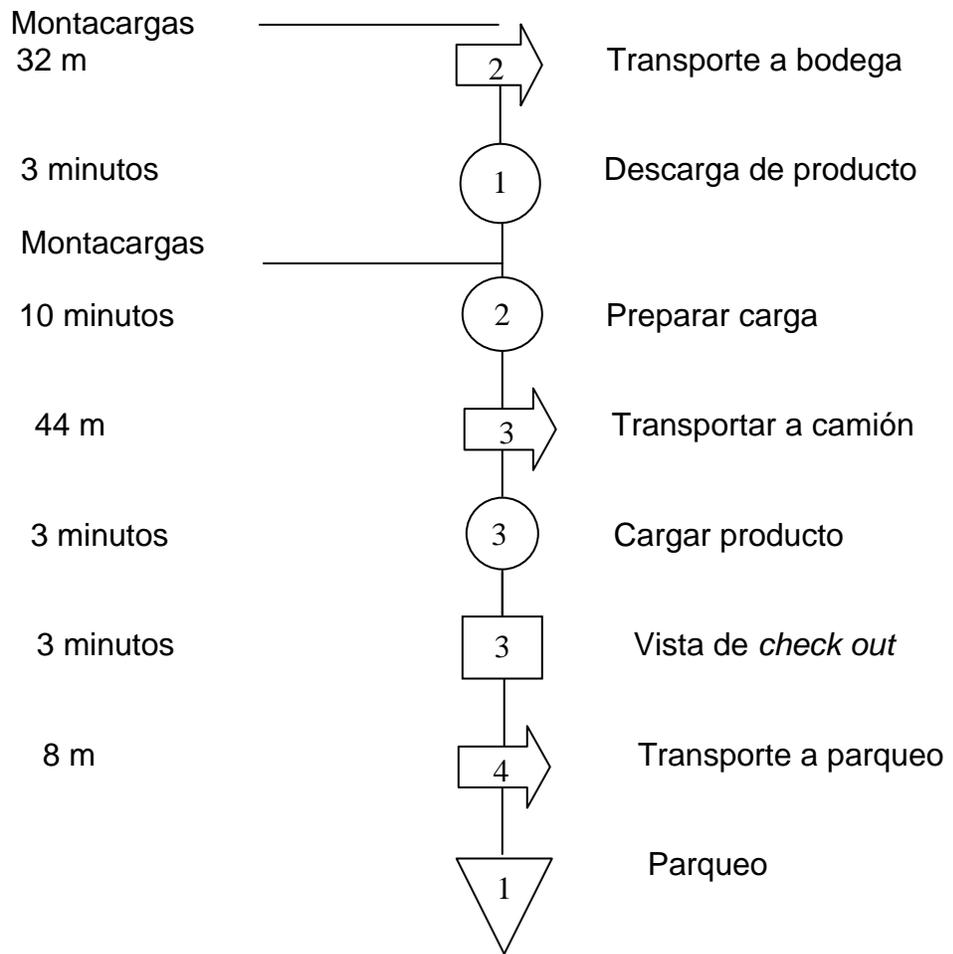


Tabla I. Resumen del diagrama de flujo del proceso

RESUMEN DEL D.F.P.				
SIGNO	Descripción	Cant.	Dist.(m)	t (min)
○	Operaciones	3	-	16
○	Combinada	1	-	2
□	Inspección	3	-	6

⇒	Transporte	4	284	1
▽	Parqueo	1	-	
	TOTALES	12	284	25

El tiempo total del servicio es de 25 minutos, de acuerdo al resumen del diagrama de flujo del proceso.

2.6.3. Diagrama de recorrido del proceso

Es el que muestra el recorrido del camión desde que entra a la bodega hasta que sale al parqueo. Indica dónde están ubicadas las estaciones de trabajo dentro del área de la agencia, por medio del plano de la misma. Sirve para detectar problemas de distribución que entorpezcan o atrasen el proceso (ver anexo, figura 13).

2.7. Recolección de datos

Es la base para tomar decisiones con el análisis de teoría de colas. Se analizarán estadísticamente los tiempos de servicio de cada estación del proceso de despacho.

- Método: se cronometran los tiempos de servicio, con el método de vuelta a cero a cada estación de trabajo. Luego se calcula el promedio de cada uno de ellos, el cual es representativo de acuerdo a la relación de varianzas y a la dispersión de los datos.

2.7.1. Cantidad de tiempos a tomar

La cantidad adecuada para tomar tiempos cronometrados está dado, por la fórmula estadística siguiente:

$$N = (K * \text{Desv. Est.} / e * X)^2 + 1$$

Donde:

K = coeficiente de riesgo cuyos valores son:

K = 1 para un riesgo de error de 32%

K = 2 para un riesgo de error de 5%

K = 3 para un riesgo de error de 0.3%

Desv. Est. = Desviación estándar de la muestra

e = Error expresado en forma decimal

X = Media aritmética de los tiempos

N = Número de observaciones a realizar

Se trabajó con un valor de K = 2 para un 5 % de riesgo, y un error e = 10 % para todas las estaciones del proceso de despacho.

- **Cálculo de tiempos a tomar en la estación de preparar carga**

Según la fórmula anterior se tiene:

Desviación estándar = 2.4

Media aritmética de los tiempos = 10.3

K = 2

Error = 0.10

$$N = (2 * 2.4 / 0.10 * 10.3)^2 + 1$$

$$N = (4.8 / 1.03)^2 + 1$$

N = 23 tomas

Esto significa que se necesitan, como mínimo, 20 tomas con cronómetro para calcular el valor promedio del tiempo de servicio de esta estación.

2.7.2. Relación de la varianza (dispersión de datos)

La varianza y la desviación estándar dan la variabilidad de los datos cronometrados, ya que una menor varianza indica que los datos están concentrados cerca de la media de la curva normal, por lo que se puede afirmar que los datos de la muestra son representativos; mientras que si la varianza fuese grande, indicaría dispersión en los datos y no existiría representatividad.

- **Ejemplo:** Calcular la dispersión de los datos de la estación de preparar carga:

Promedio = 10.3

Desviación estándar = 2.4

Varianza = 5.6

Entonces, sabiendo que la desviación estándar y la varianza son menores que el valor promedio, se puede decir que el valor es representativo.

2.8. Análisis del comportamiento del sistema

El sistema a analizar es semejante a uno de los modelos de colas: el modelo 1 de Poisson que tienen a las distribuciones de Poisson y exponencial como base en cuanto a la llegada de clientes que requieren el servicio y en cuanto a la capacidad que tiene la empresa de brindarlo.

El análisis se lleva a cabo en todo el proceso, dándole énfasis al cuello de botella, que se detecta por los tiempos promedios cronometrados donde existe. Actualmente el servicio del proceso es deficiente, ya que no existe control en ninguna de las estaciones y ocurren varios atrasos y deficiencias.

Otro de los modelos de colas que se asemejan al utilizado en la agencia es el modelo 2 de Poisson (una cola con varios servidores en paralelo). Se usa más

el modelo 1, y solo en casos especiales se emplea el modelo 2, por ejemplo en épocas de mayor ventas, como Semana Santa y Navidad cuando se cuenta con 4 operarios para trabajar en 2 grupos.

2.9. Modelo de cola actual

El modelo que se asemeja a la situación actual del proceso es el modelo 1 de colas de Poisson, donde un servidor trabaja para brindar el servicio. Se supone que todos los tiempos entre llegadas son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a una distribución exponencial, es decir, el proceso de entrada es Poisson, con k servidores = 1. Este modelo se desarrolla a continuación:

2.10. Cuello de botella detectado

Después de realizar el análisis por medio de tomas de tiempo, se encontró que el cuello de botella del servicio de despacho ocurre en la estación de preparar carga, con un tiempo de servicio de 10 minutos por cliente. Esto se debe a que allí se preparan las cargas que los camiones piden diariamente, lo cual provoca retrasos por el volumen que se maneja y la variedad de productos con que cuenta la empresa.

Además, no se cuenta con un número fijo de operarios en esta estación, el cual puede ser de 2, 3 ó 4 personas, trabajando para un mismo servidor (esto significa que todos los operarios atienden a un solo cliente a la vez). Para este estudio se tomó el promedio de estos, que es 3 operarios por servidor. El cuello de botella se puede observar en el diagrama de flujo y de recorrido del proceso, y es en este cuello de botella donde se va a enfocar el análisis.

2.11. Tasa de llegada actual

La tasa de llegada es la velocidad de llegada de clientes por unidad de tiempo. En este caso es el número de camiones que llegan a la agencia y el número de camiones que llegan al área de preparar carga (cuello de botella).

Se analizarán dos tasas de llegada: la tasa de llegada al cuello de botella y la tasa de llegada al sistema.

- **Tasa de llegada del cuello de botella (preparar carga)** Tiene un valor promedio de 8 clientes/hora, lo cual significa que en una hora 8 camiones pueden llegar a pedir el servicio de prepararles su carga.
- **Tasa de llegada al sistema** Este valor es de 3 clientes / hora, lo que significa que entran a la agencia 4 camiones cada hora, en promedio, a solicitar el servicio.

2.12. Tasa de servicio

Es la velocidad del servicio con que se atiende a los clientes. Representa a cuantos clientes / hora puede atender el sistema.

- **Tasa de servicio de cuello de botella**
Su valor es de 6 camiones/hora, lo que significa que se puede despachar a 6 (con un servidor con 3 operarios) camiones por hora.
- **Tasa de servicio del sistema (o de todo el proceso de despacho)**
Este valor es de 2.22 camiones por hora, lo que significa que en este tiempo tendrían que ser despachados 3 camiones.

De acuerdo a la tasa de servicio actual del sistema no puede brindar un servicio eficiente, debido a que su tasa de servicio es menor que la tasa de

llegada, por lo que no se puede cubrir la demanda del servicio de despacho, provocando los cuellos de botella que se dan en este tipo de proceso. En estos casos el factor de utilización se excede del 100%, lo que significa que no se puede brindar un servicio mayor del 100% de utilización del sistema, siendo entonces el factor de utilización el factor para encontrar la eficiencia del sistema.

2.13. Eficiencia actual (ρ)

La eficiencia está dada por el factor de utilización, lo que significa cuánto tiempo está en uso el sistema. De esta manera se sabe cuánto tiempo se está utilizando. La fórmula respectiva es:

$$\rho = \lambda / k \mu \quad (\text{donde: } k * \mu \text{ debe ser } > \lambda)$$

donde:

λ = tasa de servicio

μ = tasa de llegada

k = número de servidores

Estos datos son los expresados en esta página y la anterior.

Eficiencia del sistema: usando la fórmula anterior se obtiene el porcentaje de eficiencia de todo el proceso o sistema:

$$\rho = \lambda / k \mu$$

$$\rho = 3 / ((1) * 2.2)$$

$$\rho = 136\%$$

Eficiencia del cuello de botella:

$$\rho = \lambda / k \mu$$

$$\rho = 8 / ((1) * 6)$$

$$\rho = 133\%$$

Según los resultados de estas dos fórmulas el servicio no es eficiente en ambas, ya que el valor que da es mayor del 100%, lo cual significa que el sistema

y el cuello de botella no se dan abasto para cubrir la demanda del servicio, porque la tasa de llegada es mayor que la tasa de servicio, y esto es lo que provoca que se formen las colas y exista retraso.

- **Cálculo en cuello de botella**

$$L_s = \lambda / (\mu - \lambda)$$

$$L_s = 8 / (6-8)$$

$$L_s = - 4 \text{ camiones}$$

$$L_q = \lambda^2 / (\mu (\mu - \lambda))$$

$$L_q = 8^2 / (6 (6-8))$$

$$L_q = - 5 \text{ camiones}$$

$$W_s = 1 / (\mu - \lambda)$$

$$W_s = 1 / (6-8)$$

$$W_s = - 0.5 \text{ hr}$$

$$W_q = \lambda / (\mu (\mu - \lambda))$$

$$W_q = 8 / (6 (6-8))$$

$$W_q = -0.66 \text{ hr}$$

$$W_s - W_q = \text{ tiempo de operación}$$

$$W_s - W_q = - 0.5 \text{ hr} - (-0.66 \text{ hr})$$

$$W_s - W_q = 0.16 \text{ hr}$$

De acuerdo a los cálculos realizados, los valores negativos se obtienen porque las fórmulas dan valores reales si la tasa de llegada es mayor que la tasa

de servicio. Si no sucede así, los resultados son irreales y dan valores negativos. Este desequilibrio se comprueba en las eficiencias calculadas en la página anterior.

2.14. Costos del proceso

Es el factor más importante para evaluar, ya que la decisión de cambio se tomará cuando el costo de la propuesta sea menor al costo actual. Este costo está compuesto por dos factores que son: costo de brindar el servicio y costo de esperar por el servicio del proceso.

2.14.1. Costos por brindar el servicio

Es el que se refiere a las personas y/o maquinaria que prestan el servicio. En la empresa es el salario de los operarios que trabajan en cada una de las estaciones del proceso, más otros gastos varios, como papelería y útiles de oficina, uso de trucket y montacargas.

2.14.1.1. Salarios, gastos varios

Salarios: los operarios de todo el proceso devengan distintos salarios de acuerdo a las necesidades del puesto y a la responsabilidad del mismo, los cuales se desglosan en la siguiente tabla.

Tabla II. Salario devengado por los distintos operarios

Salario del personal de las distintas operaciones del proceso						
Estación	Puesto	No.	Jornada	Salario/mes	Salario/h	
Garita	Seguridad	1	24*24	Q1,300.00	Q3.61	
Caseta de cambio de producto	Operario	1	Mixta	Q1,200.00	Q5.71	
Inspección de <i>check in</i>	Inspector	1	Mixta	Q1,500.00	Q7.14	
Descarga de producto	Operario	1	Mixta	Q1,400.00	Q6.67	
Preparar carga	Operario	3	Mixta	Q1,071.00	Q15.30	
Carga de producto	Operario	1	Mixta	Q1,400.00	Q6.67	
Inspección de <i>check out</i>	Inspector	1	Mixta	Q1,500.00	Q7.14	
				Total	Q9,371.00	Q52.24

El salario del personal es acorde a las funciones y a la responsabilidad del puesto. Se cumple con el pago mínimo que establece la ley.

Gastos varios: son los que se dan por uso de trucket, montacargas, papelería y útiles de oficina, los cuales están desglosados en la siguiente tabla.

Tabla III. Gastos varios del proceso de despacho

Gastos varios del proceso				
Descripción	Valor	Vida útil	Costo/h	
Trucket	Q 1,200.00	5 años	Q0.17	
Montacargas	Q 50,000.00	10 años	Q7.21	
Papelería y útiles/mes	Q 250.00		Q1.19	
			Total	Q8.57

2.14.2. Costos de esperar el servicio

Este es el costo por esperar que lo atiendan a uno en el proceso, el cual está dado por el salario mensual y por hora que devenga, en este caso, el auxiliar de venta del camión. El salario mensual del auxiliar es de Q 1,824.00, lo que da un valor de Q 7.60 por hora.

2.14.2.1. Salarios, gastos varios

En el costo de esperar el servicio. En la empresa sólo se da el costo del salario del auxiliar, ya que no existen gastos varios ni horas extras. El salario del auxiliar de venta es de Q 1,824.00 al mes, lo que da un costo por hora de Q7.60.

- **Cálculo de costos del cuello de botella**

$COSTO\ TOTAL = Ls * costo\ improductivo + costo\ servicio + otros\ gastos$

Donde Ls = número de clientes promedio en el cuello de botella

$COSTO\ TOTAL = 4 * 7.60 + (5.10 * 3)$

COSTO TOTAL = Q 45.70 / h

- **Cálculo de costos de todo el proceso**

$COSTO\ TOTAL = Costo\ servicio(de\ las\ 6\ estaciones) + costo\ servicio(estación\ preparar\ carga) + Otros\ gastos$

$COSTO\ TOTAL = Q\ 36.94 + 45.70 + 8.57$

COSTO TOTAL = Q 91.21/h = Q 19,154.10/mes

Este costo total se calcula con los costos/h de la tabla II, donde están los costos por estación y los cálculos de la estación de preparar carga, por ser el cuello de botella donde se aplican los métodos de costos de teoría de colas del modelo 1, y otros gastos de la tabla III.

3. APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE COLA AL SISTEMA

3.1. Determinación de factores principales

Por medio de los factores principales del proceso se podrá analizar y controlar el sistema, lo cual es necesario para poder brindar un buen servicio, que es lo que se pretende con este estudio, así que son la base del estudio. Abarcan: Número de servidores, disciplina de la cola, clientes en el sistema y fuente de entrada.

3.1.1. Número de servidores

En la agencia Santa Elisa, la cantidad de servidores que prestan el servicio por cada estación que existe en el proceso, según los modelos de Poisson, pueden ser:

Modelo 1: servidor único sin límite en la capacidad del sistema. Se supone que el servidor único completa el servicio a una tasa constante.

Modelo 2: con cualquier número positivo de servidores, los cuales prestan el servicio de forma paralela. En este sistema el número de servidores es de 2.

En cualquiera de estos dos modelos existe también la solución de agregar más operarios o ayudantes a cada estación de servicio, aumentado también la tasa de servicio.

Existen otros modelos de colas de Poisson, pero no son aplicables en este proceso, por lo que sólo se toman en cuenta estos 2 modelos.

3.1.2. Disciplina de la cola

Se refiere a cuál unidad de la población (los camiones en este caso) recibe primero el servicio. En la disciplina de cola, comúnmente y salvo casos especiales, el primero en llegar es el primero en recibir servicio; no se asignan prioridades y en el proceso de la agencia se sirve al camión de la cola que llegó primero, por lo que con cualquiera de los 2 modelos de Poisson la disciplina será la misma.

3.1.3. Clientes en el sistema (Ls)

Es el número de camiones promedio en todo el proceso, ya sea atendiéndolos o haciendo cola, en espera del servicio en cualquiera de las estaciones. Este factor tendría que ser menor que el actual, ya que de la cantidad de camiones que existan en el proceso dependerá que todos los costos y tiempos de servicio disminuyan.

3.1.4. Fuente

Son los camiones que se generan a través del tiempo y que necesitarán el servicio. Son los que ingresan a la agencia después de un día de trabajo, vendiendo el producto y regresando parte de lo que no vendieron, haciendo la respectiva cola para ello.

3.2. Aplicación de los modelos

a) Aplicación de modelos en el cuello de botella

- **Modelo 1** En esta estación del proceso se aplicó el modelo 1, con un solo servidor, evaluando con 5, 6, 7 y 8 operarios, se realizaron los cálculos respectivos por medio de las fórmulas que se explicaron en el capítulo 1 inciso 1.5.3. Se obtuvo el siguiente cuadro, donde se presentan las cuatro opciones, siendo óptima la opción de 6 operarios, por tener los menores costos. En el capítulo 4 se realizan los cálculos de la opción óptima de estas propuestas.

Tabla IV. Resumen de cálculos del modelo 1 en cuatro opciones

Cuello de botella

Operarios	Propuestas			
	5	6	7	8
Tasa de llegada	8	8	8	8
Tasa de servicio	10	12	14	16
Costo serv./h (por operario)	Q 5.10	Q 5.10	Q 5.10	Q 5.10
Costo esp./h (por camión)	Q 7.60	Q 7.60	Q 7.60	Q 7.60
FACTOR UTILIZACION(eficiencia)	80%	67%	57%	50%
LS (clientes en el sistema)	4.00	2.00	1.33	1.00
LQ (clientes en cola)	3.20	1.33	0.76	0.50
WS (tiempo en el sistema)	0.50	0.25	0.17	0.13
WQ (tiempo en cola)	0.40	0.17	0.10	0.06
WS-WQ (tiempo de operación)	0.10	0.08	0.07	0.06
Costo total/h	Q 55.90	Q 45.80	Q 45.83	Q 48.40
		Óptimo		

- **Modelo 2** Se aplicó este modelo con la opción de 2 servidores y 3 operarios cada uno, ya que con más de 2 servidores se causan altos costos, por lo que se descarta un número mayor de servidores. Se realizan los cálculos de este modelo para poder compararlos con el modelo 1.

- **Cálculos** De acuerdo a las fórmulas dadas en el capítulo 1 inciso 1.5.3., se obtuvieron los siguientes valores

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!} * \frac{1}{1 - (\lambda/\mu k)} \right]}$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(8/6)^n}{n!} + \frac{(8/6)^k}{2!} * \frac{1}{1 - (8/6*2)} \right]}$$

$$P_0 = 0.52 = 52\%$$

$$L_q = \frac{P_0 (\lambda / \mu)^k (\lambda / \mu k)}{k! (1 - \lambda / \mu k)^2}$$

$$L_q = \frac{0.52 (8 / 6)^2 (8 / 6*2)}{2! (1 - 8 / 6*2)^2}$$

$$L_q = 2.8 \text{ camiones}$$

Esto significa que 3 camiones promedio están en cola, esperando el servicio en la estación de preparar carga.

$$L_s = L_q + \lambda / \mu$$

$$L_s = 2.8 + 8 / 6$$

$$L_s = 4.13 \text{ camiones}$$

Esto significa que 4 camiones promedio están en la estación de preparar carga, en cola o recibiendo el servicio.

$$W_q = L_q / \lambda$$

$$W_q = 2.8 / 8$$

$$W_q = 0.35 \text{ h}$$

Este es el tiempo promedio de permanencia en cola, esperando el servicio de preparar carga.

$$W_s = W_q + 1/\mu$$

$$W_s = 0.35 + 1 / 6$$

$$W_s = 0.51 \text{ h}$$

Este es el tiempo promedio de permanencia en la estación de preparar carga, ya sea haciendo cola o siendo atendido.

$$W_s - W_q = \text{tiempo de operación}$$

$$W_s - W_q = 0.51 - 0.35$$

Es el tiempo que se tarda en brindar el servicio de preparar carga.

$$\text{COSTO TOTAL} = L_s * \text{costo improductivo} + (\text{Costo servicio} * k) + \text{Otros gastos}$$

Donde L_s = número de clientes promedio en la estación de preparar carga

$$\text{COSTO TOTAL} = (4 * 7.60) + (5.10 * 3 * 2) + 1.22$$

$$\text{COSTO TOTAL} = \text{Q } 62.22/\text{h}$$

A continuación se presenta la tabla resumen de este modelo 2

Tabla V. Resumen aplicación modelo 2

Modelo 2 de Poisson (con 2 servidores)**Cuello de botella**

Operarios	6
Tasa de llegada	8
Tasa de servicio	6
Costo serv./h (por operario)	Q 5.10
Costo esp./h (por camión)	Q 7.60
Otros gastos de operación	Q 1.22
FACTOR UTILIZACIÓN (eficiencia)	67%
LS (clientes en el sistema)	4
LQ (clientes en cola)	2.8
WS (tiempo en el sistema)	0.51
WQ (tiempo en cola)	0.35
WS-WQ (tiempo de operación)	0.16
Costo total/h	Q 62.22

Los cálculos realizados en este modelo 2 se pueden comparar con los del modelo 1 resumidos en la tabla III, y se ve que el costo de este modelo 2 es de Q 62.22 por hora, por lo que es mayor que los del modelo 1 con sus distintas opciones, así que, lógicamente, se descarta su aplicación.

3.2.1. Promedio de clientes en cola (camiones)**Modelo 1**

Con 5 operarios = 3.2

Con 6 operarios = 1.33

Con 7 operarios = 0.76

Con 8 operarios = 0.5

Modelo 2

Con 2 servidores = 2.8

3.2.2. Promedio de tiempo que espera un cliente en cola (h)

Modelo 1

Con 5 operarios = 0.4

Con 6 operarios = 0.17

Con 7 operarios = 0.10

Con 8 operarios = 0.06

Modelo 2

Con 2 servidores = 0.35

3.2.3. Promedio de tiempo que permanece un cliente en el sistema(h)

Modelo 1

Con 5 operarios = 0.5

Con 6 operarios = 0.25

Con 7 operarios = 0.17

Con 8 operarios = 0.13

Modelo 2

Con 2 servidores = 0.51

3.2.4. Promedio de número de clientes en el sistema (camiones)

Modelo 1

Con 5 operarios = 4

Con 6 operarios = 2

Con 7 operarios = 1.33

Con 8 operarios = 1

Modelo 2

Con 2 servidores = 4

3.2.5. Factor de utilización (%)

Modelo 1

Con 5 operarios = 80%

Con 6 operarios = 67%

Con 7 operarios = 57%

Con 8 operarios = 50%

Modelo 2

Con 2 servidores, 67%

3.2.6. Costos totales

Modelo 1

Con 5 operarios = Q 57.12

Con 6 operarios = Q 47.02 (optimo)

Con 7 operarios = Q 47.05

Con 8 operarios = Q 49.62

Modelo 2

Con 2 servidores = Q 62.22

De acuerdo a los cambios realizados en estas propuestas, se encontró una nueva opción óptima, el modelo 1 con 6 operarios, la cual se describe en el capítulo siguiente.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA ELEGIDA

4.1. Importancia de la propuesta

Con la implementación de la propuesta elegida, que resultó de la aplicación de los 2 modelos descritos en el capítulo 3, se tendrá una reducción de tiempo de servicio y de espera. Esta propuesta se selecciona entre las varias opciones porque representa el menor costo para tener el equilibrio en el cuello de botella, así como en todo el proceso o sistema, a fin de que la tasa de servicio sea mayor que la tasa de llegada.

4.1.1. Requerimientos del modelo

Se requerirán:

- **Recurso humano** Se necesitará contratar a 3 nuevos operarios para el área de preparar carga, los cuales trabajaran en la jornada mixta junto a los 3 operarios ya existentes, teniendo el mismo salario. Se contará con el apoyo del departamento de Recursos Humanos de la empresa para la selección y contratación del personal.

- **Costos** Éstos consisten en el salario de Q 1,071.00/mes de los 3 nuevos operarios, lo que da un costo adicional de Q 3,213.00/mes. No existe otro costo, ya que la capacitación para el tipo de trabajo (preparar carga) es dada por el encargado de bodega, quien tiene a este grupo de operarios a su cargo.

4.1.2. Análisis de factibilidad

- **Impedimentos con operarios** Éstos se darán durante los primeros días de trabajo, debido a la falta de experiencia, ya que, aunque sea una tarea sencilla, se

requiere de práctica, por lo cual se tendrá un tiempo de aprendizaje durante el cual se conocerá bien el trabajo para adquirir la práctica requerida.

- **Impedimentos con vendedores** No existen, ya que los vendedores sólo se encargan de ingresar el camión a la agencia. De allí en adelante, en todo el proceso de despacho es el auxiliar de ventas quien espera el servicio, mientras el vendedor liquida la venta en el área de prodatos.

- **Impedimentos con auxiliares** Estos ocurren debido a que no llevan correctamente llenada la hoja de check out, lo que provoca que cuando la carga ya está preparada, llegan a corregir la orden de carga. Se realizarán chequeos semanales por medio de formatos de control de tiempo de servicio y variación del servicio, los cuales serán reportados a la administración para su verificación y para la toma de decisiones destinadas a evitar las variaciones y mantener el tiempo de servicio bajo control, a fin de que se mantengan los tiempos promedio de servicio estándar.

4.2. Aplicación del modelo

El modelo 1 de Poisson con un solo servidor y 6 operarios es el que se eligió por representar la mejor opción, comparada con las otras opciones del mismo modelo, las cuales se muestran en el capítulo 3, con otro número de operarios, y con el otro modelo 2 de Poisson con 2 servidores de 3 operarios cada uno, dando los menores costos y un factor de utilización menor al 100%. Así se reduce el tiempo de servicio de 10 a 5 minutos.

4.2.1. Estructura del modelo

El modelo 1, con un servidor y 6 operarios, tiene una tasa de servicio de 12 camiones/h, y una tasa de llegada de 8 camiones/h lo cual da el equilibrio del sistema en cuanto a costos y tiempo de servicio. A continuación se presentan los cálculos de todos los factores del modelo.

4.3.2.1. Equilibrio del servicio con el modelo propuesto

Este equilibrio se da cuando la tasa de servicio es igual o mayor a la tasa de llegada, lo que da un factor de utilización del 100 %, o menor, idealmente.

La eficiencia o factor de utilización según las fórmulas aplicadas en el capítulo 1, inciso 1.5.3., es:

$$\rho = \lambda / k \mu \quad (\text{donde: } k * \mu \text{ debe ser } > \lambda)$$

$$\rho = 8 / 1*12$$

$$\rho = 67 \%$$

Existe pues, un 67% del tiempo de servicio en utilización, lo cual representa el equilibrio deseado, el cual se da con un valor igual o menor al 100%. Este equilibrio no existe en el valor actual, ya que el valor es de 133%, lo que representa un desequilibrio en la prestación del servicio.

4.3.1. Número de servidores

El número de servidores para la estación de preparar carga está dado por el modelo 1, con 6 operarios, para brindar el servicio de preparar carga, lo que significa que se atenderá a un solo camión a la vez, con las 6 personas de la estación. Esto representa una disminución en el tiempo de servicio, ya que

actualmente se cuenta con 3 operarios, así pues se duplicará la capacidad de la estación.

4.2.3. Tasa de llegada

La tasa de llegada permanece constante independientemente del modelo a usar, por lo que sigue siendo de 8 clientes/hora, ya que no depende de los modelos sino de la fuente de ingreso, y para medirlo, se toman tiempos de llegada de los camiones, para luego sacar el valor promedio, y tener un valor representativo de este factor tan importante.

4.2.4. Tasa de servicio

La tasa de servicio de la propuesta elegida es de 12 clientes / hora, lo que significa que se tendrá la capacidad de atender 12 camiones por hora, lo cual es acertado porque con la tasa actual se atienden 6 camiones/h, lo que provoca la cola.

Así se logrará una eficiencia óptima, porque la tasa de servicio, que es de 12 camiones/h, será menor que la tasa de llegada, que es de 8 camiones/h.

4.2.5. Promedio de clientes en cola (Lq)

$$Lq = \lambda^2 / (\mu (\mu - \lambda))$$

$$Lq = 8^2 / (12 (12 - 8))$$

$$Lq = 1.33 \text{ camiones}$$

Esto significa que existen 1.33 camiones promedio haciendo cola para recibir el servicio de preparar carga, lo cual es acertado porque disminuye el número de camiones haciendo cola de 5 a 1.33, ya que el hacer cola representa costos desperdiciados.

4.2.6. Promedio de tiempo que espera un cliente en cola

$$Wq = \lambda / (\mu (\mu - \lambda))$$

$$Wq = 8 / (12 (12 - 8))$$

$$Wq = 0.17 \text{ hr}$$

Esto significa que el camión espera en cola 0.17 de hora para poder ser atendido, mientras que actualmente la espera es de 0.66 h, lo cual representa una disminución de 0.49 h.

4.2.7. Promedio de tiempo que permanece un cliente en el sistema

$$Ws = 1 / (\mu - \lambda)$$

$$Ws = 1 / (12 - 8)$$

$$Ws = 0.25 \text{ h}$$

El camión tarda 0.25 de hora en cola y en servicio mientras preparan su carga. El valor actual es de 0.5 h, lo que significa un ahorro del 50% del tiempo en la estación.

4.2.8. Promedio de número de clientes en el sistema

$$Ls = \lambda / (\mu - \lambda)$$

$$Ls = 8 / (12 - 8)$$

$$Ls = 2 \text{ camiones}$$

Esto significa que existe un total de 2 camiones promedio en cola y en servicio de preparar carga, comparado con el actual, que es de 4 camiones, resulta pues, una disminución de 2 camiones en toda la estación, ya sea haciendo cola o en el propio servicio.

4.2.9. Factor de utilización o eficiencia

$$\rho = \lambda / k \mu$$

$$\rho = 8 / 1*12$$

$$\rho = 67\%$$

Esta es la eficiencia de la estación en cuanto a preparar carga. Es aceptable por ser menor del 100% y mayor al 60%, el cual es el valor mínimo aceptable para la eficiencia, ya que un valor menor al 60% significaría una pérdida excesiva del tiempo útil de servicio. El valor actual es de 133%, lo que hace que el servicio sea lento, por ser ineficaz.

4.3. Análisis de costos

•Cuello de botella

4.3.1. Costos de brindar el servicio con el modelo propuesto

Costo Servicio = Costo/operario/h * operarios + otros gastos/h

Costo Servicio = (Q 5.10/h * 6 operarios)

Costo Servicio = Q 30.60/h

En el costo actual este valor es de Q 15.30 (dado en la tabla II), siendo la mitad de la propuesta, debido a que sólo se incluyen 3 operarios para dar el servicio. Estos datos se compararan en el capítulo siguiente.

4.3.1.1. Costos fijos y variables

El costo de brindar el servicio es el costo fijo del proceso, ya que no importando cuantos camiones se atiendan, siempre es el mismo costo, el cual es de Q 30.60/h, y no existen aquí costos variables.

4.3.2. Costos de esperar el servicio con el modelo propuesto

Costo esperar = $L_s \cdot \text{costo/auxiliar que espera/h}$

Costo esperar = $2 \cdot Q 7.60/h$

Costo esperar = Q 15.20 / h

Este costo también disminuye considerablemente, de Q 30.40 en el modelo actual, a Q 15.20 en el modelo propuesto. Esto significa un ahorro de cincuenta por ciento.

4.3.2.1. Costos fijos y variables

El costo de esperar el servicio es el costo variable del proceso, ya que el costo depende del tiempo que se permanezca en cola esperando el auxiliar por el servicio. Aquí no existe el costo fijo.

4.3.3. Costo total

Costo Total = Costo servicio + Costo esperar

Costo Total = Q 30.60/h + Q 15.20/h

Costo Total = Q 45.80/h = Q 9,618.00/mes.

Este costo es la sumatoria del costo de brindar el servicio y el costo de esperarlo. Este valor es aceptable, ya que solo aumenta Q 0.10, teniendo 3 operarios más, debido al valor de espera, que disminuyó de 4 a 2, lo cual hace que se mantengan bajos los costos.

- **Costo total de todo el proceso**

La sumatoria de todos los costos de todas las estaciones del proceso, calculando por separado la estación de preparar carga, por ser el cuello de botella, donde ya se realizó el análisis por medio del método de costos de teoría de colas, cuyo valor es de Q 45.80/h o Q 9,618.00/mes. El costo de las otras estaciones está calculado en la tabla II., con un valor de Q 36.94/h o Q 7,757.40/mes, de donde ya hemos descontado los salarios de los operarios de la estación de preparar carga. El valor de las demás estaciones no varía con la aplicación del modelo propuesto.

COSTO TOTAL = Q 36.94/h (de otras estaciones) + Q 45.80/h (de estación de preparar carga) + Q 8.57/h (de otros gastos)

COSTO TOTAL = Q 91.31/h = Q 19,175.10/mes.

5. EVALUACIÓN

5.1. Comparación entre el sistema actual y propuesto

En el sistema actual no se da el equilibrio del sistema, debido a la diferencia entre las tasas de llegada y de servicio, siendo la tasa de servicio de 6 camiones / h, menor que la tasa de llegada, que es de 8 camiones / h, mientras con la aplicación de la propuesta elegida, descrita en el capítulo 4, la situación se invierte, quedando mayor la tasa de servicio con 12 camiones / h y la tasa de llegada con 8 camiones / h (ya que ésta se mantiene constante, porque es independiente de la tasa de servicio). Así se brinda equilibrio, además de disminuir los factores importantes tales como: el número de clientes promedio en cola, que disminuye de 5.33 a 1.33 camiones; el número de clientes promedio en el sistema, que disminuye de 4 a 2 camiones/h. Disminuyen también los tiempos promedio de espera en cola, de 0.67 a 0.17 h, y el tiempo promedio en el sistema, de 0.50 a 0.25 h, reduciendo a su vez el tiempo de operación de 0.17 a 0.08 h.

5.1.1. El equilibrio del servicio propuesto de cara al actual

El equilibrio del servicio propuesto se da debido al cambio en los valores de las tasas de servicio y de llegada, donde la tasa de servicio ya es mayor que la tasa de llegada, lo que da una eficiencia menor al 100 %, lo cual es un valor lógico. En el modelo actual no existe equilibrio, sino desequilibrio del servicio, ya que la tasa de llegada es mayor que la tasa de servicio, lo que da un valor mayor del 100%, lo cual es un valor ilógico, ya que no se puede estar ocupados más del 100%, y esto es lo que provoca la cola en la estación.

5.1.2. El factor de utilización

El modelo propuesto, da para el cuello de botella da un valor de 67%, el cual es un valor lógico y aceptable, mientras que actualmente este factor es de 133%, el cual es imposible, por ser mayor del 100% del valor máximo real. Igualmente, al implementar este cambio en el cuello de botella, da para todo el proceso un valor del 100%, el cual ya es un valor aceptable.

5.1.3. Comparación de costos

- **Cuello de botella** en el modelo actual se tiene un costo de Q 45.70 / h, mientras que en el modelo propuesto se tiene un costo de Q 45.80 / h, equivalente a Q 9,618.00 / mes, lo cual da un incremento de Q 0.10 / h ó Q21.00/mes. Se trata de una suma insignificante, comparado, con el beneficio de poder brindar un buen servicio debido al equilibrio que se realiza.

- Todo el proceso **El costo total de todas las estaciones es de Q91.21/h ó Q 19,154.10/mes, mientras que con el modelo propuesto sólo se da el aumento de la estación de preparar carga de Q 0.10/h o Q 21.00/mes, quedando el costo total de la propuesta en Q 91.31/h o Q 19,175.10/mes.**

Todos estos valores se calcularon en el capítulo 4 (propuesta), y en el capítulo 2 (actual). A continuación se presenta la tabla resumen de la comparación entre el modelo actual y la propuesta.

Tabla VI. Comparación de modelos actual y óptimo

Comparación de modelos en cuello de botella		
	Actual	Óptimo
Operarios	3	6
Tasa de llegada	8	8
Tasa de servicio	6	12
Costo serv./h (por operario)	Q 5.10	Q 5.10
Costo esp./h (por camión)	Q 7.60	Q 7.60
Otros Gastos de operación	Q 1.22	Q 1.22
FACTOR UTILIZACION(eficiencia)	133%	67%
LS (clientes en el sistema)	4.00	2.00
LQ (clientes en cola)	-5.33	1.33
WS (tiempo en el sistema)	-0.50	0.25
WQ (tiempo en cola)	-0.67	0.17
WS-WQ (tiempo de operación)	0.17	0.08
Costo total/h	Q 45.70	Q 45.80

5.2. Limitaciones encontradas

Las limitaciones encontradas son varias, ya que no existe un control interno adecuado sobre este proceso, lo que provoca retrasos en el servicio. A continuación se presentan las limitaciones más importantes encontradas en las estaciones de trabajo de acuerdo a las condiciones de trabajo y a las interrupciones del proceso.

5.2.1. Condiciones de trabajo

En el proceso de despacho de la agencia estas condiciones no son las correctas, por existir algunas limitaciones, entre las que se pueden mencionar:

Caseta de cambio

- en época de invierno resulta difícil trabajar en la caseta, ya que no se cuenta con una lona o un toldo que los proteja de la lluvia a los operarios. Esta es la estación donde se realizan los cambios de producto y de envase en mal estado.

Check in

- **no existe un lugar específico para la revisión del vista encargado del *check in*, ya que si no hay camiones adentro de la bodega, no realiza la inspección sino en el área de carga y descarga; de lo contrario, lo hace en la entrada de bodega, donde idealmente debe hacerlo.**

Preparar carga

- La iluminación del área de bodega donde se encuentran los productos es defectuosa (tenue), ya que por ser locales alquilados no se les da un mantenimiento adecuado.
- El *trucket* que se utiliza se mantiene descompuesto y no se utilizan siempre, sino que se pide prestado.
- Se pide favor a un operario de montacargas para que baje producto cuando ya no se tiene a su alcance, ya que no se cuenta con un montacargas propio.
- En la bodega hay mala distribución del producto de refrescos en la presentación de doble litro.

5.2.2 Interrupciones del servicio

Son las que se dan debido a la falta de control en cada una de las estaciones, entre las que se pueden mencionar:

Caseta de cambio

- A los vendedores y auxiliares se les olvida llenar los requisitos para cambiar el producto en mal estado (en especial firmas de autorización que se dan en el departamento de Ventas, con el gerente)
- Las instrucciones que deben cumplir los operarios de los camiones vendedores no son notificadas con anticipación o no hay comunicación con respecto a los requisitos que deben llenar. Esto hace que a veces no traigan la papelería lista y lleguen a caseta sin saber que papeles deben llevar listos, lo cual confunde y molesta a los auxiliares del camión
- No tienen información exacta de qué productos se pueden cambiar en caseta, porque se piden algunos productos y el encargado de caseta dice que no le han autorizado cambiar ese producto
- A veces se regresa a cambiar productos cuando ya se está en la siguiente estación, que es la de *check in*, porque se les olvido a los operarios del camión o no les “cuadra” el vista (encargado de *check in*), por lo que los regresa a cambiar y esto atrasa la operación

Vista de *check in*

- Algunas veces no atiende uno por uno los camiones, porque al primero le falta algún requisito (no llega cuadrado su producto, no lleva lista la papelería, faltan envases, etc.), y entonces empieza a atender al segundo camión, lo que atrasa esta operación
- Se hace mucha cola en espera de pasar por esta operación

- Las horas críticas de esta operación se dan entre las 5 p.m. y las 7:30 p.m.
- A veces el vendedor y el auxiliar del camión llegan al extremo de no llevar lleno el formulario de *check in* para poder ingresar el producto, y se culpan entre ellos

Preparar carga

- Deben revisarse los formularios de check out, ya que por ser copia, a veces no pasan bien los números y esto provoca confusiones respecto de las cantidades que hay que preparar de cada producto
- Deben revisar los estibadores que el producto no vaya vencido y en buen estado, y que la carga vaya completa, ya que en la misma caja hay producto con distintas fechas de vencimiento

Check out

- Algunas veces regresa a devolver producto a bodega o a pedir algún faltante en la sección de preparar carga, ya que no cuadra la hoja de *check out* con lo que se tiene en producto en el camión.

5.3 Capacitación del personal

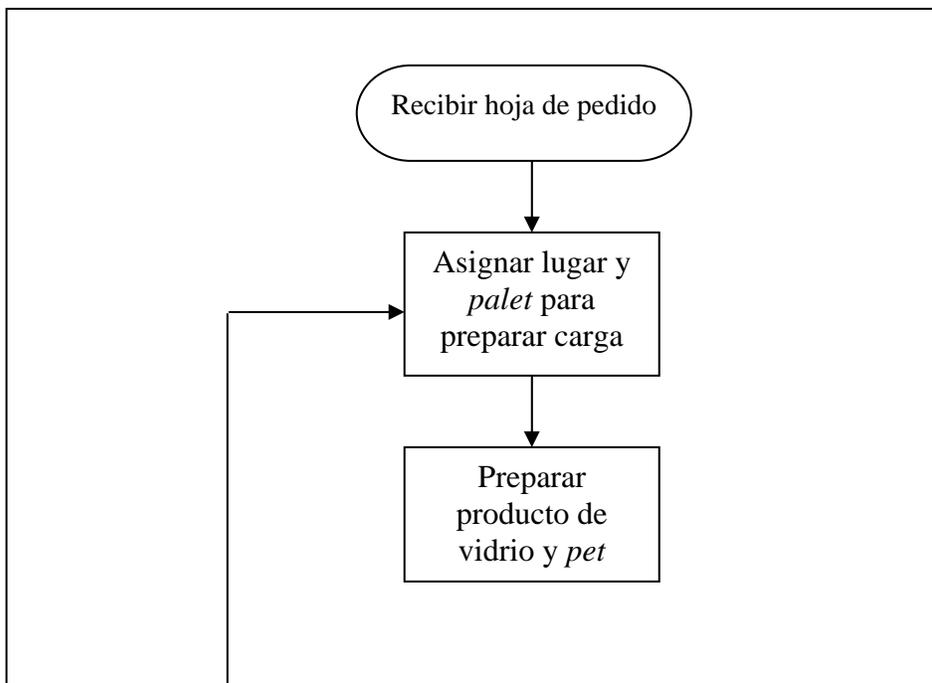
La capacitación consiste en enseñarle al personal nuevo la manera en que se preparan las cargas de los camiones, y la forma en que se mantiene ordenado el producto en bodega, dándoles un seguimiento adecuado de todos los pasos de la siguiente manera:

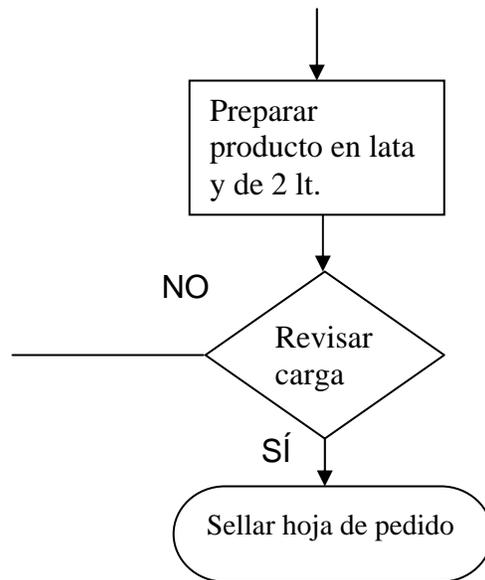
- Entregar el formulario de *check out*, donde se especifican todos los requerimientos de productos por camión

- Asignar el lugar y un *palet* para preparar la carga
- Empezar a preparar la carga de producto de vidrio, que es lo más difícil, por el peso del mismo
- Preparar la carga de producto *pet*, o sea todas las presentaciones de refrescos de plástico
- Preparar la carga de productos en lata y doble litro, que es lo que menos demanda tiene, por lo que se deja de último
- Llamar al montacargas para que sea transportado el producto al camión
- Sellar la hoja de *check out*, de que ya se despachó el producto
- Ordenar el producto existente en bodega

A continuación se presenta el flujograma de la estación de preparar carga:

Figura 10. Flujograma de la estación de preparar carga





Esta capacitación está a cargo del encargado de bodega y de los mismos compañeros de trabajo, ya que por ser un método sencillo no requiere mayores instrucciones para realizarlo.

5.3.1. Asignación de atribuciones

Las atribuciones del nuevo personal (operarios para preparar carga) son las siguientes:

- Revisar formulario de *check out*, para preparar la carga
- Preparar la carga con los distintos productos pedidos por el personal del camión
- Sellar formulario cuando se ha terminado de preparar la carga
- Ordenar el producto en bodega, de acuerdo al tamaño y sabor de las presentaciones

5.4 Índices a controlar

Los índices a controlar son los tiempos estándar y la variación del servicio en cada estación del proceso, ya que de éstos dependerá que se tenga el equilibrio del sistema. Si estos dos índices aumentan, no se tendrá la eficiencia requerida. Se controlaran por medio de los formatos de control que se aplicarán.

5.4.1 Tiempo estándar por estación

Es el tiempo necesario para realizar la operación en las estaciones del servicio. Estas van a variar, de acuerdo a la estación de servicio, siendo la mas importante a controlar la de preparar carga, que es donde existe el cuello de botella.

5.4.2 Variación del servicio en cada estación del proceso

Este índice es muy importante, ya que las variaciones del servicio por condiciones de trabajo e interrupciones, las cuales ya se comentaron, son muy comunes y habrá que implementar una supervisión para que se eviten, porque el éxito de la implementación de la propuesta elegida en los capítulos anteriores dependerá de este hecho.

5.5 Implementación de formatos de control del proceso

Estos formatos deben controlar los índices que interesa mantener estables, por lo que se requieren dos formatos, los cuales son:

- Formato de control de tiempos estándar: consiste en un formato donde semanalmente se hará una toma de tiempos, en todas las estaciones del proceso, para compararse con los datos calculados, y ver la variabilidad de

los tiempos. Si existiesen cambios grandes, se revisará qué factores están afectando, para corregirlos.

- Formato de variación del servicio: consiste en un formato donde se apuntarán los distintos problemas o incidentes que ocurran en cada estación de servicio, con el nombre del auxiliar, identificación del camión y la hora en que ocurrió. Esta información se reportará al gerente de Ventas, para que busque con el encargado de Bodega qué solución se puede encontrar para que el caso no se repita.

Los formatos a implementar se presentan en el anexo, figuras 14 y 15.

CONCLUSIONES

1. Los tiempos improductivos del personal y de los camiones se han determinado por medio del cuello de botella detectado en la estación de preparar carga, que es la estación que retrasa todo el proceso y provoca las colas. El tiempo que se tarda para brindar el servicio es de 10 minutos por camión, lo cual significa que puede atender a 6 camiones/h. Esta a su vez, es la tasa de servicio que se usó para calcular el modelo actual, mientras que el tiempo promedio que el personal pierde haciendo cola es de 0.67 h, equivalente a 40 minutos, y el número promedio de camiones haciendo cola es de 5.
2. La eficiencia actual de todo el proceso es de 136%, y para el cuello de botella, de 133%. Esto significa que no es posible brindar un servicio eficiente porque no está entre los parámetros reales de 60-100% de eficiencia. Un porcentaje menor que éste significa pérdida de tiempo; y una mayor, como es el caso en ambos, se considera ilógico para que se pueda brindar un servicio con una eficiencia mayor del 100%. Con la propuesta descrita se obtienen eficiencias de 100% para todo el proceso y de un 67% para el cuello de botella.
3. El modelo que más se adapta a las necesidades del cuello de botella, donde se origina el retraso de todo el proceso, es el modelo 1 de *Poisson* con 1 servidor y 6 operarios, o sea 3 operarios mas que el actual.

Este modelo reducirá los costos y los tiempos de servicio y espera quedando así: tasa de servicio = 12 camiones/h, el doble de la capacidad actual que es de 6 camiones/h. Tiempo promedio haciendo cola = 0.17 h equivalente a 10 minutos, o sea una reducción de 30 minutos. Número promedio de camiones haciendo cola = 1.33, una disminución aproximada de

4 camiones respecto al valor actual. Número de clientes promedio en la estación = 2 camiones; el actual es de 4 camiones, lo que reduce a la mitad el número de camiones en la estación, ya sea haciendo cola o recibiendo el servicio. También se reduce el tiempo promedio en la estación, de 30 minutos (0.5 h) a 15 minutos (0.15 h).

4. Los costos actuales tienen un valor de Q 45.70/h, equivalentes a Q9,597.00/mes. Para todo el proceso la sumatoria del costo total es de Q91.21/h, equivalente a Q19,154.10/mes. Para el modelo elegido los costos de preparar carga son de Q 45.80, equivalentes a Q9,618.00/mes, teniendo apenas un incremento de 10 centavos/h, y el costo total de todo el proceso queda en Q 91.31./h, equivalente a Q19,175.10/mes. Esto significa un pequeño incremento de Q 0.10/h, reduciendo el costo de espera y de servicio, por lo que aún teniendo 3 operarios más, el incremento en los costos es leve, comparado con el beneficio que trae el poder brindar un servicio eficiente.
5. La distribución actual en bodega de los productos más importantes de la agencia es la idónea, ya que se está implementando un sistema de control de inventarios llamado WMS (Warehouse Management System), siglas que en inglés significan "Administración del sistema de almacenaje". Este consiste en un software que optimiza el inventario por medio de la ubicación exacta del producto, para mejorar operaciones, rotar el producto. Así se aprovechará al máximo el espacio disponible en bodega. Este software esta enfocado hacia las ventas de los mismos.
6. Los índices identificados son de gran importancia para el control del proceso. Se refieren a los tiempos que se ocupan en brindar y esperar el servicio, ya que de éstos dependen los costos totales del servicio, por lo que es de gran importancia mantener los tiempos lo más bajos que sea posible, por medio del control de las variaciones, para no afectar los costos.

7. Los formatos que se aplicarán para dar seguimiento a la propuesta controlarán los índices que interesan mantener estables, siendo estos: el formato de control de tiempo estándar y el formato de variación del servicio, los cuales se complementan entre sí, ya que por medio del control de las variaciones se mantendrán los tiempos estándar deseados.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario mantener un grupo permanente de operarios en la estación de preparar carga, ya que existe mucha rotación de operarios, porque renuncian al trabajo, lo cual repercute en la eficiencia del servicio, ya que cada vez que esto sucede hay que contratar nuevo personal y capacitarlo, lo cual ocasiona malestar en los que piden el servicio, porque los encargados de preparar la carga no tienen la experiencia necesaria y esto retrasa el tiempo de espera y atención.
2. Se debe exigir más control por parte del encargado de bodega, para que evalúe cada una de las estaciones del proceso por medio de los formularios que se implementarán, ya que del control que se obtenga de éstos, dependerá el buen funcionamiento de la propuesta elegida, la cual depende a su vez de los factores importantes que hay que mantener estables, para mantener el equilibrio del proceso, y no volver a la situación actual.
3. Es conveniente reunirse constantemente con el departamento de Ventas para coordinarse con la bodega, respecto a qué requisitos o cambios existen para ingresar al proceso de despacho, ya que repetidamente sucede que no hay coordinación entre el encargado de la estación y el auxiliar de venta, debido a que aquél no está informado de los requisitos o cambios necesarios para poder pasar por dicha estación; por ejemplo, cuando se manejan bonificaciones especiales por alguna oferta, se crea confusión porque no se tiene la información correcta para reportar esas ventas extras.
4. Se deben brindar el mobiliario y el equipo necesario para la estación de preparar carga, ya que actualmente no cuentan con un *truck* en buen estado y tienen que estar pidiéndolo prestado a los choferes de los camiones que llegan a pedir el servicio. Además, necesitan un pequeño escritorio o mesa

para poder archivar las órdenes de carga y los utensilios que utilizan, como hojas, marcadores, engrapadora. Actualmente estos utensilios son ubicados en una caja de cartón sobre los *palets* de producto y los cambian constantemente de acuerdo al movimiento del producto.

5. Es necesario señalizar todo el parqueo de la agencia, ya que existe el problema de que no están señalizados todos los parqueos, y los pilotos parquean los camiones en lugares que no son adecuados, lo que dificulta el tráfico en esta área, provocando retraso a la hora de parquear los camiones rutereros.
6. Se debe capacitar a todo el personal de las distintas estaciones acerca del proceso para que puedan trabajar en cualquier estación y no solamente en una, para que cuando no asista algún operario, pueda cubrir cualquier estación, sin necesidad de interrumpir el proceso, ya que actualmente es el encargado de bodega quién cubre estos casos, pero si él se encuentra ocupado cumpliendo otras tareas, el proceso se queda varado.

BIBLIOGRAFÍA

1. CIFUENTES Gándara, Karen. Análisis de optimización de líneas de espera en el proceso de autorización de una tarjeta de crédito. Tesis de Licenciatura en administración de Empresas. Guatemala, Universidad Francisco Marroquín, Facultad de Ciencias Económicas, 1999, 54pp.
2. HILLIER, Frederick S. y Gerald J. Lieberman. Introducción a la investigación de operaciones. 6^a ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1999, 998pp.
3. HINES, William W. y Douglas C. Montgomery. Probabilidad y estadística. 3^a ed. México: Editorial CECSA, 1993, 834pp.
4. LEVIN, Richard I. y Charles A. Kirkpatrick. Enfoques cuantitativos a la administración. México: Editorial CECSA, 1987, 724pp.
5. PRAWDA, Juan. Métodos y modelos de investigación de operaciones. (volumen 2) México: Editorial Limusa, 1984, 1023pp.
6. RODRÍGUEZ Galindo Karla Judith. Las líneas de espera y su aplicación en la prestación de los servicios bancarios. Tesis Licenciatura en Administración de Empresas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 1998, 69pp.
7. TAHA. Investigación de operaciones. 5^a ed. México: Editorial Alfa y omega, 1995, 960pp.
8. Martínez Cabrera Edna Rocio. Estudio de factibilidad de la centralización del almacén general de una fábrica y embotelladora de bebidas. Tesis de Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999, 75 pp.

ANEXOS

Figura 11. Plano de la agencia

Figura 12. Distribución del producto en bodega

Figura 13. Diagrama de recorrido del proceso

Figura 14. Formato de control de tiempos estándar

HOJA DE CONTROL DE TIEMPOS EN CADA ESTACIÓN DEL PROCESO

HOJA No.

FECHA:

DÍA:

ESTACIÓN:

ENCARGADO:

No.	CAMIÓN	AUXILIAR	HORARIO	TIEMPO(MIN)	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
			TOTAL		
			PROMEDIO		

Figura 15. Formato de variación del servicio

HOJA DE CONTROL DE VARIACION DEL TIEMPO

HOJA No.

FECHA:

DÍA:

ESTACIÓN:

ENCARGADO:

No.	CAMIÓN	AUXILIAR	HORARIO	VARIACIÓN		MOTIVO DE LA VARIACIÓN
				NO	SI	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
		TOTAL				
		PROMEDIO				