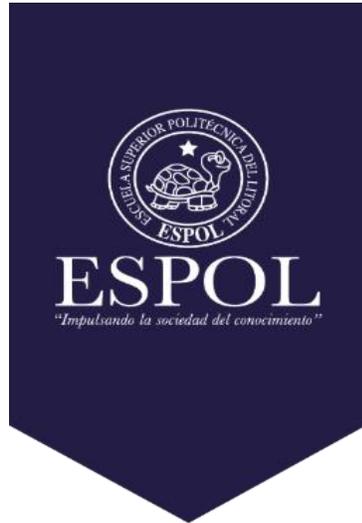


**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**FACULTA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANÍSTICAS**



**FCSH**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
SOCIALES Y HUMANÍSTICAS**

**PROYECTO INTEGRADOR**

**PREVIO OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERIA EN NEGOCIOS INTERNACIONALES**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE UNA  
COMERCIALIZADORA DE COMPONENTES INDUSTRIALES Y  
AUTOMOTRICES**

**Director del Proyecto:**

PhD. Washington Martínez

**Presentado por:**

Evelyn Lissette Regalado Macías

Guayaquil – Ecuador

2016

## **Dedicatoria**

Este proyecto va dedicado para Dios que me ha permitido cumplir este sueño y a mi familia que ha sido el pilar fundamental de mi vida y gracias a quienes he podido cumplir mis metas. Los amo.

Evelyn Lissette Regalado Macías

## **Agradecimientos**

Agradecer a Dios por permitir realizarme profesionalmente y por todas las bendiciones que me ha dado a lo largo de mi vida.

Agradecer a mi esposo por la paciencia brindada durante el desarrollo de este proyecto, así como también agradecer a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria, a mis hermanos, cuñada y sobrinos por ser parte importante en mi vida y ayudarme a crecer no solo profesionalmente sino también como persona.

Agradecer a mi director de Tesis por su ayuda para desarrollar este proyecto, por compartir sus conocimientos y lograr mejores resultados en este estudio.

Evelyn Lissette Regalado Macías

**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

**PhD. Washington Martínez**

**DIRECTOR DE TESIS**

## **Declaración Expresa**

La responsabilidad de esta Tesis de Grado corresponde exclusivamente a su autora y es patrimonio intelectual de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (ESPOL)

Evelyn Lissette Regalado Macías

## **RESUMEN**

En los últimos años se ha podido evidenciar como el sector industrial y automotriz han tomado fuerza dentro del país, la demanda por los productos de este sector ha ido en aumento y por ello la competitividad de las empresas también aumenta.

El presente estudio tiene como fin analizar el sistema de transporte usado para la distribución de los productos de una empresa comercializadora de componentes industriales y automotrices.

Se busca analizar las rutas existentes y determinar si una nueva ruta de distribución ayudaría a minimizar los costos y el tiempo empleado en la entrega de pedidos en toda su demanda a través de un software llamado Logware en el módulo ROUTER.

Se presentan los análisis realizados y los resultados obtenidos en este proyecto.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Planteamiento del problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Objetivo general .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Objetivos específicos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Justificación .....</b>	<b>4</b>

## **CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

<b>2.1 Características de la empresa .....</b>	<b>5</b>
2.1.1 La Empresa .....	5
2.1.2 Productos .....	6
2.1.3 Clientes .....	7
<b>2.2 Cadena de suministros .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Actividades logísticas .....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Actividades Claves .....	10
2.3.2 Actividades de Apoyo.....	10
<b>2.4 Actividades logísticas realizadas por la empresa .....</b>	<b>11</b>
2.4.1 Actividades Claves: .....	11
2.4.1.1 Servicio al Cliente:.....	11
2.4.1.2 Transporte: .....	11
2.4.1.3 Manejo de Inventarios .....	12
2.4.2. Actividades de Apoyo.....	13
Almacenamiento: .....	13
Compras .....	14
<b>2.5 Actividades críticas .....</b>	<b>15</b>

## **CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO**

<b>3.1 Introducción.....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Logística.....	20
3.1.2 Enfoque del estudio .....	21
<b>3.2 Conceptos generales .....</b>	<b>21</b>

3.2.1 Distribución logística.....	21
3.2.2 Factores que influyen en los canales de distribución.....	21
3.2.3 Sistemas de Distribución Física.....	22
De un origen a un destino .....	22
De un origen a varios destino .....	23
3.2.4 El Transporte dentro de la Logística.....	24
3.2.5 Importancia del Transporte.....	24
<b>3.3 Modelo de Estimación de Costos de transporte .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Redes logísticas.....</b>	<b>25</b>
3.4.1 Modelos de Redes.....	25
3.4.2 Ruteo.....	26
Parámetros del Ruteo.....	26
<b>3.5 Modelos encontrados para la asignación de transporte y rutas .....</b>	<b>26</b>
3.5.1 Modelo del Problema de Transporte.....	26
3.5.2 Modelo de Programación Lineal Entera .....	27
3.5.3 Modelo de Redes .....	27
Modelo de minimización de redes .....	27
Algoritmo del vecino más cercano .....	28
<b>3.6 Paper Revisados .....</b>	<b>28</b>

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

<b>4.1 Introducción.....</b>	<b>30</b>
4.1.1 Inducción a un Modelo .....	30
<b>4.2 Metodología de la investigación .....</b>	<b>30</b>
4.2.1 Tipos de Investigación .....	30
<b>4.3 Problema de Ruteo (Vehicle Routing Problem (VRP)).....</b>	<b>31</b>
4.3.1 Parámetros del problema .....	31
4.3.2 Enfoque de la solución.....	31
4.3.3 Algoritmo del vecino más cercano (Nearest neighbor algorithms) .....	32
4.3.4 Algoritmo del barrido .....	32
<b>4.4 Modelo de programación y diseño de rutas.....</b>	<b>33</b>

4.4.1 Aplicaciones del Modelo de Programación .....	35
4.3.1 Módulo ROUTER.....	35
Elementos que intervienen en el módulo .....	35
Etapas de resolución del módulo .....	37
<b>4.4 Modelo de Estimación de Costo de Transporte Terrestre .....</b>	<b>37</b>
4.4.1 Componentes de la base tarifaria .....	37
Costos de Operación .....	37
Costos Variables: Costos de Viaje.....	39
Costos de recuperación del capital invertido .....	41

## **CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

<b>5.1 Introducción.....</b>	<b>42</b>
<b>5.2 Módulo usado en el estudio .....</b>	<b>42</b>
Localización del depósito y los clientes .....	42
Diseño de Ruta para el día Martes .....	44
Diseño de ruta día miércoles.....	47
Diseño de Ruta día Jueves .....	49
Diseño de ruta día Viernes.....	51
<b>5.3 Sistema de Distribución de la empresa .....</b>	<b>53</b>
<b>5.4 Presentación de los cálculos realizados .....</b>	<b>56</b>
5.4.1 Costos fijos .....	57
5.4.2 Costos variables .....	58
<b>5.5 Resumen del cálculo de los costos de distribución .....</b>	<b>61</b>

## **CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

<b>6.1 Presentación de Resultados aplicando ROUTER .....</b>	<b>63</b>
6.1.2 Resumen de costos totales de distribución por ruta.....	63
<b>6.2 Análisis de los resultados .....</b>	<b>64</b>
6.2.1 Número de vehículos .....	64
6.2.2 Kilómetros mensuales.....	64

6.2.3 Tiempo total de recorrido .....	65
6.2.4 Costos Totales.....	65

## **CAPÍTULO VII CONCLUSIONES**

<b>REFERENCIA .....</b>	<b>69</b>
-------------------------	-----------

## **Lista de tablas**

<i>Tabla 1 Sectorización de las rutas de distribución</i> .....	17
<i>Tabla 2.2 Ubicación de los clientes según la Zona</i> .....	18
<i>Tabla 2.3 Cronograma de despacho</i> .....	19
<i>Tabla 2.4 Tiempo de carga y descarga de cada camión</i> .....	19
<i>Tabla 5.5 Rendimiento del Combustible</i> .....	54
<i>Tabla 5.6 Costos de Mantenimiento de los Camiones</i> .....	56
<i>Tabla 5.7 Costos Operativos</i> .....	- 56
<i>Tabla 5.8 Tasa y Seguros</i> .....	57
<i>Tabla 5.9 Amortización anual</i> .....	57
<i>Tabla 5.10 Coordenadas de la zona CENTRO</i> .....	42
<i>Tabla 5.11 Tiempo, Distancia y Costo de Ruta Centro</i> .....	44
<i>Tabla 5.12 Localización de clientes zona Aledaños</i> .....	45
<i>Tabla 5.13 Tiempo, Distancia y Costos de la ruta Aledaños</i> .....	46
<i>Tabla 5.14 Localización de clientes Zona Ayacucho</i> .....	47
<i>Tabla 5.15 Tiempo, Distancia y Costos de la ruta Zona Ayacucho</i> .....	48
<i>Tabla 5.16 Localización de clientes Sector Industrial</i> .....	49
<i>Tabla 5.17 Tiempo, Distancia y Costos de la ruta Sector Industrial</i> .....	50
<i>Tabla 5.18 Número de pedidos y pesos por zonas</i> .....	50
<i>Tabla 5.19 Tiempo de descarga por zonas</i> .....	51
<i>Tabla 5.20 Rendimiento del Combustible</i> .....	52
<i>Tabla 5.21 Costos de Mantenimiento de los Camiones</i> .....	53
<i>Tabla 5.22 Costos Operativos</i> .....	54
<i>Tabla 5.23 Tasas y Seguros</i> .....	54
<i>Tabla 5.24 Amortización anual</i> .....	55
<i>Tabla 5.25 Salario del personal viajante</i> .....	56
<i>Tabla 5.26 Salario del personal NO viajante</i> .....	56
<i>Tabla 5.27 Costos de tasas, tributos y seguros</i> .....	57

<i>Tabla 5.28 Costo de capital del vehículo</i> .....	57
<i>Tabla 5.29 Consumo de combustible</i> .....	57
<i>Tabla 5.30 Consumo de lubricantes</i> .....	58
<i>Tabla 5.31 Consumo de llantas</i> .....	58
<i>Tabla 5.32 Mantenimiento del vehículo</i> .....	59
<i>Tabla 5.33 Gastos generales</i> .....	59
<i>Tabla 5.34 Estimación de Costos por km</i> .....	60
<i>Tabla 5.35 Costos por kilómetro recorrido</i> .....	60
<i>Tabla 6.36 Costos semanales y mensuales de cada ruta</i> .....	62
<i>Tabla 6.37 Análisis de los vehículos</i> .....	63
<i>Tabla 6.38 Comparación de kilómetros recorridos mensuales</i> .....	64
<i>Tabla 6.39 Comparación del tiempo recorrido mensual</i> .....	64
<i>Tabla 6.40 Comparación de costos totales</i> .....	65

## Lista de figuras

<i>Figura 1.1 Empresa “XYZ S.A.”</i> .....	5
<i>Figura 2.2 Importaciones de la Empresa “XYZ S.A.” en los últimos 6 años</i> .....	12
<i>Figura 2.3 Plano de la Bodega</i> .....	13
<i>Figura 2.4 Delimitación de sectores en la ciudad de Guayaquil</i> .....	16
<i>Gráfico 4.5 Diseño de ruta con algoritmo vecino más cercano</i> .....	31
<i>Gráfico 4.6 Pasos del algoritmo SWEEP</i> .....	32
<i>Gráfico 4.7 Pasos del algoritmo SWEEP</i> .....	32
<i>Gráfica 4.8 Software LOGWARE</i> .....	33
<i>Gráfica 4.9 Módulo ROUTER</i> .....	34
<i>Gráfica 4.10 Elementos del Módulo ROUTER</i> .....	35
<i>Gráfico 5.11 Diseño de la ruta óptima Zona Centro</i> .....	44
<i>Gráfico 5.12 Diseño de la ruta óptima Zona Aledaños</i> .....	46
<i>Gráfico 5.13 Diseño de ruta Zona Ayacucho</i> .....	48
<i>Gráfico 5.14 Diseño de ruta Sector Industrial</i> .....	50

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En la actualidad hemos visto cómo ha ido evolucionando el mercado automotriz e industrial, así como también cada vez existen más empresas dentro del mismo, pero es evidente la lucha constante que tienen estas empresas por sobrevivir competitivamente. Por ello han tenido que realizar mejoras en sus sistemas logísticos los cuales no siempre han sido eficientes.

Este sector es muy atractivo para los inversionistas ya que muestra rendimientos positivos y cada vez van en aumento, también se ve impulsado por las políticas estatales por la generación de plazas de trabajos, así como los impuestos que genera esta actividad, proporcionando un crecimiento económico para el país.

Se destaca también que esta industria logra la integración de diversos sectores más al incentivar la producción automotriz local, impulsando al sector productivo como siderúrgica, metalúrgica, metalmecánica, minera, petrolera, petroquímica, del plástico, vidrio, electricidad, robótica e informática, que son industrias claves para los productos del sector automotriz<sup>1</sup>

La presencia de empresas internacionales ofreciendo automotores ha incrementado la oferta de autopartes, repuestos, accesorios, ensamblaje, lo que beneficia el crecimiento conjunto de toda la industria, por ello es evidente la presencia de más medianas y grandes empresas ofreciendo estos productos complementarios para el sector.

La logística se ha vuelto parte importante del desarrollo integral de la empresa ya que busca crear valor no solo para la empresa sino para todos los ámbitos de interés como son los clientes, empleados, accionistas, etc. Se busca que esta logística pueda permitir

---

<sup>1</sup> Análisis del Sector Automotriz – Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones – Instituto de Promoción de Exportaciones e Importaciones.

satisfacer las necesidades de los clientes dándoles el producto correcto en el momento y lugar exacto al menor precio, esto creará mayor valor para la empresa y los clientes.

El transporte para las empresas era algo complementario a su actividad económica y no le daban el peso que éste tenía dentro de todo el proceso logístico, ya que no solo influye en cómo voy a traer el producto sino también en cómo lo haré llegar al cliente. Partiendo de esto se puede expresar la necesidad de analizar esta parte de la logística de una empresa con el fin de lograr mayor eficiencia en los procesos.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La necesidad de tener mayor captación de mercado ha impulsado a las empresas a mejorar su sistema logístico y al mismo tiempo reducir costos sin que afecten la calidad de los productos o del servicio.

El presente estudio tiene como fin analizar el sistema de transporte de la empresa, enfocándose básicamente en el transporte utilizado por la misma según el número de clientes y número de pedidos.

Este estudio se centrará en el análisis de los costos de transportes de una distribuidora de componentes industriales y automotrices que mantiene problemas constantes con la distribución de los productos por retrasos en la entrega, este problema puede deberse a dos factores, el primero es al definir qué vehículo irá para qué sector y segundo qué pedidos serán los despachados cumpliendo las 48 horas máximas que se distribuyen los pedidos como política de la empresa.

Para la distribución de los pedidos la empresa actualmente usa su flota propia, pero el problema radica en que existe una pérdida de pedidos que representa el 10% de los costos totales de distribución, ya sea por la falta de capacidad de la flota, ya que a la semana su demanda es de 37.94 toneladas y sólo cuenta con una capacidad semanal de 37.5 toneladas o

por falta de tiempo en la distribución según el diseño de la ruta usada actualmente ya que sólo dispone de 20 horas semanales destinadas para la distribución contando hora de almuerzo y el actual sistema se toma 30 horas semanales aproximadamente, por lo que no se pueden entregar los pedidos a todos los clientes, ni con las condiciones deseadas por ellos.

#### **1.4 Objetivo general**

Definir un modelo de distribución que minimice los costos y cumpla con los requerimientos del cliente usando el módulo Router del software Logware y la estimación de componentes de la base tarifaria, para una compañía comercializadora de componentes industriales y automotrices ubicada en la ciudad de Guayaquil

#### **1.5 Objetivos específicos**

1. Determinar el modelo de análisis del Sistema de transporte que permita minimizar los costos con un nuevo diseño de rutas.
2. Determinar un modelo para estimar los costos de la empresa en el proceso de distribución de los productos.
3. Diseñar una nueva ruta que permita minimizar los costos y tiempo de distribución,
4. Determinar la política operacional para el sistema de transporte de la empresa, que minimice los costos de distribución.

## **1.6 Justificación**

La logística en el pasado tenía un papel poco importante dentro de la empresa, realizando las actividades de manera empírica sin buscar la minimización de costos, optimización de rutas, etc. con niveles de satisfacción bajos.

Actualmente la visión de las empresas ha mejorado y buscan optimizar sus procesos logísticos en busca de mayor competitividad dentro del mercado, para este estudio específicamente se busca reducir costos de distribución a través de rutas óptimas, mejorar el tiempo de entrega de los productos, logrando un nivel de servicio deseado.

La empresa XYZ S.A. maneja un sistema de transporte propio para poder cubrir toda su demanda dentro de la ciudad de Guayaquil, sin embargo este sistema maneja costos altos en la empresa y genera una pérdida de pedido dando como resultado clientes insatisfechos.

## CAPÍTULO II

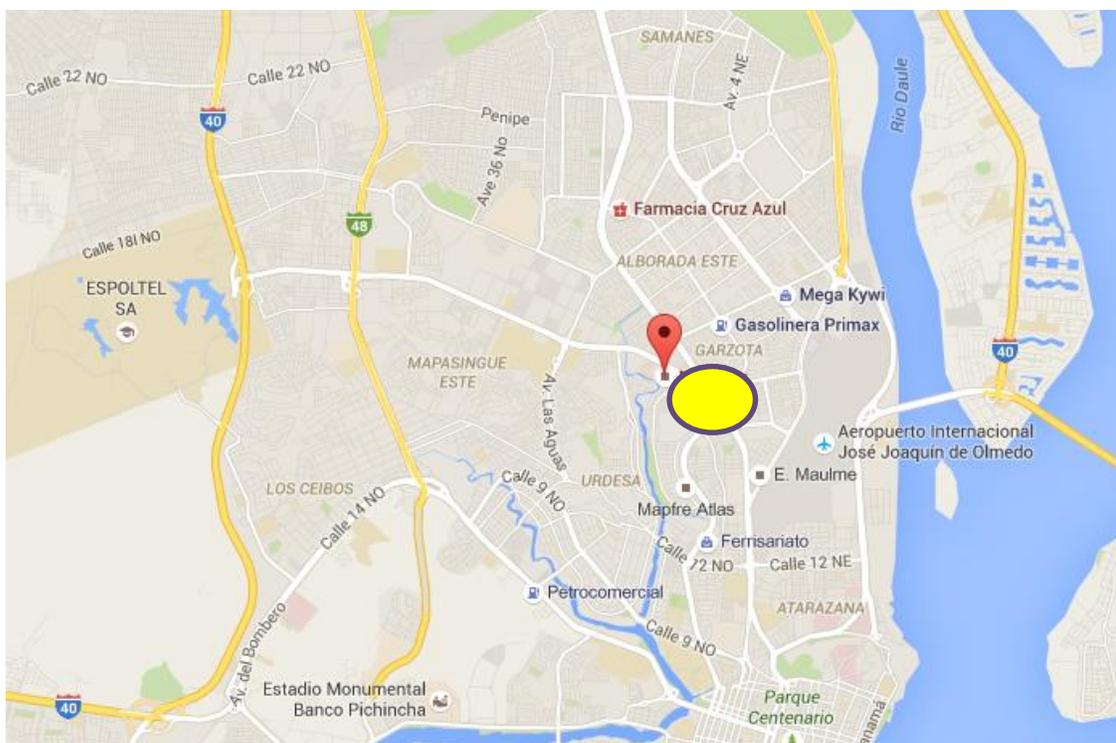
### ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En este capítulo se detallará la información relevante de la empresa que servirá para los análisis del presente estudio.

#### 2.1 Características de la empresa

##### 2.1.1 La Empresa

*Figura 1.1 Ubicación Empresa “XYZ S.A.”*



*Fuente: Google Map*

Este trabajo estudia parte de las actividades logísticas de una empresa importadora y comercializadora de componentes industriales y automotrices ubicada en el Norte de la

ciudad de Guayaquil en la Av. Juan Tanca Marengo, sector estratégico de la ciudad de Guayaquil.

Cuenta con más de 40 años de experiencia en el mercado y que por temas de confidencialidad de la información la llamaremos “**XYZ S.A.**”, está entre las 50 principales empresas del país y es considerada dentro de este sector como la principal comercializadora en el área de componentes industriales y automotrices, teniendo alianzas estratégicas con reconocidas marcas internacionales, otorgándole la licencia para ser el único distribuidor legal dentro del país, como principal ejemplo tenemos la alianza con la empresa PDV.

### 2.1.2 Productos

Cuenta con una cartera de más de 300 productos divididos por 6 categorías las cuales son:

**Rodamientos:** chumaceras, pines y bocines, cajas, bujes en marcas como. SKF, NTN, NSK, BCA BOWER, INA



**Retenedores:** Retenedores industriales y automotrices STEMCO, NATIONAL, CR, MUSHASHI, PAYEN, NTK y sellos mecánicos de marcas U.S. SEALS, SEALCO, entre otros.



**Bandas:** Bandas agrícolas, industriales y automotrices en diversas presentaciones, marcas CARLISLE, GATES, DAYCO, SKF.

**Mangueras:** Mangueras industriales e hidráulicas y sus accesorios (acoples, adaptadores, racores) en marcas como PARKER, SEMPERIT, FLEXCO e INTERTRACO.



**Lubricación:** Aceites automotrices e industriales y grasas para diferentes tipos de requerimientos en las marcas PDV, SKF y CITGO.



**Partes automotrices:** Juntas homocinéticas y partes de suspensión, con la garantía de NTN, CTR, RTS, PRECISION, MOOG, para autos japoneses y coreanos.



Adicionalmente brinda:

- Asistencia técnica para la compra y aplicación del componente
- Asesoría en el mantenimiento de los componentes (diagnóstico y soporte)
- Capacitación en la aplicación de los componentes que distribuye

### 2.1.3 Clientes

La empresa XYZ S.A. maneja una cartera de aproximadamente 500 clientes dentro de la ciudad de Guayaquil de los cuales se dividen en clientes fijos y ocasionales. Los clientes considerados fijos son a los que se les realiza una venta frecuente cada semana y estos representan el 25% de los clientes totales (125), a diferencia de los clientes ocasionales

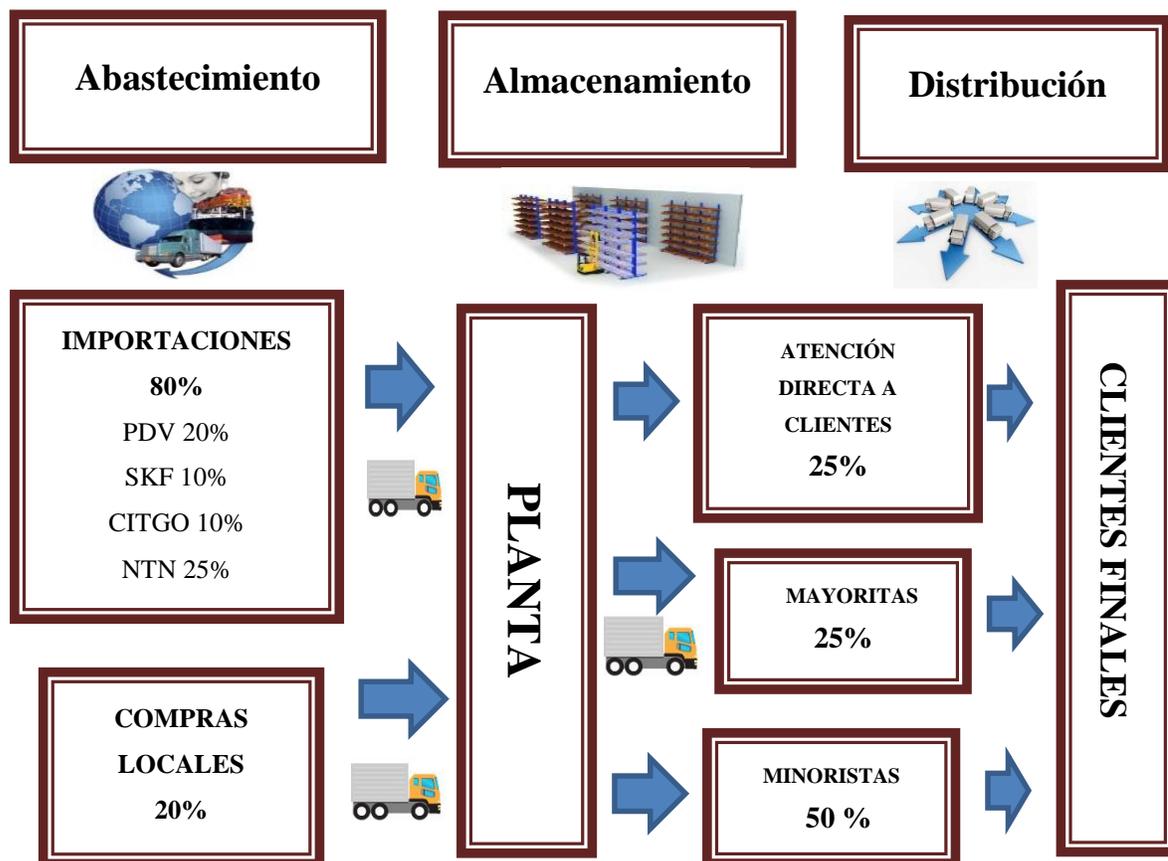
que son aquellos a los que las ventas son realizadas en periodos de tiempos aislados y representan el 75%.

Si bien es cierto los clientes fijos son un porcentaje menor que los ocasionales, estos representan alrededor del 60% de las ventas totales de la empresa y son a quienes se les realiza la distribución de los pedidos, por lo que serán estos los clientes con los que se trabajará para el presente estudio.

## 2.2 Cadena de suministros

La cadena de suministros es el conjunto de todas las actividades logística realizadas por la empresa, por ello la importancia de manejar una excelente cadena de suministros, este proceso lo que busca es añadir valor a los productos para satisfacer a los clientes finales.

*Figura 1.2 Cadena de Suministros*



Dentro de la empresa XYZ S.A. se maneja la siguiente cadena de suministros

### **2.2.1 Abastecimiento:**

- Para el abastecimiento cuenta con un nivel de importaciones de 80%, dado que los productos los adquiere terminados y listos para la venta, estas importaciones se realizan con el fin de brindar al cliente una mayor calidad al mejor precio.
- Un nivel de compras locales correspondiente al 20%, estas compras se las realiza por falta de stock y por la necesidad de abastecerse de ese producto en específico.
- La empresa usa su flota propia para realizar el transporte de la mercadería desde los puertos hacia la empresa en el caso de las importaciones y desde el proveedor hacia la empresa en el caso de las comprar locales
- Esta actividad de abastecimiento la realiza los días lunes.

### **2.2.2 Almacenamiento:**

- Luego estos productos son almacenados en la bodega de la empresa dónde tienen las especificaciones técnicas necesarias para la conservación de los productos y son ubicados de manera correcta según las características de cada uno para proceder al despacho de manera ágil y eficaz.

### **2.2.3 Distribución:**

- La empresa a través de su flota propia realiza la distribución de sus pedidos a los mayoristas que representan el 25% de los clientes totales.
- También tiene contacto con los clientes finales (25% de los clientes totales) y minoristas (50% de los clientes totales), pero a ellos no les realiza ningún tipo de distribución ya que las ventas se las realiza directamente en la empresa.

## **2.3 Actividades logísticas<sup>2</sup>**

Son diversas las actividades Logísticas que realiza una empresa, estas van a depender exclusivamente de la estructura organizacional cada una, de la administración de la cadena de suministros, así como también de la importancia que se le dé a cada una de las actividades individuales que realiza.

Estas actividades pueden ser:

- Actividades Claves
- Actividades de Apoyo

### **2.3.1 Actividades Claves**

Dentro de las actividades logísticas claves que realiza una empresa encontramos:

- Servicio al Cliente
- Transporte
- Inventario
- Flujo de Información y Procesamiento de pedidos

### **2.3.2 Actividades de Apoyo**

Las actividades de apoyo pueden llegar a ser tan importantes como las actividades claves dependiendo de la actividad de la empresa, pero al mismo tiempo pueden existir actividades de apoyo que no se consideren dentro de la mezcla de actividades logísticas de la empresa.

Entre las actividades de apoyo tenemos:

- Almacenamiento
- Manipulación de materiales
- Compras
- Embalaje
- Tratamiento de la Información

---

<sup>2</sup>Ronald H. Ballou – ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS, Quinta Edición

## **2.4 Actividades logísticas realizadas por la empresa**

No siempre las empresas realizan todas las actividades logísticas debidas, ya que dependen de su naturaleza y de la importancia de las actividades en sus operaciones este es el caso de “XYZ S.A.”. Por ello a continuación describiremos las actividades logística que realiza.

### **2.4.1 Actividades Claves:**

#### **2.4.1.1 Servicio al Cliente:**

Las actividades correspondientes al Servicio al Cliente son parte importante ya que aquí se determina el grado de rapidez con la que se quiere satisfacer al cliente así como también el nivel de rendimiento del proceso logístico. Se analiza cuáles son las necesidades que se quieren cubrir para satisfacer al cliente así como también las políticas que manejará la empresa para lograr dicha satisfacción.

Como política dentro de la empresa se fija que los requerimientos de los clientes deben ser atendidos en un máximo de 48 horas una vez hecho el pedido.

#### **2.4.1.2 Transporte:**

El transporte es una parte clave dentro de las actividades que debe realizar una empresa, no sólo por su alto porcentaje de participación dentro de los costos totales, sino también porque el transporte añade valor de lugar a los productos y servicios y permite penetrar más el mercado.

La distribución se la realiza dependiendo el sector donde se despachará el pedido el cual está dividido por zonas, que son:

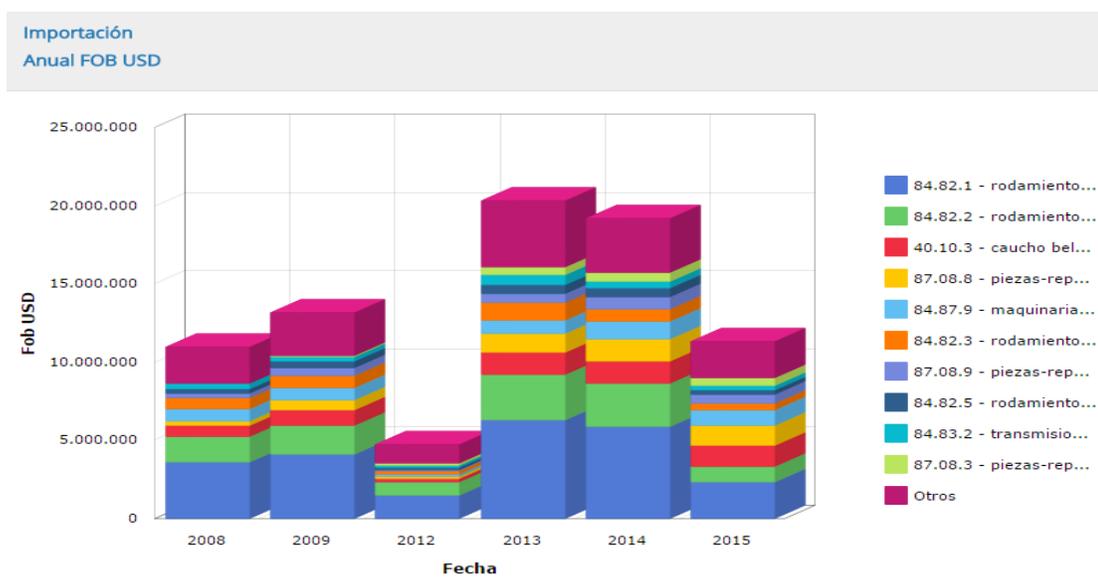
- Centro
- Ayacucho
- Sector Industrial
- Aledaños

Con sus respectivos pesos porcentuales del total de los pedidos despachados en cada sector.

### 2.4.1.3 Manejo de Inventarios

Por la característica de los productos que ofrece la empresa no cuenta con la tecnología y maquinaria necesaria para poder ser fabricantes, por ello el 100% de su abastecimiento lo realiza a través de importaciones o compras locales de productos terminados, las cuales realiza dependiendo de las necesidades existentes de los productos y sus categorías, no todos los meses se importan los mismos productos, va cambiando según la evolución del mercado, y con esa importación se mantienen al menos el primer semestre del año.

**Figura 2.2 Importaciones de la Empresa “XYZ S.A.” en los últimos 6 años**



Fuente: Ministerio de Comercio Exterior

Podemos observar como las importaciones han disminuido considerablemente debido a las políticas actuales del país, aunque se ha tratado de mantener niveles con los que se pueda satisfacer las expectativas de los clientes y sus necesidades y se mantengan los Índices de competitividad

## 2.4.2. Actividades de Apoyo

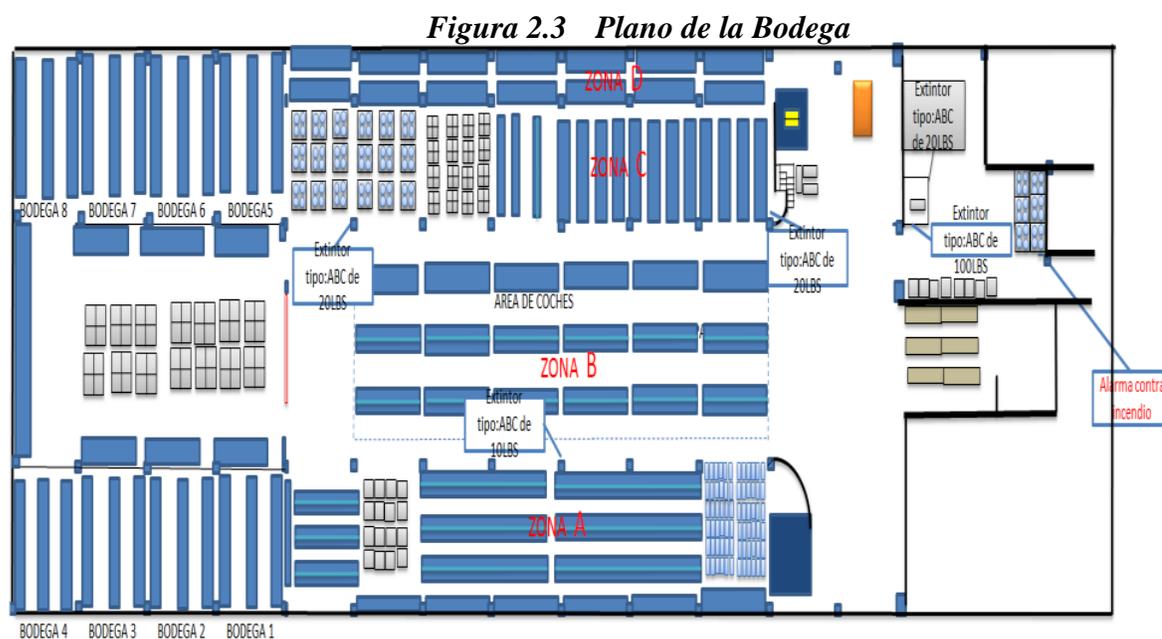
### Almacenamiento:

Una vez llegado el producto a las bodegas de la empresa, ésta realiza la respectiva ubicación de los mismos de acuerdo a su categoría, ya que cada uno tiene especificaciones especiales de almacenamiento.

La bodega está dividida por sectores dependiendo de la necesidad del producto, hay un espacio destinado para lubricantes y afines, estos están aislado en una parte de la bodega ya que por ser inflamables deben tener un almacenamiento específico, con temperatura adecuada y materiales no inflamables que puedan ocasionar peligro para las instalaciones, los demás productos por ser de características similares son ubicados en las estanterías de la bodega

Maneja una sola bodega ubicada en el mismo local donde se encuentran todas las actividades comerciales y administrativas de la empresa.

La bodega cuenta con una dimensión de 2500 mts<sup>2</sup> y está funcionando en la actualidad a un 90% de su capacidad total



Fuente: Empresa "XYZ S.A."

## Compras

Se determina la fuente de dónde vendrán los productos, es decir, los proveedores de la empresa, el momento en que se va a realizar la compra, el tamaño de la compra

### Proveedores:

En su mayoría la empresa tiene proveedores internacionales que son reconocidas marcas dentro del campo industrial que abastecen a través de importaciones la cartera de productos que maneja la empresa, estos son los siguientes:

*Tabla 2.1 Proveedores*

<b>BANDAS</b>	<b>LUBRICANTES</b>	<b>MANGUERAS</b>
Carlisle	Citgo	Flexco
Dayco	PDV	Interaco
Gates	SKF	Semperit

<b>PRODUCTOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>RETENEDORES Y SELLOS</b>	<b>RODAMIENTOS</b>
Flir Systems	Chicago Rywhide	NTN
Raytek	VDC	SKF
SKF	Stemco	Timken

## 2.5 Actividades críticas

### 2.5.1 TRANSPORTE

Para empresa XYZ S.A. se considera como principal actividad crítica el Sistema de Transporte ya que en la actualidad se tiene una pérdida de pedido que representa el 10% de los costos totales de distribución, donde se consideran como responsables la falta de stock de ciertos productos, entregas erróneas a clientes, incumplimiento en el tiempo de entrega menor a 48 horas o falta de capacidad de la flota para la distribución de los productos.

La empresa para realizar su distribución maneja flota propia, con la que cubre toda la demanda.

La empresa cuenta con:

**2 vehículos propios:** 1 camión de 5 toneladas, 1 camión de 2.5 toneladas

#### *Tablas 2.2 Características de los vehículos*

##### Camión de 5 toneladas



Motor Tipo	4 cilindros en línea
Llantas	7.50 R16
Capacidad al vacío	2.680 kg
Capacidad de carga	5500 kg
Tanque de combustible	32 galones
Valor Comercial	\$ 45000
Capacidad de combustible	52.91 galones
Número de Neumáticos	6 neumáticos

*Camión de 2.5 toneladas*

Motor Tipo	4 cilindros en línea
Llantas	7./ R16
Capacidad al vacío	1790 kg
Capacidad de carga	2770 kg
Tanque de combustible	23.4 galones
Valor Comercial	\$ 38900
Capacidad de Combustible	17.19 galones
Número de Neumáticos	4 neumáticos

Maneja dos vehículos, uno de 5 toneladas y otro de 2.5 toneladas, se define que vehículo irá a cada ruta dependiendo del tamaño de la carga. Esta selección se la realiza el mismo día.

**Delimitación de los sectores para la distribución***Figura 2.4 Delimitación de sectores en la ciudad de Guayaquil*

*Fuente: Elaborado por la autora*

Para un mejor transporte del producto se ha realizado una sectorización de la ciudad de Guayaquil, dónde se ubican los lugares donde se va a realizar el despacho de los pedidos. Esto sirve para una mayor eficiencia del sistema de transporte ya que permite planificar hacia qué sector se dirige cada vehículo y con qué frecuencia debe hacerlo según el volumen de pedidos que se tenga para ser despachados

Se detalla a continuación que sectores específicos de la ciudad de Guayaquil se atiende en cada zona.

**Tabla 2.1 Sectorización de las rutas de distribución**

Sector Centro	Sector Ayacucho	Sector Industrial	Sector Aledaños
Sur	Calle Ayacucho y aledaños	Vía a Daule	Norte
Centro			Terminal
Vía a la Costa			Durán

*Fuente: Empresa XYZ S.A.*

A continuación se detalla el porcentaje de clientes que se atienden en cada zona para realizar la respectiva distribución de los productos.

**Tabla 2.2 Porcentaje de demanda según la Zona**

<b>Sectores</b>	<b>% de demanda</b>	<b>Clientes Totales por Zona</b>
Aledaños	24,41%	31
Centro	42,52%	54
Sector Industrial	12,60%	16
Ayacucho	18,90%	24
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>125</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

Para la distribución se tiene estos dos vehículos que se encargan de cubrir todos los sectores dependiendo del día que se tenga programado los despachos

Se escoge el vehículo adecuado para cada ruta dependiendo el peso de los pedidos que se vayan a despachar ese día en cada sector.

**Tabla 2.3 Cronograma de despacho**

<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
Distribución	Distribución	Distribución	Distribución
Sector	Sector	Sector	Sector
Centro	Aledaños	Ayacucho	Industrial

*Fuente: Empresa XYZ S.A.*

El día lunes no se realiza ninguna actividad de despacho ya que los vehículos son usados para actividades de abastecimiento.

### **Tiempo de Carga y descarga:**

Se determinan los tiempos que se demoran en cargar y descargar los pedidos.

**Tabla 2.4 Tiempo de carga y descarga de cada camión**

<b>Capacidad del Camión</b>	<b>Tiempo de Carga</b>	<b>Tiempo de descarga<sup>3</sup></b>
<b>5 Toneladas</b>	60 minutos aprox.	Rango de 5 a 10 minutos por cliente
<b>2.5 Toneladas</b>	30 minutos aprox.	Rango de 5 a 10 minutos por cliente

*Fuente: Empresa XYZ S.A.*

<sup>3</sup> Depende del tamaño del pedido

### **Tiempo de recorrido**

El recorrido del vehículo inicia a las 9 de la mañana que sale de las bodegas con los pedidos a ser despachados, teniendo una duración promedio de 5 horas aproximadamente, incluida la hora de almuerzo del chofer y del ayudante. Su retorno a la empresa es aproximadamente a las 3 de la tarde dónde realizan el reporte de todos los pedidos despachados, las novedades que se tuvieron y los pedidos que no fueron entregados.

Durante el recorrido se tiene contacto con el Jefe de Bodega indicando la posición actual del vehículo y los pedidos que se han ido despachando hasta ese momento.

Los vehículos tienen un recorrido promedio diario de 90 km para el camión de 2.5 toneladas y 140 km para el camión de 5 toneladas.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Introducción

##### 3.1.1 Logística

Como parte fundamental de una empresa se encuentra actualmente la logística, ya que según la historia los individuos la han llevado a cabo durante muchos años, dentro de este campo lo que busca es integrar todas las actividades de manera coordinada en lugar de continuarlas tratando de manera aislada como se lo hacía antiguamente. Lo que buscan las empresas a través de la logística es darle valor agregado a sus actividades para obtener mayores niveles de eficiencia.

Según Ballou define a la logística como:

*“Parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes.”*

Para el Council of Logistics Management (1991), La logística es "parte del proceso de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el funcionamiento eficiente, eficaz hacia adelante y el flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el reverso punto de consumo con el fin de cumplir con los requisitos de clientes

### **3.1.2 Enfoque del estudio**

Dado que la logística maneja un sistema integrado de diversas actividades a realizarse por la empresa, es necesario identificar cuál de todas las actividades que se realizan es en la que se está teniendo problemas o en la que se quiere enfocar el estudio.

En este caso se ha definido como actividad a estudiarse el Sistema de Transporte por lo antes ya expuesto, por ello se detallará a continuación la información relevante para dicho enfoque.

## **3.2 Conceptos generales**

### **3.2.1 Distribución logística**

Se define cómo va a ser la distribución dentro del proceso logístico que maneje la empresa, es una parte muy importante dentro de las actividades logísticas de la empresa.

### **3.2.2 Factores que influyen en los canales de distribución**

En su libro Administración de la Cadena de Suministros (Quinta edición) Ronald H. Ballou define los factores que influyen en los canales de distribución son los siguientes

- Características de los clientes
- Características de los productos
- Características de los intermediarios
- Características de la empresa
- Características de la Competencia
- Características Ambientales

### 3.2.3 Sistemas de Distribución Física

Para los sistemas de distribución física existe un análisis del transporte dependiendo de los orígenes y destinos que se manejen, estos van a depender de las características de la empresa y cómo desee la misma llegar a sus clientes.

En el sistema de distribución física se va a determinar frecuencias, capacidad de los vehículos, plazo de entrega o ventanas de tiempo, entre otras variables que serán detalladas más adelante dependiendo de las características del sistema.

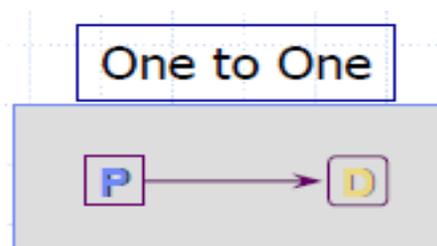
Caplice Chris (2006) Transportation Management, Operational Networks clasifica los sistemas de distribución física según sus características

- De un origen a un destino
- De un Origen a muchos destinos
- De muchos orígenes a muchos destinos

#### De un origen a un destino

Se trata de un sistema de distribución directa que va desde la fábrica o depósito hacia el cliente, se pretende lograr una mayor satisfacción del cliente con una atención más personalizada para sus pedidos. Se suele usar comúnmente para subdistribuidores o clientes de gran peso dónde sus pedidos representa altos ingresos para la empresa.

*Gráfico 3.3 Distribución de un origen a un destino*

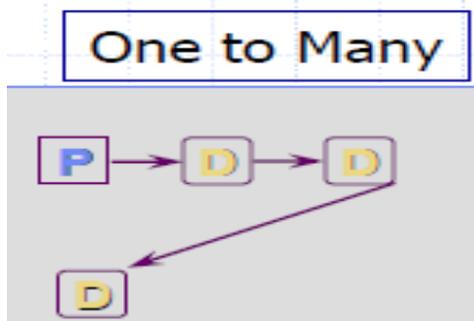


Fuente: Transportation Management

### De un origen a varios destino

Para la aplicación de modelos para esta característica se considera la planificación para cada destino de forma independiente y con una flota que pueda cumplir con la entrega de todos los pedidos

*Gráfico 3.4 Distribución de un origen a varios destinos*

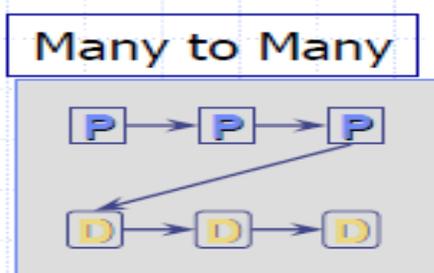


Fuente: Transportation Management

### De varios orígenes a varios destinos

Se refiere a la existencia de varios puntos donde van a salir los pedidos para a su vez ser despachados hacia varios destinos, esto se da en sectores dónde se tienen diferentes plantas de producción y necesitan repartir sus productos en diferentes puntos. A través de modelos se busca cubrir la demanda de todos los puntos de destinos al costo mínimo, tomando en cuenta la cantidad de oferta que existe en cada punto de origen.

*Gráfico 3.5 Distribución de varios orígenes a varios destinos*



Fuente: Transportation Management

### **3.2.4 El Transporte dentro de la Logística**

El transporte dentro de todo el proceso logístico ocupa un espacio importante ya que la movilización de los insumos y productos tiene diversas etapas desde el abastecimiento hasta que llegue al cliente final.

Su importancia no va sólo por el porcentaje de utilización dentro del proceso sino también porque ocupa del 50% al 60% del total de los costos logísticos de la empresa según estudios realizados

Un correcto sistema de transporte le dará a la empresa valor agregado de lugar a los productos y servicios. (Ronald H. Quinta edición. Administración de la Cadena de Suministros)

### **3.2.5 Importancia del Transporte**

Su importancia es alta ya que a medida que los países se van desarrollando sus sistemas de transportes lo hacen también y esto beneficia a las empresas ya que les brinda más facilidades para realizar sus actividades comerciales, y resulta ser una de las partes vitales dentro de la organización, este desarrollo también beneficia ya que conforme se dan los avances sus costos también tienden a disminuir y la disponibilidad de los productos se vuelve más precisa.

También comprende una mayor competitividad para las empresas ya que logran accesos a más clientes y no se ven en un mercado limitado, además al reducir los costos de transportes sus costos también reducen lo que aumenta su mercado objetivo ya que más personas van a tener capacidad adquisitiva para su producto.

Lo que busca el transporte son básicamente dos cosas: Primero que los productos que van a ser transportados lleguen a su destino en perfectas condiciones sin alterar el contenido y utilización de los mismos y segundo que llegue en el tiempo esperado a su

destino logrando cumplir con los niveles de servicios para los clientes, logrando con esto una mayor satisfacción. (Ronald H. Quinta edición. Administración de la Cadena de Suministros)

### 3.3 Modelo de Estimación de Costos de transporte

A través de este modelo se define los costos que intervienen en el uso del sistema de transporte. Son indicadores de costos operativos, costos de viaje y costos de recuperación de capital que permitirán a la empresa tener una visión más amplia de cuanto es el costo de distribuir los pedidos.

### 3.4 Redes logísticas

Las redes logísticas tienen como principal función cumplir los requerimientos del cliente desde el punto de origen hacia los destinos.

El sistema logístico visto como una red tiene como objetivo integrar los nodos entre sí, elaborando una ruta más corta entre el almacén y los puntos donde se encuentran los clientes para lograr que sus productos tengan un flujo eficiente, evitando pérdida de la mercadería por uso de tiempo exagerado en la entrega de los pedidos.

#### 3.4.1 Modelos de Redes

Existen varios modelos de redes que se detallarán a continuación:

**Red:** La red contiene un conjunto de nodos unidos por arcos o ramas. Para describir una red se lo hará como:  $(N,A)$ , donde  $N$  es el conjunto de nodos y  $A$  es el conjunto de arcos.

**Ruta:** Es una secuencia de ramas distintas que unen a dos nodos, sin que tenga importancia la dirección del flujo de cada rama. Esta ruta forma un lazo o ciclo si se conecta un nodo con sí mismo.

**Red Conectada:** Se trata de una red en la cual cada dos nodos distintos están unidos por lo menos por una ruta. Es una red conectada que incluye un subconjunto de todos los nodos de la red a diferencia del árbol de expansión que une todos los nodos sin permitir ningún lazo.

### 3.4.2 Ruteo

Es importante para una empresa realizar un ruteo ya que le representa el costo de transporte una parte importante del costo final del producto.

Problemas de Ruteo de Vehículos:

Se define así al conjunto de problemas que se presentan con respecto a la transportación de los productos, se trata de recolectar la mayor información posible que permita diseñar una ruta que minimice costos de transporte para la empresa, para los clientes localizados con un tamaño de flota correcta. (Zavala Paula, Problemas de ruteo de vehículos, Agosto 2006)

#### Parámetros del Ruteo

Reducir la distancia tomando en cuenta lo siguiente:

- Entrega de pedidos a cada cliente que estén ubicados en una misma zona geográfica
- La entrega se realiza desde el centro de distribución
- Se usa un solo vehículo para cumplir con esa ruta

Los beneficios que la empresa consigue aplicando los análisis de estos modelos son:

- Disminuir el Costo de transportar los pedidos
- Mejorar el empleo de los recursos
- Disminuir problemas de tránsito

## 3.5 Modelos encontrados para la asignación de transporte y rutas

### 3.5.1 Modelo del Problema de Transporte

Este modelo hace referencia a la distribución de productos enviados desde orígenes a destinos conocidos con costos mínimos totales por la distribución. Tiene como objetivo definir una red de suministros óptima, cantidades a producir y sus respectivos destinos tomando en consideraciones las diversas restricciones de recursos que se puede tener así como los costos de almacenamiento y de transporte.

Para desarrollar este modelo es necesario definir los parámetros y las variables así como las restricciones para la formulación del problema, de esto dependerá la eficiencia de los resultados. Por ello se presentan a continuación supuestos que deben ser tomados en cuenta. (Hillier, F. & Lieberman G. (2010) Introducción a la Investigación de Operaciones.)

### **Propiedad de Soluciones Enteras:**

Para lograr una solución óptima entera, las variables deben ser consideradas como números enteros.

### **3.5.2 Modelo de Programación Lineal Entera**

En este modelo para la distribución física se optimiza el flujo de productos desde la planta hacia los clientes finales. Se basa en determinar la asignación óptima de tareas (pedidos a ser entregados) con los recursos disponibles de la empresa (los vehículos).

Se consideran las siguientes características:

- Distribución entre un origen y varios destinos.
- Se basa en el transporte directo desde el origen hacia los destinos.
- Se conoce la disponibilidad de los vehículos
- Se conoce la cantidad de pedidos a entregar en cierto horizonte de tiempo.

### **3.5.3 Modelo de Redes**

Existen cuatro modelos para la representación de la optimización de redes:

- Modelo de minimización de redes
- Algoritmo del vecino más cercano
- Modelo del flujo máximo
- Modelo del costo mínimo

### **Modelo de minimización de redes**

También conocido como del árbol de mínima expansión, se refiere a la determinación de uniones que existen entre los nodos de una red que minimice el costo de

todas las uniones escogidas. Existen  $n$  nodos que deben tener  $(n-1)$  uniones en la trayectoria donde el resultado sea un árbol de expansión con la mínima distancia entre todas sus uniones.

### **Algoritmo del vecino más cercano**

Tiene como objetivo encontrar la ruta más corta tomando todos los nodos existentes entre el origen y el destino. Se analiza toda la red partiendo del origen, identificando de manera sucesiva la ruta más corta, es decir, la distancia mínima entre el origen y todos los destinos.

### **3.6 Paper Revisados**

- García Giovani (2014) Realizó un estudio cualitativo de ocho modelos de transportes eficientes aplicados a operaciones de empresas de hidrocarburo. Se analizaron los factores de decisión requeridos y la importancia de la utilización de dichos modelos. Se identificaron claramente cuáles fueron los modelos encontrados y luego se definió cuáles son los específicos que se emplearán en cada caso.
- López Andrés, Olgúin Jesús y Camargo Claudia (2008). Presentaron un estudio sobre un modelo de programación lineal, entre un origen y varios destinos, considerando flotilla limitada e ilimitada con holguras de fechas de entrega de los pedidos a transportar, se definió el número de pedidos que se tienen con la capacidad y número de vehículos disponibles para la distribución física con el objetivo de optimizar los recursos de la empresa.
- Cabrera José y Sánchez Justine (2012). Este estudio se analizaron los costos fijos y variables para la distribución así como también la dimensión de la flota, costos y capacidades relacionados a los vehículos y las rutas óptimas para la distribución. Determinó un plan tarifario de transportación mediante

el análisis de los costos, los vehículos necesarios de acuerdo a las características de la demanda. También se realizó un diseño de rutas de distribución para satisfacer las necesidades de los clientes cumpliendo con las restricciones de horarios establecidas.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Introducción**

En este capítulo se procederá a determinar los pasos a seguir con el fin de encontrar la solución al problema planteado al inicio de este estudio, así como los modelos que permitirán encontrar la mejor alternativa al problema del sistema de transporte, como lo son las rutas adecuadas, frecuencias de distribución, tamaño de flota propia, etc..

##### **4.1.1 Inducción a un Modelo**

Para realizar una investigación es necesario plantear un modelo donde se presenten datos reales y actuales de acuerdo a los factores importantes que influyen directamente en la investigación.

Para este caso se incluirán los factores que intervienen de manera directa en la transportación de los productos.

#### **4.2 Metodología de la investigación**

La metodología usada en los estudios permite a los investigadores diferentes conceptos, leyes y principios claves que sirvan en la obtención de la solución al problema dentro de dos enfoques principales: cualitativos y cuantitativos.

Para este estudio se ha empleado un enfoque cuantitativo, ya que se usa procesos numéricos y recopilación de datos que permitan llegar a una solución eficiente del problema.

##### **4.2.1 Tipos de Investigación**

Al realizar una investigación es necesario definir cuál es el enfoque que se le quiere dar a la misma dependiendo del alcance que se quiere tener. Estos pueden ser:

- Explorativos
- Descriptivos
- Correlacionales
- Explicativos

Este estudio usa un tipo de investigación Correlacional cuantitativa, ya que tiene como propósito medir el grado de relación dos o más conceptos, variables o categorías que intervienen en este estudio, analizar esas relaciones entre las variables y evaluar sus resultados

### **4.3 Problema de Ruteo (Vehicle Routing Problem (VRP))**

Este problema se basa en tratar de gestionar de mejor manera las entregas de pedidos en lugares específicos en un área determinada, considerando el tamaño de flota necesaria para satisfacer los requerimientos de los clientes.

Tiene como alcance definir las rutas y los posibles horarios para cada vehículo cubriendo toda la demanda al mínimo costo.

#### **4.3.1 Parámetros del problema**

Definir cuántos vehículos se necesitan para cubrir todas las rutas, tomando en cuenta que todos los vehículos regresan al lugar de origen

Cada cliente debe ser visitado una sola vez y el costo total de todas las rutas debe ser el mínimo, considerando que el costo está en función de la distancia recorrida y del tiempo de viaje.

#### **4.3.2 Enfoque de la solución**

Existen varios enfoques de solución para este modelo, el usado en este estudio será un enfoque de aproximación que desarrolla una función de costo total que incorpora variables de decisión relevantes, obtiene resultados razonables con la información recolectada con el

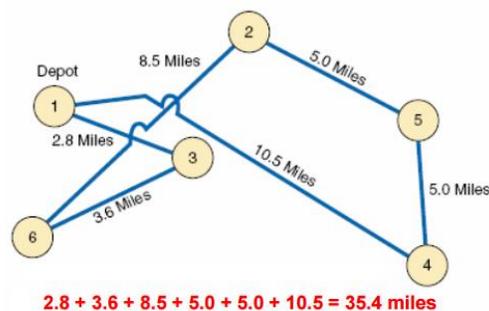
fin de obtener una visión general de la posible solución y finalmente detalla la información con la que se puede optimizar los procesos.

### 4.3.3 Algoritmo del vecino más cercano (Nearest neighbor algorithms)

Para la aplicación de este algoritmo se construye un recorrido basado en las distancias y los costos de la ruta uniendo todos los nodos hasta regresar al origen.

Se inicia con el nodo del depósito y se agrega a la ruta el nodo más cercano al último nodo añadido y se continúa con el procedimiento hasta que todos los nodos hayan sido unidos, obteniendo así la ruta óptima para la distribución de los pedidos

*Gráfico 4.5 Diseño de ruta con algoritmo vecino más cercano*



*Fuente: Routing Vehicle Problem, Couriel*

Se realiza el mismo procedimiento para cada vehículo o cada zona a la que se quiera distribuir.

### 4.3.4 Algoritmo del barrido

Este algoritmo es usado para conocer el número de vehículos que se necesita para cubrir toda la demanda se lo realiza a través de los siguientes pasos:

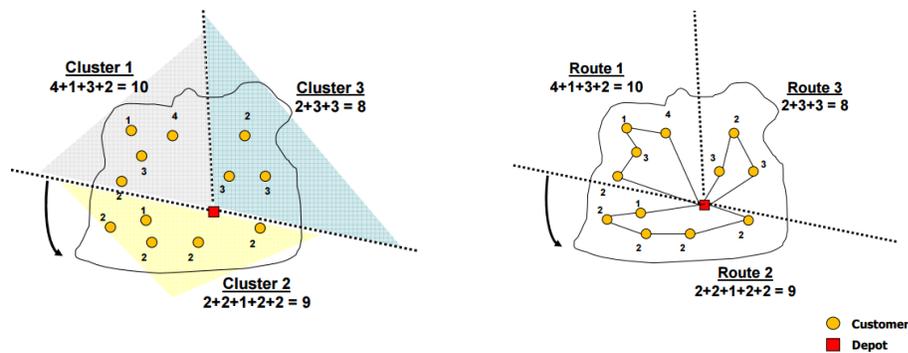
1. Localizar en un mapa todas las paradas incluido el depósito
2. Trazar una línea larga desde el depósito hacia cualquier dirección y luego girarla en dirección a las manecillas del reloj hasta encontrar un nodo (un cliente)

3. Se considera que la cantidad a despachar en ese nodo no exceda la capacidad del vehículo, de lo contrario se cierra esa ruta y se asigna otro vehículo para una nueva ruta empezando desde el último nodo en el que se quedó
4. Se obtiene el número de vehículos necesarios para cubrir toda la demanda y las rutas que tendrán cada uno de ellos.

*Gráfico 4.6 Pasos del algoritmo del barrido*



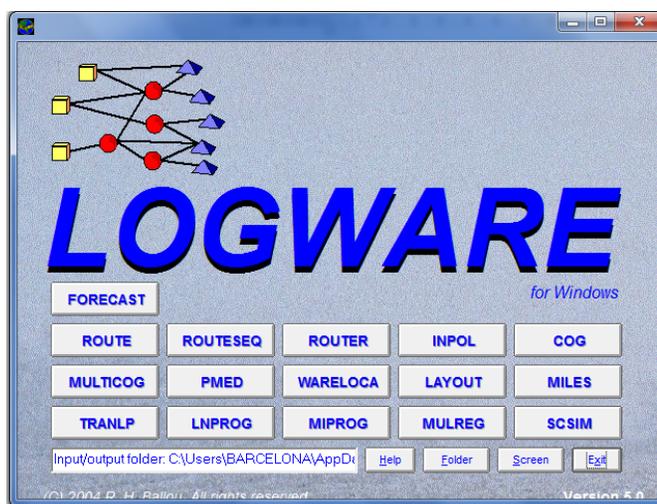
*Gráfico 4.7 Pasos del algoritmo del barrido*



#### 4.4 Modelo de programación y diseño de rutas

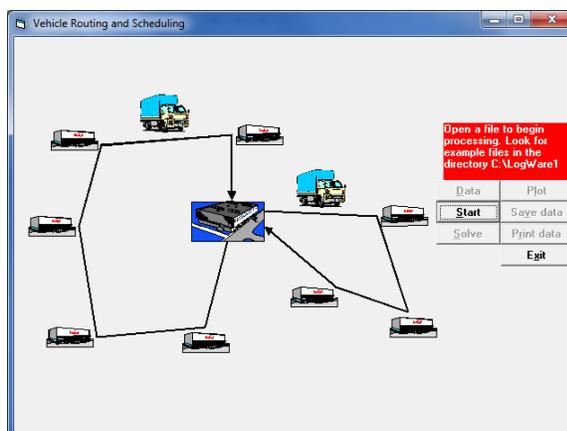
Para el presente estudio se usará el software de programación y diseño de rutas conocido como LOGWARE que busca a través de diferentes módulos analizar los problemas q suelen presentarse dentro de la cadena de suministros de una empresa, así como también para casos de estudios.

*Gráfica 4.9 Software LOGWARE*



Este software cuenta con un módulo de ruteo denominado ROUTER que será el que se empleará para esta investigación, permitiendo determinar cuál es la ruta óptima según los destinos existentes minimizando las distancias para una mayor eficiencia del sistema de transporte de la empresa. Es fundamental para la empresa analizar estos costos ya que por lo general representan un tercio o dos tercios del total de los costos logísticos, permite además una mayor eficiencia de los medios de transportación con una máxima utilización del vehículo y del recurso humano empleado

*Gráfica 4.9 Módulo ROUTER*



*Fuente: Software Logware*

#### **4.4.1 Aplicaciones del Modelo de Programación**

- Ubicación de la planta y lugares de destino (CLIENTES)
- Gestión y cálculo de distancias, tiempos y costes de transporte
- Análisis de horas de entrega
- Restricciones: velocidad de recorrido, tiempos muertos, barreras geográficas
- Optimización de rutas de transporte
- Reducción de tiempo en tránsito

#### **4.3.1 Módulo ROUTER**

.Según las características de este análisis y lo que se busca resolver se ha definido como herramienta informática el módulo Router del programa Logware, que permite determinar las mejores rutas para la distribución así como los horarios para cada vehículo. El número de vehículos necesarios, sus capacidades, el número de clientes que se desea atender, el tamaño del pedido, entre otras variables importantes para el cálculo de la ruta más óptima.

#### **Elementos que intervienen en el módulo**

Para el desarrollo de este módulo es necesario tomar en consideración los siguientes elementos que permitirán obtener los resultados deseados.

- Mapa
- Nombre de la base
- Coordenadas de la base
- Ingreso de nombre de coordenadas y numero de coordenadas
- Número de vehículos
- Capacidad de los vehículos
- Coordenadas de los clientes
- Tamaño de los pedidos.

**Gráfica 4.10 Elementos del Módulo ROUTER**

The screenshot shows the ROUTER software interface with the following fields and values:

- Problem label: XYZ SA COMPANY
- Grid corner with 0,0 coordinates (NW, SW, SE, or NE): NW
- DEPOT DATA:
  - Depot description: ZONA CENTRO
  - Located in zone: 0
  - Horizontal coordinate: 9,98
  - Vertical coordinate: 19,23
  - Earliest starting time (min.): 540
  - Latest return time (min.): 1020
  - Default vehicle speed (dist. per hour): 40
  - After how many hours will overtime begin: 9999
- GENERAL DATA:
  - Percent of vehicle in use before allowing pickups: 100
  - Horizontal scaling factor: 1
  - Maximum TIME allowed on a route (hours): 6
  - Vertical scaling factor: 1
  - Maximum DISTANCE allowed on a route (dist.): 9999
- LOAD/UNLOAD TIME FORMULA:
  - Fixed time per stop: 5
  - Variable time per stop: By weight: 0, By cube: 0
  - Duration of 1st break (min.): 30, To begin after: 720
  - Duration of 2nd break (min.): 0, To begin after: 9999
  - Duration of 3rd break (min.): 0, To begin after: 9999
  - Duration of 4th break (min.): 0, To begin after: 9999

*Fuente: Software Logware*

### **Nombre de la base:**

Aquí se ingresará el nombre de la empresa que se está estudiando. Para este caso el nombre de la base será “XYZ S.A.”

### **Mapa:**

Se obtendrá el mapa de la ciudad de Guayaquil que es dónde se está realizando el estudio

### **Coordenadas de la Base:**

Se ingresará las coordenadas de la base que contienen dos ejes (x, y) que se ubican en el mapa de la ciudad de Guayaquil, para el presente estudio las coordenadas de la base dependerán del sector en el cual se esté diseñando la ruta.

### **Ingreso de nombre de coordenadas y numero de coordenadas:**

Se ingresará en el programa el número total de coordenadas así como el nombre correspondiente a cada una ellas que serán las paradas que se tendrán que hacer para cumplir con la ruta.

### **Etapas de resolución del módulo**

Para poder encontrar una respuesta que solucione el problema se debe considerar las siguientes etapas:

- Elección de la técnica de resolución adecuada
- Generación de Soluciones del modelo
- Análisis de los resultados
- Resultados inaceptables

## **4.4 Modelo de Estimación de Costo de Transporte Terrestre**

### **4.4.1 Componentes de la base tarifaria**

Se determinará cuáles son los valores resultantes de los costos operacionales medios de cada vehículo en función del recorrido medio anual que realiza a través de los índices de aprovechamiento que se clasifican en tres grupos:

1. Costos de Operación
2. Costos de Viaje
3. Costos de recuperación del capital invertido

### **Costos de Operación**

Estos costos son valores fijos, es decir, son un valor independiente del número de viajes que realice el vehículo o del tamaño del embarque. Estos valores corresponden a:

- Sueldos y salarios del personal viajante
- Sueldos y salarios del personal no viajante
- Seguro de los vehículos
- Gastos generales de administración

**Salario del personal viajante**

$$\mathbf{CPV} = \frac{(\mathbf{PV} * \mathbf{CUAPV})}{\mathbf{CAS}}$$

Dónde:

CPV: Costo del salario del personal viajante (\$)

PV: Personal viajante por vehículo al día (# de personas)

CUAPV: Costo unitario anual del personal viajante (sueldo del chofer \$)

CAS: Capacidad anual del servicio (capacidad de cada vehículo)

**Salario del Personal no Viajante**

$$\mathbf{CPNV} = \frac{(\mathbf{PNV} * \mathbf{CUAPNV})}{\mathbf{CAS}}$$

Dónde:

CPNV: Costo del salario del personal no viajante

PNV: Personal no viajante por vehículo al día (# de personas)

CUAPNV: Costo unitario anual del personal no viajante (\$)

CAS: Capacidad anual del servicio (de cada vehículo)

**Tasas, tributos y seguros a pagar de los vehículos (CTTS)**

$$\mathbf{CTTS} = \frac{\mathbf{TTS}}{(\mathbf{RAV} * \mathbf{CV})}$$

Dónde:

TTS: Total correspondiente a tasas, tributos y seguros

RAV: Recorrido anual del vehículo (km)

CV: Capacidad del vehículo (en toneladas)

### **Gastos Generales de administración (GGA)**

$$\mathbf{GGA} = \frac{\mathbf{GG * S}}{\mathbf{(1 - GG)}}$$

Dónde:

GG: Gastos Generales (% de costos totales)

S: Sumatoria de los grupos, exclusive y correspondiente al costo general de administración

### **Costos Variables: Costos de Viaje**

Son costos variables donde se consideran costos como:

- Consumo de combustible
- Consumo de lubricantes
- Consumo de llantas
- Mantenimiento del vehículo

### **Consumo de Combustible (CCC)**

$$\mathbf{CCC} = \frac{\mathbf{CC * PMC}}{\mathbf{CV}}$$

Dónde:

CC: Consumo de combustible del vehículo por km (gal/km)

PMC: Precio de mercado del combustible (\$)

CV: Capacidad del vehículo (# de toneladas)

**Consumo de Lubricantes (COL)**

$$\mathbf{COL} = \frac{\mathbf{CL * PML}}{\mathbf{CV}}$$

Dónde:

CL: Consumo de lubricante por km de cada vehículo

PML: Precio de mercado del lubricante (\$)

CV: Capacidad del vehículo (en toneladas)

**Consumo de llantas (CLL)**

$$\mathbf{CLL} = \frac{\mathbf{NLLV * PULL}}{\mathbf{RMLL*CV}}$$

Dónde:

NLLV: Número de llantas por vehículos (en números)

PULL: Precio unitario del mercado de la llanta (\$)

RMLL: Recorrido máximo de la llanta (km)

**Mantenimiento del vehículo (MV)**

$$\mathbf{MV} = \frac{\mathbf{CAMV}}{\mathbf{100}} * \frac{\mathbf{PMV}}{\mathbf{CAS}}$$

Dónde:

CAMV: Costo anual de mantenimiento del vehículo

PMV: Precio de mercado del vehículo

CAS: Consumo anual del servicio

### Costos de recuperación del capital invertido

#### Costos de capital del vehículo (CCV)

$$\mathbf{CCV} = \frac{\mathbf{AAV}}{\mathbf{CAS}}$$

Dónde:

AAV: Amortización anual del vehículo (\$)

CAS: Capacidad anual del servicio

$$\mathbf{CAS} = \mathbf{RAV} * \mathbf{CV}$$

Dónde:

RAV: Recorrido anual del vehículo

CV: Capacidad del vehículo (# de toneladas)

Tenemos al final como costos totales por tonelada/kilometro:

$\mathbf{CT} = \mathbf{CPV} + \mathbf{CPNV} + \mathbf{MV} + \mathbf{CTTS} + \mathbf{CCC} + \mathbf{COL} + \mathbf{CLL} + \mathbf{CCV}$
--

## **CAPÍTULO V**

### **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

#### **5.1 Introducción**

En el presente capítulo se detallará la información recolectada para la aplicación del modelo propuesto para la solución del problema planteado.

#### **5.2 Módulo usado en el estudio**

Para el presente estudio se usará el modelo de distribución descrito en el capítulo anterior aplicado al Software Logware, módulo ROUTER para lo que se establece la información necesaria para la utilización del módulo.

#### **Localización del depósito y los clientes**

Los clientes están divididos por zonas que son: Centro, Ayacucho, Aledaños y Sector Industrial. Los camiones una vez realizada la distribución deben retornar a la planta ubicada en Av. Juan Tanca Marengo.

Se detalla a continuación las coordenadas de los clientes para cada zona según el día de distribución.

#### **Lunes**

El día lunes la empresa realiza actividades de abastecimiento por lo que usa toda su flota para dicha actividad.

#### **Martes**

Este día realiza la distribución para la zona Centro donde atiende un promedio de 54 clientes. A continuación se detalla la localización de los clientes en esta zona.

Tabla 5.10 Coordenadas de clientes de la zona CENTRO

CLIENTES	Coordenadas		Peso por pedido	
	X	Y	libras	toneladas
DEPÓSITO	9,98	19,23		
1	15,18	10,33	884,26	0,401
2	19,18	8,21	748,85	0,340
3	17,48	5,41	487,58	0,221
4	12,96	6,59	487,65	0,221
5	8,12	5,51	653,25	0,296
6	12,47	4,12	458,96	0,208
7	20,64	8,52	526,14	0,239
8	20,98	10,5	458,65	0,208
9	18,49	11,08	487,89	0,221
10	20,25	13,5	658,41	0,299
11	18,87	13,11	483,21	0,219
12	18,34	14,32	652,12	0,296
13	15,59	12,68	415,2	0,188
14	11,48	10,51	658,15	0,299
15	16,09	2,59	684,97	0,311
16	20,52	4,41	489,65	0,222
17	21,37	7,01	658,97	0,299
18	13,81	1,14	748,59	0,340
19	15,91	7,99	852	0,386
20	20,48	15,75	483,67	0,219
21	22,5	14,93	678,59	0,308
22	22,45	12,03	625,15	0,284
23	17,97	11,52	587,29	0,266
24	14,46	11,51	743,59	0,337
25	17,39	9,6	489,59	0,222
26	20	10,58	487,91	0,221
27	19,89	12,03	351,54	0,159
28	17,01	10,5	832,56	0,378
29	13,5	10,32	478,89	0,217
30	18,34	7,5	690,5	0,313
31	18,81	9,75	748,59	0,340
32	19,85	9,37	654,57	0,297
33	17,5	8	825,6	0,374

34	16,41	6,55	731,5	0,332
35	19,21	6,5	791,59	0,359
36	20,49	6,87	462,58	0,210
37	20,15	5,69	458,56	0,208
38	22,21	11,05	709	0,322
39	15,08	14	780,59	0,354
40	13,68	13,04	483	0,219
41	12,1	9,48	658,56	0,299
42	10,5	7,43	518,59	0,235
43	10,39	4,68	715,53	0,325
44	15,25	6,1	842,21	0,382
45	13,75	8,83	708,89	0,322
46	18,24	5,09	483,59	0,219
47	15,75	9,52	647,58	0,294
48	18,39	12,35	749,56	0,340
49	14,97	11,08	814,56	0,369
50	12,41	8,09	824,15	0,374
51	11,88	12,52	640,59	0,291
52	10,59	5,44	499,87	0,227
53	14,33	7,29	578,14	0,262
54	12,21	6,84	678,51	0,308
<b>Toneladas</b>			<b>33949,69</b>	<b>15,399</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

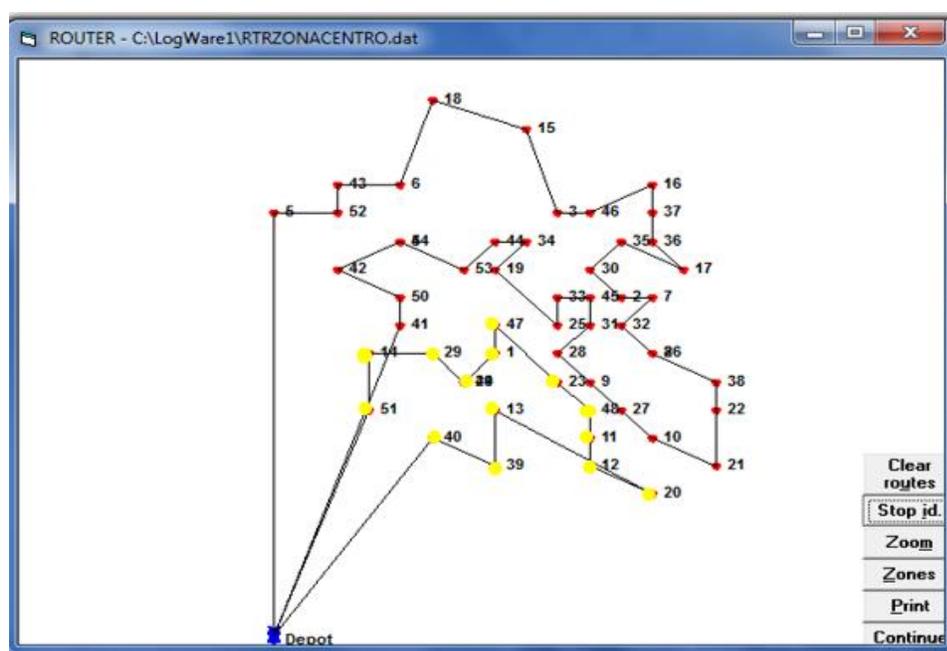
### **Diseño de Ruta para el día Martes**

Este día se despacha la zona Centro que cuenta con un total de 54 clientes. Se dividen dos rutas en este sector que serán diseñadas dependiendo del tamaño de los pedidos para poder cubrir toda la demanda de la zona.

A continuación se muestra el diseño de ruta de Router donde:

- Ruta 1 ●
- Ruta 2 ●
- Depósito ●

Gráfico 5.11 Diseño de la ruta óptima Zona Centro



Fuente: Módulo Router

Tabla 5.11 Tiempo, Distancia y Costo de Ruta

RUTA #	TIEMPO			# de paradas	Distancia km	Peso de la ruta Ton.	Tamaño del camión	Costo Total \$
	hora de llegada	hora de regreso	Tiempo de Ruta horas					
1	9:46 AM	3:10 PM	5,2	40	90	10.4	5	205.4
2	9:50 AM	1:01 PM	3,1	14	54	5	2.5	146.52

Fuente: Módulo Router

Router Sugiere aumentar la capacidad del camión de 2.5 toneladas a 5 toneladas y comprar otro camión de 5 toneladas para poder realizar el despacho completo de todos los pedidos. Distancia total recorrido 144 km con un costo total de \$351.92.

### Miércoles

Para este día el destino para la distribución es la zona Aledaños, a continuación se muestra las coordenadas de los clientes en este día y los pesos de cada pedido que se va a entregar.

Tabla 5.12 Localización de clientes zona Aledaños

CLIENTES	Coordenadas		Peso por pedido	
	X	Y	libras	toneladas
DEPÓSITO	9,98	19,23		
1	3,82	10,89	339,88	0,1542
2	10,33	3,92	451,25	0,2047
3	9,15	5,02	625,45	0,2837
4	7,48	4,61	546,58	0,2479
5	12,17	16,9	355,14	0,1611
6	9,71	13,45	496,5	0,2252
7	9,21	2,1	478,25	0,2169
8	3,05	13,54	487,59	0,2212
9	4,51	8,5	678,58	0,3078
10	11,63	10,75	672,96	0,3052
11	7,81	15,25	679,58	0,3083
12	7,73	11,24	323,56	0,1468
13	13	6,61	487,89	0,2213
14	3,55	4,49	624,93	0,2835
15	2,5	8,62	469,89	0,2131
16	19,69	2,3	413,4	0,1875
17	21,05	2,81	348,99	0,1583
18	12,87	2,95	478,65	0,2171
19	5,91	3,59	489,57	0,2221
20	5,57	14,51	480,59	0,2180
21	11,99	13,81	496,58	0,2252
22	9,01	8,93	472,56	0,2143
23	10,77	7,49	478,89	0,2172
24	5,63	6,82	421,25	0,1911
25	4,17	14,63	326,45	0,1481
26	6,11	12,31	378,59	0,1717
27	10,59	15,82	364,84	0,1655
28	4,72	2,94	504,87	0,2290
29	12,59	1,98	604,56	0,2742
30	11,48	5,51	520,87	0,2363
31	21,42	1,89	448,59	0,2035
<b>Total</b>			<b>14947,28</b>	<b>6,780</b>

Fuente: Elaborado por la autora

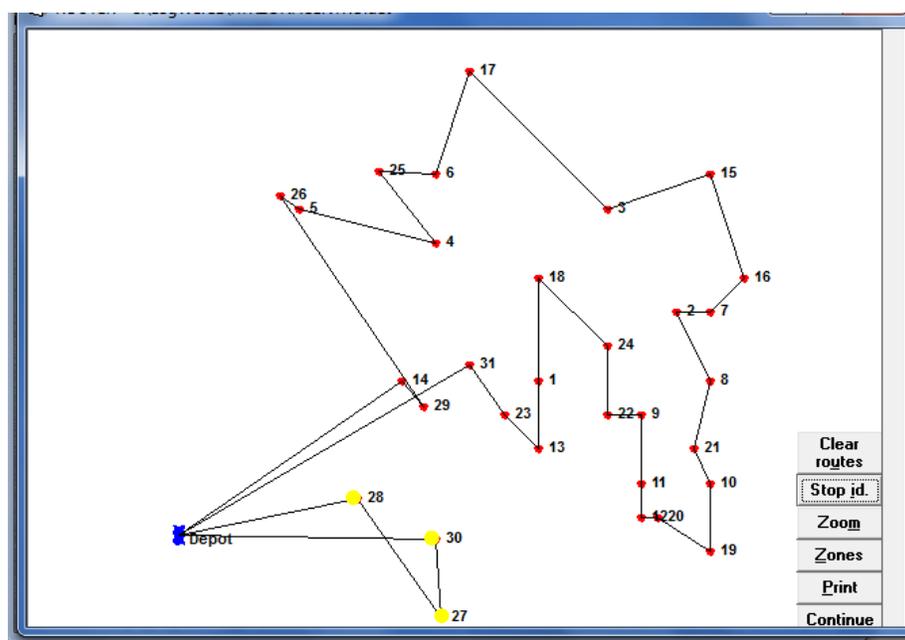
### Diseño de ruta día miércoles

Para los despachos de este día se toman los clientes ubicados en la zona Aledaños

A continuación se muestra el diseño de ruta de Router donde:

- Ruta 1 ●
- Ruta 2 ●
- Depósito ●

*Gráfico 5.12 Diseño de la ruta óptima Zona Aledaños*



*Fuente: Módulo Router*

*Tabla 5.13 Tiempo, Distancia y Costos de la ruta Aledaños*

RUTA #	TIEMPO			# de paradas	Distancia km	Peso de la ruta Ton.	Tamaño del camión	Costo Total \$
	hora de llegada	hora de regreso	Tiempo de Ruta horas					
1	9:48 AM	12:05 PM	2,4	3	61	2.5	2,5	123.69
2	9:51 AM	2:25 PM	4,3	28	159	4.28	5	187.57

*Fuente: Módulo Router*

Para esta ruta se obtuvo que las capacidades totales de los camiones son suficientes para el despacho de los pedidos cubriendo el peso total de la demanda en esta ruta. La distancia total recorrida es de 220 km con un costo total de \$311.26

### Jueves

Este día la distribución se realiza en el sector de Ayacucho donde se abastece a 24 clientes en toda la zona.

*Tabla 5.14 Localización de clientes Zona Ayacucho*

CLIENTES	Coordenadas		Peso por pedido	
	X	Y	libras	toneladas
<b>DEPÓSITO</b>	9,98	19,23		
1	17,81	2,03	890,35	0,404
2	16,45	4,09	789,25	0,358
3	13,46	3,52	653,14	0,296
4	11,98	5,81	451,23	0,205
5	15,52	8,49	526,22	0,239
6	19,11	7,53	546,89	0,248
7	19,56	5,4	415,26	0,325
8	20,98	7	418,94	0,259
9	17,49	6,5	748,9	0,429
10	7,8	5,48	847,59	0,378
11	10,38	3,51	365,59	0,315
12	10	4,89	489,57	0,416
13	15,51	4,53	687,59	0,312
14	16,55	7,26	487,89	0,452
15	18	9,45	498,26	0,392
16	18,3	4,99	648,28	0,512
17	16,41	5,29	497,63	0,390
18	14,25	7	888,89	0,403
19	15,51	6,59	487,89	0,413
20	15,3	3,98	760,26	0,345
21	19,5	8,5	541,59	0,431
22	12	2	648,59	0,361
23	14,98	2,05	947,52	0,570

24	18,53	2,98	714,55	0,324
<b>total</b>			<b>14951,87</b>	<b>8,776</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

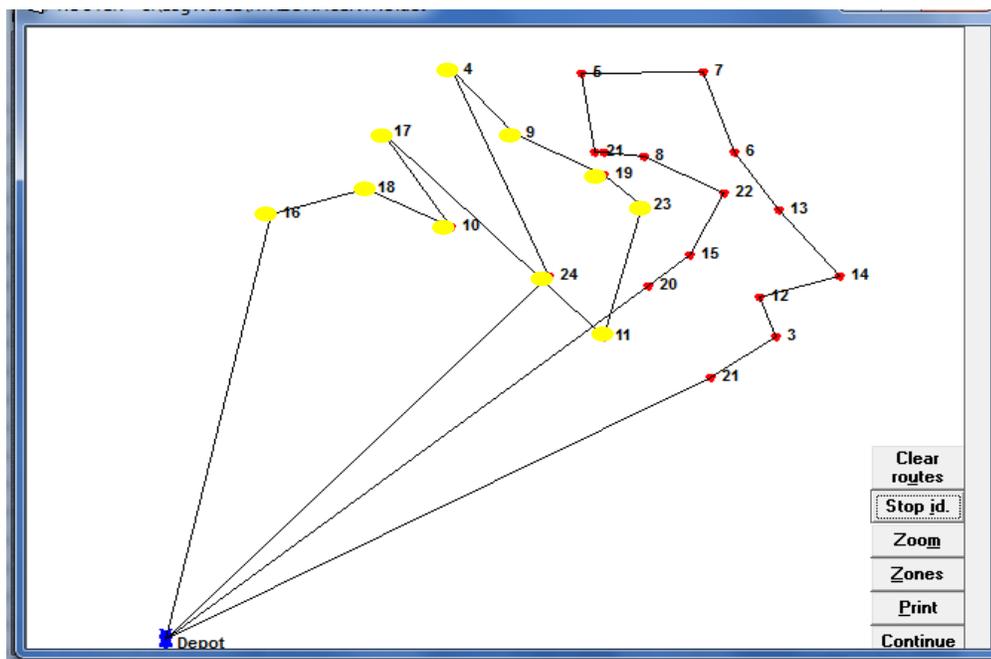
### Diseño de Ruta día Jueves

La zona despachada este día es Zona Ayacucho con un total de 24 clientes

A continuación se muestra el diseño de ruta de Router donde:

- Ruta 1 ●
- Ruta 2 ●
- Depósito ●

*Gráfico 5.13 Diseño de ruta Zona Ayacucho*



*Fuente: Módulo Router*

Tabla 5.15 Tiempo, Distancia y Costos de la ruta Zona Ayacucho

RUTA #	TIEMPO			# de paradas	Distancia km	Peso de la ruta Ton.	Tamaño del camión	Costo Total \$
	hora de llegada	hora de regreso	Tiempo de Ruta horas					
1	9:48 AM	1:22 PM	3.4	10	104	5	2,5	105.63
2	9:35 AM	2:01 PM	5.5	14	100	5	5	119.26

Fuente: Módulo Router

El módulo Router sugiere el aumento de la capacidad del camión de 2.5 a 5 toneladas para lograr cubrir el peso total de la demanda en esta zona.

Recorre una distancia de 204 km con un costo total de \$224.8 por todo el recorrido.

### Viernes

La zona abastecida este día es el Sector Industrial donde se tienen 16 clientes

Tabla 5.16 Localización de clientes Sector Industrial

CLIENTES	Coordenadas		Peso por pedido	
	X	Y	libras	toneladas
<b>DEPÓSITO</b>	9,98	19,23		
1	5,99	13,49	894,12	0,4055
2	2,09	11,96	1125,23	0,5104
3	12,25	12,5	867,48	0,3935
4	9,28	10,52	853,15	0,3870
5	6,09	8,97	1167,45	0,5295
6	2,29	7,31	988,56	0,4484
7	6,57	7,45	985,12	0,4468
8	4	10,75	966,59	0,4384
9	15,09	11,01	867,54	0,3935
10	10,38	8,49	825,26	0,3743
11	8,82	14,52	920,27	0,4174
12	3,03	5,4	973,01	0,4413
13	15,05	14,31	857,41	0,3889
14	10,47	13,08	1225,68	0,5560
15	3,51	13,49	977,17	0,4432
16	2,5	9,5	1158,8	0,5256
<b>Total</b>			<b>15652,84</b>	<b>7,10</b>

Fuente: Elaborado por la autora

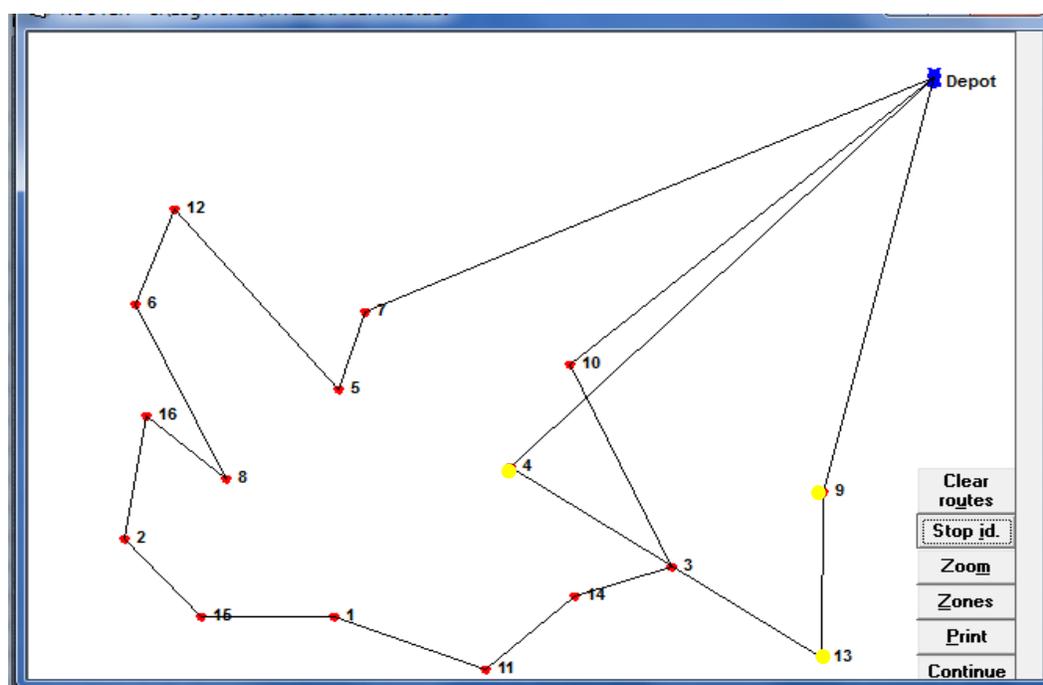
### Diseño de ruta día Viernes

Este día la zona definida para el despacho es el Sector Industrial con un total de 16 clientes.

A continuación se muestra el diseño de ruta de Router donde:

- Ruta 1 ●
- Ruta 2 ●
- Depósito ●

Gráfico 5.14 Diseño de ruta Sector Industrial



Fuente: Módulo Router

Tabla 5.17 Tiempo, Distancia y Costos de la ruta Sector Industrial

RUTA #	TIEMPO			# de paradas	Distancia km	Peso de la ruta Ton.	Tamaño del camión	Costo Total \$
	hora de llegada	hora de regreso	Tiempo de Ruta horas					
1	9:35 AM	1:22 PM	2,8	3	59	2.1	2,5	105.83
2	9:51 AM	2:25 PM	4.4	13	106	5	5	222.19

Fuente: Módulo Router

Para esta zona Router define la ruta óptima con la flota existente en la empresa, sin la necesidad de aumentar la capacidad o adquirir otro camión. La distancia recorrida es de 165 km con un costo total de \$328.02

### 5.2.2.2 Demanda

Para la demanda se ha tomado a los 125 clientes que realizan pedidos semanalmente, divididos por zonas para realizar el análisis correspondiente.

*Tabla 5.18 Número de pedidos y pesos por zonas*

<b>Zonas</b>	<b># De pedidos semanal</b>	<b>Libras semanales</b>	<b>Toneladas semanales</b>
<b>Aledaños</b>	31	14951,87	6,78
<b>Centro</b>	54	33949,69	15,40
<b>Sector Industrial</b>	16	15649.08	7.10
<b>Ayacucho</b>	24	19331,08	8,77
<b>TOTAL</b>	<b>125</b>	<b>83881,72</b>	<b>37.98</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

Se obtuvo que a la semana la empresa enfrenta una demanda de 37.98 toneladas totales superando su capacidad de distribución semanal que es igual a 37.5 toneladas.

### 5.2.2.3 Tiempo de descarga para cada zona

Los tiempos de descarga fueron determinados bajo un promedio de 5 minutos por pedido en cada zona.

*Tabla 5.19 Tiempo de descarga por zonas*

<b>Zonas</b>	<b>tiempo de despacho/ minuto</b>	<b># De pedidos</b>	<b>toneladas</b>
Aledaños	155	31	6.78
Centro	270	54	15,40
Sector Industrial	80	16	7.10
Ayacucho	120	24	8.77
<b>Total</b>	<b>625</b>	<b>125</b>	<b>37.98</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

### **5.3 Sistema de Distribución de la empresa**

La empresa XYZ S.A. maneja transporte propio, eso hace que sus costos no se eleven usando flota alquilada, así como también puede planificar su distribución sin factores externos que la alteren. Cuenta con 2 vehículos que operan dentro de la ciudad de Guayaquil de lunes a viernes en las diferentes zonas de la ciudad.

Se detalla a continuación todos los costos que tiene la empresa en el proceso de distribución de sus productos para la estimación de los componentes de la base tarifaria

#### **Costos Variables:**

Como costos variables se consideran los costos de viaje como: consumo de combustible, consumo de llantas, consumo de lubricantes y mantenimiento del vehículo.

#### **1. Consumo de combustible**

Para poder determinar el rendimiento de los camiones según km/gln hay que especificar el tipo de vía que va a usar el vehículo y la cantidad de la carga que se lleva.

*Tabla 5.20 Rendimiento del Combustible*

<b>VIA</b>	<b>CARGA (ton.)</b>	<b>Vacío</b>	<b>2.5 Ton.</b>	<b>5 Ton.</b>
Asfaltada con gradiente leve	Rendimiento (km/gln)	12.5	12	11.5
Asfaltada con gradiente medio	Rendimiento (km/gln)	10.5	10	9.5
Asfaltada con gradiente pronunciada	Rendimiento (km/gln)	9.5	9	8.5

Para el presente estudio se tomará como vía usada para la distribución “pista asfaltada con gradiente leve”, dado que el recorrido es dentro de la ciudad de Guayaquil. Por lo que los rendimientos de combustible serán 12 km/gln para el camión de 2.5 toneladas y 11.5 km/gln para el camión de 5 toneladas.

El tipo de combustible usado por los vehículos es diésel con un costo de mercado de \$1.04 por galón<sup>4</sup>

## **2. Consumo de lubricantes<sup>5</sup>**

El tiempo recomendado para realizar el cambio de aceite en los camiones es cada 5000 km y el costo promedio en el mercado es de \$120.00 incluido cambio de filtro de aceite y de combustible con un lubricante de marca Gulf. Consume cada camión un promedio de 5 galones de aceite.

## **3. Consumo de llantas**

El uso de neumáticos para el camión de 2.5 toneladas es de 4 con una duración promedio de 50000 kilómetros y para el camión de 5 toneladas es igual a 6 con una duración promedio de 50000 km. El costo unitario de los neumáticos es de \$300.00 (valor referencial del mercado)

## **4. Mantenimiento del vehículo**

Para una mejor duración del vehículo es necesario realizarse mantenimientos cada cierto tiempo con el fin de corregir alguna falla que en el futuro pueda provocar molestias al

<sup>4</sup> Precio dado por GlobalPetrolPrice.com el 8/02/2016

<sup>5</sup> Información obtenida de la empresa Lubricantes Internacionales S.A. (LUBRISA)

vehículo. Según las especificaciones técnicas de los vehículos los mantenimientos que deben realizarse son los siguientes:

*Tabla 5.21 Costos de Mantenimiento de los Camiones*

<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Camión 2.5 toneladas</b>	<b>Camión 5 toneladas</b>
Servicio de scanner	\$50.00	\$50.00
Limpieza de inyectores	\$48.00	\$48.00
ABC motor (mano de obra)	\$80.00	\$80.00
ABC frenos (mano de obra)	\$45.00	\$45.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$223.00</b>	<b>\$223.00</b>

*Fuente: Freno Seguro*

Se considera que el mantenimiento del vehículo se lo hará cada 6 meses.

### **Costos Fijos**

Entre los costos fijos se encuentran los costos operativos y los costos de capital del vehículo. Representan costos mensuales independientemente del recorrido o uso que se le dé a la flota para la distribución.

#### **1. Costos operativos**

Para los costos operativos se determinará:

*Tabla 5.22 Costos Operativos*

<b>Tipo de costo</b>	<b>Camión 2.5 toneladas</b>	<b>Camión 5 toneladas</b>
Salario del Chofer	\$450.00	\$450.00
Salario del ayudante	\$360.00	\$360.00
Salario del estibador	\$360.00	\$360.00
Salario del supervisor de planta	\$500.00	\$500.00
Gastos Varios <sup>6</sup>	\$200.00	\$200.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$1870</b>	<b>\$1870</b>

<sup>6</sup> Se refiere a los gastos de alimentación, llamadas a celulares e imprevistos

Fuente: Empresa XYZ S.A.

Tabla 5.23 Tasas y Seguros

<b>Tasa y tributos</b>	<b>Camión 2.5 toneladas</b>	<b>Camión 5 toneladas</b>
Seguro (Soat)	\$42.58	\$42.58
Revisión técnica vehicular	\$68.38	\$68.38
Tasa por renovación de matrícula	\$36.00	\$36.00
Impuesto a la propiedad	\$3.50	\$3.50
Valor de la matrícula	\$236.21	\$236.21
<b>TOTAL</b>	<b>\$386.67</b>	<b>\$386.67</b>

Fuente: Agencia de Tránsito Municipal ATM

## 2. Gastos Generales Administrativos

Para este tipo de gastos se considera que representan el 5% de los costos totales.

## Recuperación del capital invertido

Para la compra de los camiones se realizó un préstamo bancario el cual se paga con una tasa referencial del 11.21% a 5 años plazo.

Tabla 5.24 Amortización anual

Vehículo	Pago anual	Pago mensual
Camión 2.5 toneladas	\$8652.14	\$721.01
Camión 5 toneladas	\$10008.9	\$84.08
<b>Pago anual total</b>	<b>18661.04</b>	<b>\$805.09</b>

Fuente: Empresa XYZ S.A.

## 5.4 Presentación de los cálculos realizados

Se realizan los cálculos de los indicadores presentados en el capítulo 4 para determinar todos los costos fijos, variables y gastos generales para el respectivo análisis.

Para el cálculo de los indicadores se considera que cada vehículo recorre una distancia promedio anual de 75000 kilómetros<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Información brindada por la empresa XYZ S.A.

### 5.4.1 Costos fijos

#### Salario del personal viajante

Se calcula el costo del personal viajante en base al salario anual y la capacidad anual de cada vehículo

*Tabla 5.25 Salario del personal viajante*

<b>salario del personal viajante</b>		
personal viajante	2	2
costo unitario anual del personal viajante	\$ 4.860,00	\$4860
capacidad anual del servicio	600	1200
recorrido anual	75000	75000
<b>Valor del índice</b>	<b>0,000216</b>	<b>0,000108</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

#### Salario del personal no viajante

Se refiere al personal que no viaja en el vehículo para la distribución de los pedidos, sin embargo son parte del proceso de distribución dentro de la empresa, por ello se toma en consideración sus costos operacionales.

*Tabla 5.26 Salario del personal NO viajante*

<b>salario del personal NO viajante</b>		
personal NO viajante	2	2
costo unitario anual del personal NO viajante	5160	5160
capacidad anual del servicio	600	1200
recorrido anual	75000	75000
<b>Valor del índice</b>	<b>0,0002293</b>	<b>0,0001147</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

### Tasas, Tributos y seguros

Se toma los costos correspondientes a matriculación, seguros, tasas e impuestos de anuales de cada vehículo

*Tabla 5.27 Costos de tasas, tributos y seguros*

<b>Costos de tasas tributos y seguros</b>		
total de tasas y tributos	455,05	455,05
recorrido anual del vehículo	75000	75000
capacidad del vehículo	600	1200
<b>Valor del índice</b>	<b>0,000010</b>	<b>0,000005</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

### Capital del vehículo

Se refiere a los costos del capital invertido en los vehículos con su respectiva amortización, recorrido y capacidad anual.

*Tabla 5.28 Costo de capital del vehículo*

<b>Costo de capital del vehículo</b>		
amortización anual del vehículo	8652,14	10008,9
recorrido anual del vehículo	75000	75000
capacidad del vehículo (toneladas)	600	1200
<b>Valor del índice</b>	<b>0,000192</b>	<b>0,000111</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

### 5.4.2 Costos variables

#### Consumo de combustible

Se toma en cuenta el rendimiento de combustible del vehículo anual por kilómetro recorrido, el precio del mercado y cuánto recorre anualmente el vehículo

Tabla 5.29 Consumo de combustible

<b>Consumo de Combustible</b>		
Consumo de comb. del vehículo por km (gal/km)	0,083333	0,0869565
precio del mercado de combustible	1,04	1,04
recorrido anual del vehículo km.	75000	75000
<b>Valor del índice</b>	0,000001	0,000001

Fuente: Elaborado por la autora

### Consumo de lubricantes

Se calcula cuál es el costo de lubricantes según el consumo anual dependiendo de los kilómetros que recorre cada vehículo.

Tabla 5.30 Consumo de lubricantes

<b>Consumo de lubricantes</b>	<b>2.5 toneladas</b>	<b>5 toneladas</b>
Consumo de lubricantes por km de c/vehículo	0,001	0,001
precio de mercado del lubricante	120	120
capacidad del vehículo	75000	75000
<b>Valor del índice</b>	0,000002	0,000002

Fuente: Elaborado por la autora

### Consumo de llantas

Se calcula cuál es el costo anual en consumo de llantas dependiendo del número de neumáticos que usa cada vehículo y los kilómetros que puede recorrer.

Tabla 5.31 Consumo de llantas

<b>Consumo de llantas</b>		
numero de llantas por vehículo	4	6
precio unitario de llantas del mercado	300	300
recorrido máximo de la llanta km	50000	50000
capacidad del vehículo km	75000	75000
<b>Valor del índice</b>	0,00000032	0,00000048

Fuente: Elaborado por la autora

### Mantenimiento del vehículo

Se determina el costo de mantenimiento asumiendo que este se lo realiza dos veces al año para evitar posibles problemas.

*Tabla 5.32 Mantenimiento del vehículo*

<b>Mantenimiento del vehículo</b>		
Costo anual de mantenimiento	446	446
precio del mercado del vehículo	38900	45000
consumo anual del vehículo	75000	100000
<b>Valor del índice</b>	2,313253333	2,007

*Fuente: Elaborado por la autora*

### **Gastos generales**

Los gastos generales de administración son considerados el 5% de los costos totales de distribución.

*Tabla 5.33 Gastos generales*

<b>Gastos generales de administración</b>		
costos fijos	0,000647715	0,000338933
costos variable	2,313256409	2,007003286
<b>Total</b>	2,313904124	2,007342219
5% del total de los costos	<b>0,115695206</b>	<b>0,100367111</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

## 5.5 Resumen del cálculo de los costos de distribución

*Tabla 5.34 Estimación de Costos por km*  
costos de operación ton/km recorrido

Costos	Camión 2,5 ton.	Camión 5 ton.
<b>Costos fijos</b>		
Salario del personal viajante	0,000216	0,000108
Salario del personal no viajante	0,000229	0,000115
Tasas, tributos y seguros	0,000010	0,000005
Costos de capital del vehículo	0,000192	0,000111
total costos fijos	<b>0,000648</b>	<b>0,000339</b>
<b>Costos variables</b>		
Consumo de combustible	0,000001	0,000001
Consumo de lubricantes	0,000002	0,000002
Consumo de Llantas	0,00000032	0,00000048
Mantenimiento del vehículo	2,313253	2,007000
Total costos variables	<b>2,313256</b>	<b>2,007003</b>
<b>Gastos Generales de administración</b>	<b>0,115695</b>	<b>0,100367</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2,429599</b>	<b>2,107709</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

Los costos para cada zona según los kilómetros recorridos son los siguientes:

*Tabla 5.35 Costos por kilómetro recorrido*

Zona	Distancia km		Costo por Ruta	
	camión 2,5 ton	camión 5 ton	Costo Ruta camión 2,5 ton	Costo Ruta 5 ton
Centro	157	68	381,45	143,32
Aledaños	104	121	252,68	255,03
Ayacucho	61	159	148,21	335,13
Sector Industrial	59	106	143,35	223,42
<b>costo semanal</b>			<b>925,68</b>	<b>956,90</b>
<b>costo mensual</b>			<b>3702,71</b>	<b>3827,60</b>
<b>costo anual</b>			<b>44432,51</b>	<b>45931,20</b>

*Fuente: Elaborado por la autora*

Como se puede observar en la tabla una capacidad mayor del vehículo dará como resultado menores costos de distribución, a pesar de tener similares indicadores.

También se puede observar que estos costos le permiten a la empresa tener una alta competitividad en el mercado.

## CAPÍTULO VI

### PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 6.1 Presentación de Resultados aplicando ROUTER

Para la aplicación del modelo se toma en cuenta los supuestos establecidos en el Capítulo 5. Se realiza el análisis para los clientes que se despacha por día con el fin de encontrar un diseño de ruta óptimo, tiempo, distancia, costos y número de vehículos a utilizar por cada ruta. Se toma en cuenta que el día lunes no realiza actividades de distribución.

#### 6.1.2 Resumen de costos totales de distribución por ruta

Tomando en cuenta los 25 días de operatividad al mes se obtiene un costo total de distribución semanal y mensual mostrado en la tabla siguiente

*Tabla 6.36 Costos semanales y mensuales de cada ruta*

Días de Operatividad	camión de 5 ton	camión de 5 ton	costo total semanal	Costo Total Mensual
Lunes <sup>8</sup>	62,34	62,34	124,68	498,72
Martes	205,4	146,52	351,92	1407,68
Miércoles	123,69	187,57	311,26	1245,04
Jueves	105,63	119,26	224,89	899,56
Viernes	105,83	222,19	328,02	1312,08
<b>TOTAL</b>	<b>602,89</b>	<b>737,88</b>	<b>1340,77</b>	<b>5363,08</b>

El costo total mensual de distribución con el diseño de ruta del software Logware es de \$5363.08 y un costo semanal de \$1340.77

---

<sup>8</sup> Para este día se toma en consideración sólo los costos fijos puesto que no se realiza ninguna distribución

## 6.2 Análisis de los resultados

### 6.2.1 Número de vehículos

Realizando un análisis conjunto entre todas las rutas diseñadas para las zonas de despachos se puede concluir que Router sugiere el aumento de la capacidad del vehículo de 2.5 a 5 toneladas con lo que podría cubrir la demanda total para cada zona y así disminuir la pérdida de pedidos por falta de capacidad.

A continuación se muestra la diferencia del sistema actual y la solución propuesta por Router.

*Tabla 6.37 Análisis de los vehículos*

Sistema Actual		Sistema Propuesto	
Camión de 2,5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton
\$ 38.900	\$ 45.000	\$ 45.000	\$ 45.000
\$ 83.900		\$ 90.000	

*Fuente: Elaborado por la autora*

Se puede observar que existe un aumento en el capital invertido para vehículo ya que se requiere aumentar la capacidad de la flota, esto permitirá el reparto de más pedidos en las zonas que no se alcanzaban a despachar por falta de capacidad.

El aumento del costo de capital por vehículos es de 7.27%

### 6.2.2 Kilómetros mensuales

Para el sistema actual la empresa recorre un promedio de 90 km diarios para el camión de 2.5 toneladas y 140 km para el camión de 5 toneladas.

Para el sistema propuesto se toman los kilómetros totales por ruta de cada camión para sacar el recorrido mensual que tendrían los camiones con las rutas propuestas por Router.

*Tabla 6.38 Comparación de kilómetros recorridos mensuales*

<b>Sistema Actual</b>		<b>Sistema Propuesto</b>	
Camión de 2,5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton
1900	2800	1524	1816
<b>4700</b>		<b>3340</b>	

Existe una reducción de los kilómetros recorridos mensuales de la flota, lo que evidencia una optimización de la ruta logrando disminuir costos. La reducción es del 28.94%

### **6.2.3 Tiempo total de recorrido**

En el cálculo del tiempo recorrido para el sistema actual se tomó un promedio de 5 horas diarias recorridas por cada camión lo que da un total de 100 horas de recorrido al mes.

Para el sistema propuesto por Router se tomó las horas diarias que se demora en recorrer cada sector por camión.

*Tabla 6.39 Comparación del tiempo recorrido mensual*

<b>Sistema Actual</b>		<b>Sistema Propuesto</b>	
Camión de 2,5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton
100 horas	100 horas	60 horas	69,2 horas
200 horas		129,2 horas	

*Fuente: Elaborado por la autora*

Se logró disminuir el tiempo de recorrido mensual de la flota en un 28.94% pudiendo usar este tiempo recuperado para la distribución de más pedidos.

### **6.2.4 Costos Totales**

Se tomó los costos fijos y variables que tenía la empresa con sistema que maneja en la actualidad, tomando en cuenta los kilómetros que recorren cada camión y el tiempo que se

demora en cada recorrido. Además se considera también como costos la pérdida de pedido generada por los factores antes expuestos en el estudio.

Para el sistema propuesto se tomó los costos totales tomando en cuenta los kilómetros recorridos con este sistema y el tiempo que se demora en cada uno. Al lograr optimizar tiempo y distancia por recorrido de cada camión se logró disminuir considerablemente los costos totales de distribución. La pérdida de pedido logró disminuirse en un 2% ayudando a reducir los costos.

*Tabla 6.40 Comparación de costos totales*

Costos Mensuales	Sistema Actual		Sistema Propuesto	
	Camión de 2,5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton	Camión de 5 ton
costos	\$9571,38	\$11521,77	\$2411,56	\$2951,52
pérdida de pedido	\$957,14	\$1152,17	\$54,11	\$54,45
Costos totales	\$10528,52	\$12673,94	\$2465,67	\$3005,97
<b>TOTAL</b>	<b>\$23202,46</b>		<b>\$5471,64</b>	

*Fuente: Elaborado por la autora*

Los costos totales de distribución tuvieron una disminución considerable del 76.42% por lo que se puede decir que el sistema propuesto en este estudio es el óptimo ya que no sólo disminuye los costos de distribución, sino que a su vez se logra disminuir la pérdida de pedidos del 10% al 2%.

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES**

En este capítulo se detallará las conclusiones a las que se llegó en el presente estudio dado los resultados obtenidos de los análisis de los modelos propuestos.

Con el modelo planteado en este estudio se pudo evidenciar que el sistema de transporte manejado por la empresa XYZ S.A. no tenía una administración logística correctamente establecida lo que generaba costos altos de distribución, pérdidas de pedidos en un 10%, retrasos en el cronograma de despacho por falta de capacidad de la flota para despachar los pedidos, por lo que se consideró realizar un análisis del transporte y así determinar si es necesario aumentar la capacidad de toneladas.

En la aplicación del modelo se pudo determinar las rutas óptimas para cada zona de distribución usando el software Logware, módulo ROUTER, (gráficos 5.11, 5.12, 5.13, 5.14) que partirán desde la planta hacia cada cliente según la zona que se esté distribuyendo, estas rutas propuestas permiten disminuir los costos totales en un 76.42% logrando generar mejores retornos para la empresa, como se puede observar en la tabla 6.40 página 66.

Así como también se logró disminuir el tiempo de recorrido mensual en un 28.94% (según tabla 6.39 página 65) pudiendo usar este tiempo recuperado para la distribución de más pedidos.

Existe una reducción de los kilómetros recorridos mensuales de la flota, lo que evidencia una optimización de la ruta logrando disminuir costos. La reducción es del 28.94%, como se puede observar en la tabla 6.38 página 65.

Router también mostró como resultado la necesidad de aumentar en 2.5 toneladas la capacidad de uno de los vehículos para lograr una mayor cobertura de la demanda, es decir Router sugiere tener dos camiones de 5 toneladas cada uno para la distribución de los pedidos.

Con esto se puede brindar un mejor servicio a los clientes y mejorar esta actividad logística de la empresa.

## REFERENCIAS

Ballou Ronald H. (2004). Administración de la cadena de suministros. Editorial Pearson. Quinta Edición. México

Carlos Antonio Portal Rueda. (2004). Costos logísticos. Paraguay

Ing. Luis Aníbal Mora G. Gerente General High Logistics Ltda. Indicadores de gestión logística. España.

García Soler Giovanni. (2014) Modelos para la planeación de transporte terrestre eficiente para el sector de hidrocarburos. Bogotá

Lopez Andrés, Olguín Jesús, Camargo Claudia. (2008). Revista Ingeniería Industrial. Mathematical model of transport applied to a company dedicated to the manufacture and distribution toys, using integer linear programming. México

Muquinche Gabriela, Orellana Mariuxi. (2009) Análisis Del Sistema De Distribución De Una Compañía Manufacturera Y Comercializadora De Aceros

Cortez Manuel, Iglesias Miriam. (2004) Generalidades sobre la metodología de investigación. México

Lifelong Learning Programme. Courier routing through innovative emulation learning program. Capítulo 5. Routing and Scheduling.

**Páginas de internet**

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642004000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642004000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

[https://books.google.com.ec/books?id=U2j7vXvS\\_rcC&pg=PA55&dq=sistemas+de+distribuci%C3%B3n+f%C3%ADsica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjfu5Dwpd\\_KAhWOUB4KHbCsDuEQ6AEIKzAD#v=onepage&q=sistemas%20de%20distribuci%C3%B3n%20f%C3%ADsica&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=U2j7vXvS_rcC&pg=PA55&dq=sistemas+de+distribuci%C3%B3n+f%C3%ADsica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjfu5Dwpd_KAhWOUB4KHbCsDuEQ6AEIKzAD#v=onepage&q=sistemas%20de%20distribuci%C3%B3n%20f%C3%ADsica&f=false)

<http://logisticayabastecimiento.jimdo.com/distribucion-y-transporte/>