

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO – CUNPROGRESO –  
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**



**“UTILIZACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL  
PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS EN UNA  
EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS, UBICADA EN EL  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**

**WENDY JULISSA DEL CID LARIOS**

**GUASTATOYA EL PROGRESO, NOVIEMBRE DE 2019**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO – CUNPROGRESO –  
LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**“UTILIZACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL  
PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS EN UNA  
EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS, UBICADA EN EL  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**

**TESIS**

**PRESENTADO AL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE  
EL PROGRESO – CUNPROGRESO –**

**POR**

**WENDY JULISSA DEL CID LARIOS**

**PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**ADMINISTRADORA DE EMPRESAS**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE**

**LICENCIADA**

**GUASTATOYA EL PROGRESO, NOVIEMBRE 2019**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE EL PROGRESO – CUNPROGRESO –**  
**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO**

Director del Centro Universitario de El Progreso:	Dr. Luis Fernando Torres Arreaga
Secretaria de Consejo Directivo:	M.V. Jenny Elizabeth Contreras Castillo
Decano de la Facultad de Ciencias Económicas:	Lic. Luis Antonio Suárez Roldan
Representante del Colegio de Abogados y Notarios de Guatemala:	Dr. Juan Carlos Godínez Rodríguez
Representante de la Facultad de Humanidades:	Lic. Mynor Giovany Morales Blanco
Representante Estudiantil de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia:	Valeska Jimena Contreras Paz
Representante Estudiantil de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales:	Víctor Hugo Mayén García

**PROFESIONALES QUE PRACTICARON EL EXAMEN DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS**

Área Administración Financiera	Lic. Víctor Williams Xitumul González
Área Administración de Operaciones	Licda. Flor de María Gómez Xiquín
Área Mercadotecnia	Licda. Delmy Patricia Marroquín Itzol
Área Administración	Lic. Carlos Aroldo Rosales Hernández

**JURADO QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE TESIS**

Presidente:	Lic. Luis Carlos Paiz Paredes
Secretaria:	Licda. Gabriela Dolores Jerónimo Bautista
Examinador:	Lic. Rudy Francisco Rodríguez Ortiz

Guatemala, septiembre del 2019

Licenciado  
Ariel Alejandro Alvarado Ayala  
Coordinador de la Licenciatura en Administración de Empresas  
Centro Universitario de El Progreso -CUNPROGRESO-  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Su despacho

Estimado Coordinador:

De conformidad con el dictamen emitido el siete de abril del año dos mil diecinueve en el que se me designa como asesora de tesis de la estudiante **WENDY JULISSA DEL CID LARIOS**, registro académico 201047266 con el tema “**UTILIZACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO GUATEMALA**”, me permito informarle que he procedido a revisar el contenido de dicho estudio, encontrando que el mismo cumple con los lineamientos y objetivos planteados en el respectivo plan de investigación, aprobado el día veintiuno de septiembre del año dos mil diecinueve.

En virtud de lo anterior y considerando que este trabajo de tesis fue desarrollado de acuerdo con los requisitos reglamentarios del Centro Universitario de El Progreso, me permito recomendarlo para que sea discutido en Examen privado de tesis, previo a optar al título de Administradora de Empresas en el grado académico de licenciada. Sin otro particular, me suscribo con las muestras de mi consideración y estima.

Atentamente,



Licda. Flor De María Gómez Xiquín  
Administradora de Empresas  
Colegiado 19,468

f) \_\_\_\_\_  
**Licda. Flor De María Gómez Xiquín**  
**Administradora de Empresas**  
**Colegiado No. 19,468**



Ref. Orden de Impresión S. A. 024-02/2019

**Centro Universitario de El progreso  
Universidad de San Carlos de Guatemala**

La infrascrita Secretaria Académica del Centro Universitario de El Progreso, **HACE CONSTAR:** Que en sesión celebrada el día doce de noviembre de dos mil diecinueve, según PUNTO TERCERO, inciso 3.7 del acta 21-2019 de la sesión ordinaria celebra por el Consejo Directivo del Centro Universitario de El Progreso, en la cual **ACUERDA: Que de acuerdo con lo estipulado por el Reglamento para la Evaluación Final de Examen Privado de Tesis y habiendo aprobado con la nota de setenta y uno (71) puntos, la estudiante de la carrera de Licenciatura en Administración de Empresas Wendy Julissa del Cid Larios, Carne 201047266 del Centro Universitario de El Progreso, se autoriza la orden de Impresión de Tesis del trabajo intitulado "UTILIZACIÓN DEL MODELO DE TRASPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA".**

Y para los efectos correspondientes extendiendo la presente en una hoja bond, firmada y sellada a los trece días del mes de noviembre del año dos mil diecinueve, en la ciudad de Guastatoya, El Progreso.

**"Id y enseñad a todos "**



**M. V. Jenny Elizabeth Contreras Castillo**  
Secretaria Académica  
CUNPROGRESO



C. c. Archivo

Barrio El Porvenir, a un costado de Iglesia Evangélica Palabra de Vida, Guastatoya, El Progreso.

Teléfono: 7728-7373

## **ACTO QUE DEDICO**

### **A DIOS**

Fuente inagotable de amor y misericordia, a quien debo mi vida y quien me ha dado sabiduría y fuerzas a lo largo de mi carrera y gracias a Él, pude alcanzar este triunfo. No hay palabras como expresar mi gratitud por todo lo que ha hecho en mi vida gracias padre celestial.

### **A MI PADRE**

Juan Antonio del Cid Hernández, que en el poco tiempo que Dios nos permitió compartir marcaste mi vida, gracias a tu amor incondicional y por haber sido el mejor ejemplo de amor, este triunfo es para ti papi yo sé que desde el cielo estarás orgulloso de mi, te amo.

### **A MI MADRE**

Lesvia Maribel Larios Natareno, ejemplo de lucha y perseverancia gracias a ella soy la mujer que soy, gracias por haber aceptado la prueba tan grande que te puso Dios en el camino, de haber quedado viuda a tan corta edad y con una hija pequeña de tan solo tres años, a pesar de todo ello saliste adelante tanto en tu vida personal como profesional, dándome un gran ejemplo de lucha y perseverancia, a no rendirme y luchar por lo que quiero. Hoy puedo decir madre cumplí mi meta gracias a tu apoyo incondicional.

### **A MI ESPOSO**

Freddy Rafael Cerón Canté, gracias por su amor, cariño y apoyo para cumplir esta meta en mi vida.

### **A MI HIJO**

Freddy Andrés Cerón del Cid, por ser mi motivación para salir adelante y ser su ejemplo a seguir.

<b>A MIS ABUELOS</b>	Lázaro del Cid Rodríguez y Erlinda Esperanza Hernández Herrera, por su amor y cariño incondicional gracias por estar siempre allí para mí.
<b>A MI PADRINO</b>	Ing. Byron René del Cid Hernández por su amor y cariño, por apoyarme y motivarme a ser una profesional con su ejemplo y enseñanza.
<b>A MIS TIOS (AS)</b>	Por todo su amor y cariño incondicional.
<b>A MIS AMIGOS</b>	Por su apoyo y motivación en los buenos y malos momentos que vivimos a lo largo de la carrera sin ustedes no lo hubiera logrado gracias por estar allí para apoyarme.
<b>A LICENCIADA</b>	Flor de María Gómez Xiquín, por la aportación de sus conocimientos y guiarme a concluir la presente tesis.
<b>AL LICENCIADO</b>	Abad Bruce Alberto Herrera Lima, por su apoyo brindado a lo largo del proceso de tesis.
<b>A CUNPROGRESO</b>	Por ser el centro de estudio que me acogió a lo largo de estos años y haberme dado la oportunidad de dar un paso más en el campo del conocimiento
<b>A LA UNIVERSIAD SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de ampliar los conocimientos y ser parte de ella.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
INTRODUCCIÓN.....	i
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
1.1. EMPRESA.....	1
1.1.1 Clasificación de las Empresas.....	1
1.1.1.1. Sector primario.....	1
1.1.1.2. Sector secundario.....	2
1.1.1.3. Sector terciario .....	2
1.2. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES.....	2
1.2.1. Origen.....	2
1.2.2. Naturaleza.....	3
1.2.3. Importancia.....	3
1.2.4. Impacto.....	4
1.3. LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA TOMA DE DECISIONES EN LOS NEGOCIOS.....	5
1.4. TOMA DE DECISIONES.....	6
1.5. UTILIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA TOMA DE DECISIONES.....	7
1.6. PROGRAMACIÓN LINEAL.....	7
1.6.1. Supuestos de la programación lineal.....	7
1.6.1.1. Supuestos de certidumbre.....	8
1.6.1.2. Supuestos de aditividad.....	8



<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1.6.3. Conceptos básicos de formulación del modelo de programación lineal.....	8
1.6.3.1 Variables de decisión.....	9
1.6.3.2. Función objetivo.....	9
1.6.3.3. Restricciones.....	9
1.7. MÉTODOS DE SOLUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL.....	9
1.7.1. Método gráfico.....	10
1.7.2. Método simplex.....	10
1.8. MODELOS DE SOLUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL.....	10
1.8.1. Modelo de asignación.....	11
1.8.2. Modelo de transporte.....	11
1.8.2.1. Función objetivo del modelo de transporte.....	13
1.8.2.2. Restricciones del modelo de transporte.....	14
1.8.2.3. Matriz de origen y destino.....	15
1.8.2.3.1. Origen(O).....	16
1.8.2.3.2. Destino(D).....	17
1.8.2.3.3. Costo de transporte unitario (C).....	17
1.8.2.3.4. Oferta(A).....	17
1.8.2.3.5. Demanda(B).....	18
1.8.2.4. Tipos de modelos de transporte.....	18
1.8.2.4.1. Modelo balanceado.....	18
1.8.2.4.2. No balanceado.....	19
1.8.2.5. Métodos de solución.....	20
1.8.2.5.1. Esquina Nor-oeste (ENO).....	20

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1.8.2.5.2. Mínimo costo (MC).....	21
1.8.2.5.3. Método de aproximación de Vogel o multas (MAV).....	22
1.8.2.5.4. Pasos Secuenciales o Multiplicadores.....	23

## CAPÍTULO II

### DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS

Contenido	Página
2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA.....	26
2.1.1. Métodos.....	26
2.1.2. Técnicas.....	26
2.1.3. Instrumentos.....	27
2.2. ANTECEDENTES.....	27
2.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	27
2.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	29
2.4.1. Manuales de Control.....	29
2.4.2. Oferta.....	29
2.4.3. Demanda.....	30
2.4.4. Ubicación de los orígenes.....	30
2.4.5. Ubicación de los destinos.....	31
2.5. COSTOS DE TRANSPORTE ACTUALES.....	31
2.5.1. Determinación de costos fijos.....	31
2.5.2. Entregas promedio.....	32
2.5.3. Costos fijos totales por ruta.....	33
2.5.4. Determinación de los costos variables.....	33
2.5.4.1. Determinación de los kilómetros recorridos por ruta.....	34
2.5.5. Costo total de transporte.....	35
2.5.6. Costos unitarios por bandeja transportada.....	36

**CAPÍTULO III**  
**UTILIZACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL**  
**PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS EN UNA**  
**EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS, UBICADA EN EL**  
**DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	38
3.2 APLICACIÓN.....	38
3.2.1. Planteamiento del problema .....	39
3.2.2. Planteamiento de la función objetivo .....	39
3.2.3. Planteamiento de las restricciones .....	39
3.2.3.1. Origen (Oferta) .....	39
3.2.3.2. Destino (Demanda).....	40
3.2.4. EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES (ENO, MC Y VOGUEL) .....	40
3.2.4.1. Esquina Nor-oeste.....	41
3.2.4.2. Mínimo Costo.....	43
3.2.4.3. Aproximación de Vogel o Multas.....	45
3.3. COMPARACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES DE DISTRIBUCIÓN.....	46
3.4. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN.....	47
3.4.1. Matriz de solución Factible .....	47
3.4.2. Método de Multiplicadores .....	48
3.4.3. Costos marginales .....	50
3.4.4. Matriz optima de distribución .....	50
3.4.5. Programa óptimo de distribución .....	51
3.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE TRANSPORTE ACTUAL Y PROPUESTO.....	52
3.6. BENEFICIOS DE LA PROPUESTA.....	52

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS.....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Modelo de Transporte Balanceado.....	18
2	Modelo de Transporte no balanceado.....	19
3	Oferta Actual Procesadora de Alimentos.....	29
4	Demanda Actual Procesadora de Alimentos.....	30
5	Determinación de los Costos Fijos.....	31
6	Entregas Promedio.....	32
7	Determinación de los Kilometrajes recorridos de los orígenes a los destinos.....	34
8	Determinación de los costos variables totales.....	34
9	Determinación de los costos totales por ruta.....	35
10	Costo Unitario por bandeja de transportada.....	36
11	Costo actuales y propuestos de acuerdo con los modelos matemático .....	52
12	Cuadro comparativo de Costos.....	53



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Red de puntos de origen a puntos de destino.....	12
2	Organigrama General.....	28
3	Distribución Propuesta de la bodega zona 1. ....	1-3
4	Distribución Propuesta de la bodega El Naranjo Zona 4.....	2-3
5	Distribución Propuesta de la bodega Villa Nueva Zona 3.....	3-3

## ÍNDICE DE TABLAS

No.	Contenido	Página
1	MATRIZ DE TRANSPORTE.....	16

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas dedicadas a la distribución de productos buscan la forma de manejar apropiadamente la información de las rutas de distribución, ya que no cuentan con lineamientos establecidos para su adecuado funcionamiento, por tal motivo las empresas han buscado herramientas que les permitan conocer y programar la distribución óptima y con esto disminuir los costos de transporte y con ello lograr un incremento en las utilidades.

La falta de herramientas y control administrativo, en cuanto a la distribución de sus productos limitan la optimización de los costos operativos y con ello aumenta el tiempo de entrega a su punto de destino creando con ello clientes insatisfechos y posible pérdida de los mismos.

La implementación de un modelo matemático de transporte le proporciona a la empresa la oportunidad de una distribución óptima de sus productos y a la vez le permite replantear las rutas de distribución, logrando con ello minimizar los costos y evitar retrasos o incumplimientos en las entregas.

El modelo de Transporte permite determinar la forma de cómo se envía un bien desde su punto de origen hasta su punto de destino, supone que el costo de expedir depende de las unidades que se mandan a cada destino y con ello buscar la mejor forma de distribución, para lograr la minimización de costos y maximizar las utilidades.

El presente trabajo de tesis se enfoca en la propuesta de implementación de un programa óptimo de distribución, mediante la aplicación del modelo matemático de transporte.

Este documento se encuentra estructurado por tres capítulos integrados de la siguiente forma: capítulo I, este incluye toda la información teórica y los conceptos en los cuales fue basada esta investigación. En donde se describe de una manera

general la teoría necesaria proveniente de fuentes secundarias que facilitaran la comprensión de modelo matemático a desarrollar.

Luego se presenta el capítulo II, en donde se muestra la situación actual de la empresa procesadora de alimentos, se detalla la metodología empleada en la investigación, así mismo se expone la información necesaria de la unidad de análisis (antecedentes, ubicación de la empresa, etc.), además se detallan las rutas actuales de distribución, los kilómetros recorridos, y los costos que incurren al momento de distribuir sus productos en la actualidad.

Por último, el capítulo III integra el modelo matemático de transporte como estrategia de solución a la problemática actual en la que se encuentra la empresa brindándole el programa óptimo de distribución, el cual le permitirá disminuir sus costos de transporte de sus bodegas a sus tiendas. Como parte final del documento se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación, las referencias bibliográficas consultadas y utilizadas para fundamentar la parte teórica y con ello poder llevar acabo el estudio y finalmente los anexos.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

En este se plasman los conceptos, teorías y principios en los cuales se fundamentó la investigación. Las definiciones, elementos y términos que se detallan a continuación permitieron una mejor comprensión y análisis de la investigación.

### **1.1. EMPRESA**

Es una organización que está integrada por recursos humanos, materiales, financieros de la misma manera que intervienen el capital y el trabajo como factores de producción de actividades industriales, mercantiles y para la prestación de servicios.

Pérez, (2008) define que “Una empresa es una unidad económico-social, integrada por elementos humanos, materiales y técnicos, que tiene el objetivo de obtener utilidades a través de su participación en el mercado de bienes y servicios. Para esto, hace uso de los factores productivos (tierra, trabajo y capital)”.

#### **1.1.1 Clasificación de las Empresas**

Pérez, (2008) indica que “las empresas pueden clasificarse según la actividad económica que desarrollan las cuales se detallan a continuación:

##### **1.1.1.1. Sector primario**

Estas organizaciones obtienen los recursos a partir de la naturaleza, como las agrícolas, pesqueras o ganaderas.

### **1.1.1.2. Sector secundario**

El grupo secundario se dedica a la transformación de bienes, como las industriales y de la construcción.

### **1.1.1.3. Sector terciario**

Empresas que se dedican a la oferta de servicios o al comercio en general, venta de productos ya terminados.

## **1.2. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES**

La investigación de operaciones o conocida como investigación operativa, es una disciplina que consiste en la aplicación de métodos analíticos avanzados con el propósito de apoyar el proceso de una toma de decisiones, identificando las mejores opciones de solución a determinadas problemáticas.

“La IO toma al método científico aplicando a la solución de problemas y la toma de decisiones de la gerencia en función a la construcción de un modelo simbólico examinando y analizando entre relaciones que lleguen a una técnica en la toma de decisiones en base a los resultados óptimos”. (Markowitz & Wright, 2009).

### **1.2.1. Origen**

Taha, (2004) en su libro investigación de operaciones una introducción narra que “La Investigación de Operaciones nació durante la Segunda Guerra Mundial, ya que en ese momento era necesario optimizar los recursos debido a los enfrentamientos, era preciso asignar los recursos limitados de que disponían en ese momento, a las diferentes operaciones de la milicia. Los militares americanos e ingleses hicieron un llamado a un gran número de científicos para que aplicaran el



método científico a este problema. Estas personas fueron los primeros equipos de Investigación de Operaciones.

El éxito alcanzado por la Investigación de Operaciones en las actividades bélicas, generó interés por parte de las industrias, ya que cada vez aumentaban las especializaciones en determinadas actividades. Los problemas causados por la complejidad y especialización dentro de las organizaciones pasaron a primer plano, pues se tenía la necesidad de asignar recursos a las diferentes actividades que se realizaban dentro de las industrias y con esto optimizar los recursos con los que contaban. Comenzó a ser evidente para un grupo de personas, quienes incluso habían trabajado en tiempos de la Segunda Guerra Mundial, que los problemas de ese momento eran básicamente los mismos que se presentaban en la milicia, pero en un marco diferente. Por esta razón se introdujo la Investigación de Operaciones al comercio, gobierno, industria, etc.”.

### **1.2.2. Naturaleza**

“La naturaleza de la investigación de operaciones es intentar encontrar una mejor solución también llamada solución óptima para el problema bajo consideración. Se dice una mejor solución y no la mejor solución, porque pueden existir muchas soluciones que igualen a la mejor. La eficacia del resultado de la toma de decisiones depende de la calidad de la información que se recabó, por lo tanto, el proceso de obtención de datos adquiere una mayor importancia para la toma de decisiones eficientes”.(Taha, 2004).

### **1.2.3. Importancia**

Eppen (2000) exterioriza que “La investigación de operaciones tiene un rol importante en los problemas de toma de decisiones, ya que

permite elegir la mejor opción dentro de varias alternativas, para alcanzar un determinado objetivo, respetando los vínculos externos, no controlables por la persona encargada de tomar la decisión.

Su finalidad es encontrar la solución óptima, para un determinado problema (económico, de infraestructura, logístico, etcétera), y está establecida por un acercamiento científico a la solución de problemas complejos, tiene características profundamente multidisciplinarias y utiliza un conjunto variado de instrumentos, principalmente matemáticos, para la optimización y el control de problemas. En el caso particular de problemas de carácter económico, la función objetivo puede ser el máximo rendimiento o el menor costo”.

#### **1.2.4. Impacto**

El impacto de la investigación de operaciones ha sido grande de tal manera que puede describirse como un enfoque de la toma de decisiones que requiere la operación de determinadas organizaciones.

“La investigación de operaciones ha tenido un impacto impresionante en el mejoramiento de la eficiencia de numerosas organizaciones en todo el mundo.

En el proceso, la investigación de operaciones ha hecho contribuciones significativas al incremento de la productividad dentro de la economía de varios países. Hay ahora más de 30 países que son miembros de la International Federation of Operational Research Societies (IFORS), en la que cada país cuenta con una sociedad de investigación de operaciones”.(Perez, 2000)

### **1.3. LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA TOMA DE DECISIONES EN LOS NEGOCIOS**

La investigación de operaciones ha sido tomada como una parte importante en la toma de decisiones dentro de las organizaciones ya que esta les provee de soluciones factibles, la IO utiliza modelos matemáticos determinísticos que ayudan a establecer estrategias viables para la solución de problemas, entre los que se pueden mencionar el método gráfico, simplex, asignación, transporte, etc. La toma de decisiones es una de las actividades más importantes del ser humano, y cuando estas se tienen que tomar dentro de la gestión empresarial, el impacto es mayor, dado que involucra a más personas y están en juego más intereses. De las decisiones tomadas, ya sea en el plano personal o en el empresarial, están dirigidas a lograr desarrollo y bienestar. De ahí que se dice que no hay peor decisión que aquella que no se toma.

Las decisiones en cualquier ámbito donde se tomen permiten avanzar o retroceder, pero sin importar cuál sea el resultado, todas tienen que ver, en diferente magnitud, en el plano empresarial, todas las acciones que se emprenden están precedidas de una decisión, de ahí que la empresa, es el terreno donde se toman las decisiones, su crecimiento y desarrollo está condicionado a que estas sean tomadas de una buena manera.

En la toma de decisiones concurren tres elementos esenciales: la experiencia, la intuición y la información objetiva:

Cuando se toma una decisión estos tres elementos entran en juego, pero el elemento referente a la información objetiva, está determinado por los datos históricos que puede proporcionar la estadística y que permiten construir modelos matemáticos que simulan una situación en condiciones de certidumbre. Estos modelos brindan un resultado en el que, la persona que toma la decisión evaluará

con elementos obtenidos de la experiencia y teóricos para que el resultado sea exitoso.

#### **1.4. TOMA DE DECISIONES**

La toma de decisiones puede aparecer en cualquier contexto de la vida cotidiana, ya sea a un nivel profesional, familiar, personal etc. El proceso en esencia permite resolver los distintos desafíos a los que se debe enfrentar una persona o una determinada organización.

“Al momento de tomar una decisión, entran en juego diversos factores. En un caso ideal se apela a la capacidad analítica (también llamada de razonamiento) para escoger el mejor camino posible; cuando los resultados son positivos, se produce una evolución, un paso a otro estadio, se abren las puertas a la solución de conflictos reales y potenciales. (Perez & Garde, 2010)

En la actualidad las empresas se ven regidas por el ambiente global en el que se desempeñan, el cual es altamente competitivo y exige una constante toma de decisiones estratégicas si se busca permanecer en el mercado de manera exitosa y rentable. Esta situación lleva a las organizaciones a enfrentar los mercados con cautela al optimizar sus recursos.

Al hablar de una eficiente gestión de la organización es imprescindible tomar en cuenta un factor clave que es la toma de decisiones. Este proceso puede considerarse como la base del éxito de los negocios. Por lo anteriormente expuesto existen diversos métodos de toma de decisiones entre los que se puede mencionar los modelos matemáticos que proporcionan soluciones factibles a la problemática planteada en determinada organización.

## **1.5. UTILIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA TOMA DE DECISIONES**

La Programación Lineal es en esencia métodos cuantitativos para los negocios, que se aplican a diferentes áreas empresariales entre las que se pueden mencionar: producción finanzas, transporte, manufactura, inventarios, que da como resultado los elementos objetivos para tomar una buena decisión. Estos instrumentos son en esencia modelos matemáticos. A continuación, se define la programación lineal y sus componentes.

## **1.6. PROGRAMACIÓN LINEAL**

Se basa en la utilización de un modelo matemático con el cual se describe un problema, y al hablar de lineal se refiere a que todas las funciones matemáticas del modelo deberán ser funciones lineales.

(Hillier & Lieberman, 2010) indica que “La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales. La palabra programación en esencia es sinónimo de planeación. Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de las actividades para obtener un resultado óptimo; esto es, el resultado que mejor alcance la meta especificada, de acuerdo con el modelo matemático, entre todas las alternativas factibles”.

### **1.6.1. Supuestos de la programación lineal**

“Estas propiedades matemáticas de un modelo de programación lineal, implican que se tiene que considerar ciertos supuestos acerca de las actividades y datos del problema que será modelado; incluso algunos acerca del efecto de las variaciones en el nivel de las actividades”. (Monks, 1996) Los supuestos de programación lineal están implícitos en la formulación del modelo como tal, pero desde un enfoque de modelación.

### **1.6.1.1. Supuestos de certidumbre**

(Monks, 1996) define que los supuestos de certidumbre “suponen que los valores asignados a cada parámetro de un modelo de programación lineal son constantes conocidas.

### **1.6.1.2. Supuestos de aditividad**

Cada función de un modelo de programación lineal sea en la función objetivo o en el lado izquierdo de las restricciones funcionales, es la suma de las contribuciones individuales”.

### **1.6.2. Forma de expresión**

Quiñonez & Marroquín, (2015) indican que “La forma de expresión matemática de los problemas de programación lineal se realiza de la siguiente forma:

Cuando es lineal la función que se desea maximizar o minimizar. Una función lineal X, y Y, tiene la siguiente forma de expresión en la cual a y b son constantes:

$$\text{Max } Z = ax+bx \quad \text{o} \quad \text{Min } Z = ax+bx$$

Así mismo es necesario que las restricciones correspondientes, estén representadas mediante desigualdades lineales, mismas que implican “ $\leq$ ” o “ $\geq$ ” o ecuaciones lineales en X y Y, todas las variables deberán ser negativas. Un problema que cumpla con las condiciones expuestas se le denomina problema de programación lineal”.

### **1.6.3. Conceptos básicos de formulación del modelo de programación lineal**

Para el desarrollo, formulación y resolución de un modelo de programación lineal es necesario conocer ciertos conceptos, los cuales se detallan a continuación:



### **1.6.3.1 Variables de decisión**

“Constituye las incógnitas del problema, consiste básicamente en los niveles de todas las actividades que puedan llevarse a cabo en el problema a formular”. (Quiñonez & Marroquín 2015) es decir, que son las interrogantes a determinar con la solución del modelo.

### **1.6.3.2. Función objetivo**

Dicho término se refiere al “planteamiento de un objetivo lineal definido; este objetivo puede servir para maximizar la contribución utilizando recursos disponibles, o bien, producir el mínimo costo posible, usando una cantidad limitada de factores productivos, o bien, puede determinar la mejor distribución de los factores productivos dentro de un cierto periodo”. (Quiñonez & Marroquín 2015)

La función objetivo define la efectividad del sistema como una función matemática de sus variables de decisión, ya sea maximizar o minimizar. Si se maximiza generalmente serán ganancias, rendimiento, eficiencia o efectividad; si por el contrario, se minimiza será costo y tiempo.

### **1.6.3.3. Restricciones**

Quiñonez & Marroquín, (2015) definen que las restricciones son “Representadas por distintos requisitos que debe cumplir cualquier solución para que pueden llevarse a cabo”; en referencia a lo anterior, se puede establecer que son límites físicos de las variables de decisión que se establecen para el desarrollo del modelo.

## **1.7. MÉTODOS DE SOLUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL**

Dentro de la programación lineal existen dos métodos de solución, el método gráfico y el simplex. Los que se detallan a continuación:

### **1.7.1. Método gráfico**

Taha, (2010) define que “El método gráfico es también conocido como método geométrico y es aplicable a problemas de programación lineal, donde únicamente intervienen dos o tres variables, con este método se busca maximizar o minimizar una función objetivo sujeta a ciertas restricciones lineales, utilizando un cuadrante positivo de las coordenadas cartesianas con el trazo de rectas horizontales, verticales y diagonales para determinar un área de solución común. Una de las ventajas del método gráfico es que es fácil de aprender, ya que el proceso resuelve sistemas de inecuaciones de primer grado y, una desventaja, es que solo es útil con modelos que tienen dos incógnitas”.

### **1.7.2. Método simplex**

El método simplex implica un procedimiento en forma algebraica, que permite repetidamente mejorar una solución básica hasta encontrar un programa óptimo. Este método es factible para la solución de problemas de programación lineal que tienen más de dos variables de decisión.

“Una propiedad general del método simplex es que resuelve la programación lineal en iteraciones. Cada iteración desplaza la solución a un nuevo punto esquina que tiene potencial de mejorar el valor de la función objetivo. El proceso termina cuando ya no se pueden obtener mejoras”. (Taha, 2010)

## **1.8. MODELOS DE SOLUCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL**

Para la resolución de problemas de programación lineal se pueden aplicar los siguientes modelos:

### **1.8.1. Modelo de asignación**

El objetivo del modelo es determinar la asignación óptima, la menos costosa o la de mejor rendimiento en un problema determinado. Para la resolución del modelo de asignación pueden emplearse dos métodos los cuales son: maximización y minimización.

Hillier, Frederick y Lieberman, (2010) define que el modelo de asignación “En muchos problemas de decisión es necesario asignar un elemento de un grupo (como una máquina, un empleado, un vehículo, etc.), a un elemento de un segundo grupo (como una tarea, un proyecto, una zona, etc.)”.

### **1.8.2. Modelo de transporte**

Salort, et al., (2000) definen que “El modelo de transporte es una clase especial de problema de programación lineal. Trata la situación en la cual se envía a un bien de los puntos de origen, a los puntos de destino. El objetivo es determinar las cantidades enviadas desde cada punto de origen hasta cada punto de destino, que minimicen el costo total de envío, al mismo tiempo que satisfagan tanto los límites de la oferta como los requerimientos de la demanda.

El modelo supone que el costo de envío en una ruta determinada es directamente proporcional al número de unidades enviadas en esa ruta. En general el modelo del transporte se puede ampliar a otras áreas, además del transporte directo de un bien, incluyendo, entre otras, control de inventarios, horarios de empleo y asignación de personal”.

Es el modelo que permite determinar la forma de cómo se envía un bien desde su punto de origen hasta su punto destino, supone que el costo de expedir depende de las unidades que se mandan a cada

destino y con ello buscar la mejor forma de distribución, para lograr la minimización de costos y maximizar las utilidades.

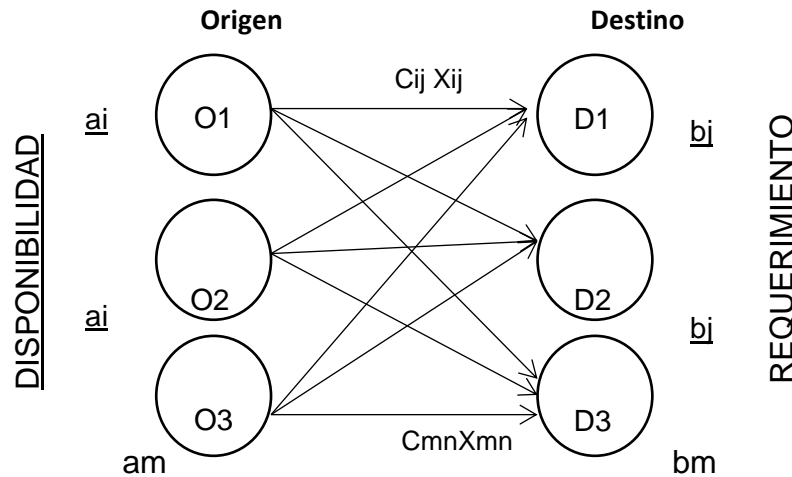
Taha, (2010) plantea que el modelo de transporte se presenta de una manera general dentro de una red de puntos el cual se detalla de la siguiente manera: “El problema general está representado por la red en la figura 1. Hay (m) puntos de origen (fuentes) y (n) puntos de destinos, cada uno representado por un nodo. Los arcos representados en la figura por flechas unen los puntos de origen con los puntos de destino y así mismo representan las rutas entre los puntos de origen y destino.

El arco  $(i,j)$  que une el punto de origen  $i$  con el punto de destino  $j$ , incluye dos fragmentos de información: (1) el costo de transporte por unidad,  $C_{ij}$ , y (2) la cantidad enviada,  $X_{ij}$ . La cantidad de la oferta en el punto de origen  $i$  es  $a_i$  y la cantidad de la demanda en el punto de destino  $j$  es  $b_j$ . El objetivo del modelo es determinar las  $X_{ij}$  desconocidas que minimizarán el costo total del transporte, mientras satisfacen todas las restricciones de la oferta y la demanda.”

El modelo de transporte se representa dentro de una red de puntos en los cuales hay puntos de origen y un punto de destino, estos puntos permiten conocer al administrador las rutas y con ello determinar la mejor ruta para la distribución de su producto o servicio.

Figura 1

**RED DE PUNTOS DE ORIGEN A PUNTOS DE DESTINO**



Fuente: Tomado de Taha, Taha A. Investigación de Operaciones, junio 2019.

**1.8.2.1. Función objetivo del modelo de transporte**

Taha, (2010) delimita que “El objetivo del modelo de transporte es determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, de tal forma que se minimice el costo de transporte total y en ese sentido, el costo de una ruta es directamente proporcional al número de unidades que van a ser transportadas. Representación del planteamiento matemático, del modelo de transporte:

Si  $X_{ij}$  representa la cantidad transportada desde la fuente  $i$  al destino  $j$ , entonces, la forma general de programación lineal que representa el modelo de transporte es:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

## DONDE SIGNIFICADO

**Z** = función objetivo

**$\Sigma$**  = Sumatoria

**m** = Fuente

**n** = Destino

**C** = costo de transporte unitario

**i** = Origen

**j** = Destino

**X** = cantidad transportada

La función principal del modelo de transporte es determinar la forma ideal de cómo hacer llegar un producto desde el almacén (origen) hasta su destino, y con lograr la satisfacción del cliente, la minimización de costos y maximización de utilidades.

### 1.8.2.2. Restricciones del modelo de transporte

“La función objetivo está sujeta a las restricciones de fuente y destino, de la siguiente forma:

$$1) \sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i, i=1, 2, \dots, m$$

$$2) \sum_{i=1}^m X_{ij} \geq b_j, j=1, 2, \dots, n$$

$$3) X_{ij} \geq 0 \text{ para todas las } i \text{ y } j$$



La primera restricción describe que la suma total de los envíos desde una fuente no puede ser mayor que el total de su oferta; en forma similar, la segunda restricción requiere que la suma de los envíos a un destino satisfaga su demanda”. (Taha, 2010)

Las restricciones son los límites que se trazan para la adecuada elaboración del modelo de transporte ya que permite determinar la suma que se envía desde el punto de origen hasta el punto destino.

### **1.8.2.3. Matriz de origen y destino**

Quiñonez & Marroquín, (2015) indica que “La matriz de transporte o también conocida como matriz de origen y destino, se utiliza para la resolución del modelo de transporte; esta se conforma por celdas, filas y columnas, que integran valores importantes para solucionar la problemática planteada; en la primera fila se ubican los destinos y en la primera columna los orígenes. En la última columna se ubica la oferta disponible en cada origen y en la última fila las demandas insatisfechas en cada destino; en las mini celdas ubicadas en el extremo derecho de cada celda, se coloca el costo de transporte por unidad del origen al destino. Y en las celdas que aparecen punteadas está representado el origen o destino ficticio”. En el cuadro 1 se presenta la matriz antes mencionada:

**TABLA 1**  
**MATRIZ DE TRANSPORTE**

DE \ A	D1	D2	...	Dn	OFERTA
O1	C11	C12	...	C1n	A1
O2	C21	C22	...	C2n	A2
:	...	...	...	...	:
OM	Cm1	Cm2	...	Cmn	AM
	Xm1	Xm2	...	Xmn	
DEMANDA	B1	B2	...	Bn	$\sum D$ $\sum O$

Fuente: Quiñonez O. H y Marroquín A. O. Métodos Cuantitativos III. Pág. 170.

**DONDE SIGNIFICADO**

- O** = Origen
- D** = Destino
- C** = Costo unitario
- X** = Cantidad asignada
- A** = OFERTA
- B** = DEMANDA

La matriz de origen y destino es la representación gráfica del modelo de transporte, es el medio por el cual se determinan los flujos entre los posibles orígenes y destinos, esta incluye la cantidad disponible en el origen, la cantidad que requiere la demanda y los costos de transporte por unidad.

**1.8.2.3.1. Origen (O)**

Hillier & Lieberman, (2010) establece que el origen es “El lugar de donde se envían las unidades disponibles. Punto de partida para iniciar el recorrido de la distribución

de cualquier mercancía, por ejemplo, de una bodega o fábrica y cada cual debe de tener una cantidad mínima de insumos”.

Es el lugar desde donde realizan los envíos a la ruta de destino, un ejemplo de origen son los almacenes, bodegas o tiendas, en este lugar se determina la cantidad que será enviada a cada destino.

#### **1.8.2.3.2. Destino (D)**

“Lugar que recibe las unidades requeridas. Centro de recepción de pedidos, por ejemplo: insumos que fueron solicitados para consumir, ensamblar productos, o que puedan ser destinados para la venta”. (Hillier & Lieberman, 2010, P. 324)

Es el lugar a donde se envían las unidades desde el punto de origen, ya sea para su uso, venta o consumo, el cual se busca que la entrega sea lo más rápido posible y a un costo menor o más bajo.

#### **1.8.2.3.3. Costo de transporte unitario (C)**

“Es lo que cuesta, en cantidad monetaria, enviar una unidad del punto de origen al punto de destino. En términos financieros es el costo total del transporte que se incurre en trasladar un envío”. (Hillier & Lieberman, 2010, P. 324)

Es el costo unitario en el que incurre la empresa para hacer llegar su producto desde su almacén hasta el lugar de destino, la determinación del mismo nos permite hacer un mejor análisis y con ello buscar la manera de reducirlo.

#### **1.8.2.3.4. Oferta (A)**

(Hillier & Lieberman, 2010) definen que la oferta es la “Cantidad disponible en unidades en el origen. Una determinada empresa debe de poseer un inventario mínimo de insumos que estén disponibles (oferta) para abastecer a los clientes”.

Es la cantidad disponible con la que cuenta la empresa de un producto que ofrece al mercado y está dispuesto a vender, se debe de contar con una cantidad determinada de mercancía en inventario para abastecer las necesidades de los clientes

#### **1.8.2.3.5. Demanda (B)**

(Hillier & Lieberman, 2010, P. 324) indican que la demanda es la “Cantidad requerida en unidades en el destino. Son los requerimientos que los clientes realizan frecuentemente en un tiempo establecido, para abastecerse a sí mismos y a sus demandas de unidades que reciben de los orígenes”.

La demanda es la cantidad de bienes que están dispuestos a comprar en función de precios ya sea para abastecer sus demandas o para revender.

#### **1.8.2.4. Tipos de modelos de transporte**

No todos los modelos de transporte son equivalentes, en otras palabras, no necesariamente la oferta debe ser igual a la demanda, puede ser mayor la oferta a la demanda o viceversa. Sin embargo, un modelo de transporte para ser aplicado debe equilibrarse; esto quiere decir, que la oferta debe de sumar lo mismo que la demanda, de lo contrario habrá que crear una columna o fila ficticia, según sea el caso para equilibrarse. A continuación, se define cada uno de los tipos de modelos de transporte.

##### **1.8.2.4.1. Modelo balanceado**

Cuando un modelo de transporte es balanceado, la sumatoria de las cantidades disponibles en el origen (oferta), es igual a la sumatoria de las cantidades requeridas en el destino (demanda). Como se presenta en el cuadro siguiente:

**Cuadro 1**  
**Modelo de Transporte**  
**Balanceado**

OFERTA	DEMANDA
100	125
150	125
250	250
500	500

Fuente: Elaboración propia con datos hipotéticos

El modelo de transporte se basa en la hipótesis en que es un modelo balanceado es decir que la demanda es igual a la oferta.

**1.8.2.4.2. No balanceado**

La sumatoria de las cantidades en el origen (oferta), no es igual a la sumatoria de las cantidades de los requerimientos en el destino (demanda). En este caso, es necesario crear un origen o un destino ficticio, dependiendo si la oferta es mayor a la demanda o inversamente, en la mini celda donde se ubica el costo se escribe cero.

**Cuadro 2**  
**Modelo de Transporte**  
**No Balanceado**

OFERTA	DEMANDA
100	100
150	100
250	200
<b>FICTICIO</b>	<b>100</b>
500	500

Fuente: Elaboración propia con datos hipotéticos

### **1.8.2.5. Métodos de solución**

Quiñonez & Marroquín (2018) indican en su libro métodos cuantitativos tres que “el modelo de transporte puede ser resuelto a través de tres métodos de solución factible para optimizar la distribución de determinados productos, entre los cuales se encuentra el método de Esquina Nor-Oeste (ENO), Mínimo costo (MC) y el método de aproximación de Vogel (MAV) y un método de solución óptima, que es el de pasos secuenciales, los cuales se describen a continuación:

#### **1.8.2.5.1. Esquina Nor-oeste (ENO)**

Este método se desarrolla, distribuyendo las unidades empezando con la esquina Nor-oeste es decir, esquina superior izquierda primera fila primera columna hasta obtener un programa de distribución factible.

##### **Pasos:**

1. Determinar si es un problema balanceado (oferta = demanda), si no es así, agregar un origen ficticio si la oferta es menor a la demanda o un destino ficticio si la demanda es menor a la oferta.
2. Construir la matriz de origen y destino.
3. Se principia asignando en la celda de la esquina nor-oeste, celda de la primera fila y columna, una cantidad que agote la oferta o satisfaga la demanda.
4. Ajustar las cantidades de oferta y demanda, restando la cantidad asignada, cancelando las celdas en las cuales ya no sea posible asignar alguna cantidad.

5. Si se agota la oferta, la siguiente asignación se hace en la celda de abajo; si quedó satisfecha la demanda, la siguiente asignación se hace en la celda de la derecha, las ofertas se agotan recorriendo de izquierda a derecha y las demandas se satisfacen recorriendo de arriba hacia abajo.
6. El proceso termina hasta que todas las ofertas y todas las demandas sean iguales a cero.
7. Elaborar el programa de distribución.
8. Conclusiones y recomendaciones.

#### **1.8.2.5.2. Mínimo costo (MC)**

Se inicia localizando la celda de menor costo y en esta se asignan las unidades que sean posibles y así sucesivamente, hasta agotar las ofertas y satisfacer las demandas.

##### **Pasos:**

1. Determinar si es un problema balanceado (oferta=demanda), si no es así, agregar un origen ficticio si la oferta es menor a la demanda o un destino ficticio si la demanda es menor a la oferta.
2. Construir la matriz de origen y destino.
3. Identificar la celda con el menor costo (NO CERO), dentro de todas las celdas descubiertas, y asignarle una cantidad que agote la oferta o satisfaga la demanda, si hubiera dos o más celdas con el mismo costo menor, se asigna arbitrariamente.

4. Ajustar las cantidades de oferta y demanda, restando la cantidad asignada, cancelando las celdas en las cuales ya no sea posible asignar alguna cantidad.
5. Repetir los pasos 3 y 4 hasta que todas las ofertas y todas las demandas sean igual a cero.
6. Elaborar el programa de distribución.
7. Conclusiones y recomendaciones.

#### **1.8.2.5.3. Método de aproximación de Vogel o multas (MAV)**

Cada asignación se determina por la multa mayor de filas y columnas de la matriz origen y destino, al costo mínimo.

##### **Pasos:**

1. Determinar si es un problema balanceado (oferta = demanda), si no es así, agregar un origen ficticio si la oferta es menor a la demanda, o un destino ficticio, si la demanda es menor a la oferta.
2. Construir la matriz de origen y destino.
3. Para cada fila y cada columna con oferta y demanda estrictamente positiva, calcular una multa llamada también costo penal o costo de penalización, la cual se obtiene restando el valor del elemento de costo por unidad menor, en la fila o columna del siguiente valor del elemento de costo por unidad menor, en la misma fila o columna. Dos costos iguales se consideran como uno.
4. Identificar la fila o la columna con la multa de mayor valor (los empates se resuelven arbitrariamente). En esa fila o columna identificar la celda



con el menor costo (no cero), y asignarle una cantidad que agote la oferta o satisfaga la demanda.

5. Ajustar las cantidades de oferta y demanda, restando la cantidad asignada, cancelando las celdas en las cuales ya no sea posible asignar alguna cantidad.
6. Repetir los pasos 3, 4 y 5 hasta que todas las ofertas y todas las demandas sean iguales a cero.
7. Elaborar el programa de distribución.
8. Conclusiones y recomendaciones.

#### **1.8.2.5.4. Pasos secuenciales o Multiplicadores**

El método de los multiplicadores o de pasos secuenciales, es un método de solución óptima, en el cual se efectúa una evaluación a la solución original; obtenida mediante la aplicación de los métodos anteriores.

Con la aplicación de este método se pretende la eficaz asignación de las rutas del modelo de transporte, permitiendo la disminución al valor de la función objetivo, por medio de la evaluación de costos marginales; calculados de la resta de costos que son el valor numérico positivo o negativo, resultado de sumar en forma algebraica los costos que intervienen en una ruta.

Si el costo resultado de la suma algebraica es positivo, aumenta el costo total y si es negativo lo disminuye; el procedimiento se da por finalizado cuando no hay cambio de rutas que disminuyan los costos

del programa de distribución y todos los costos son positivos o igual a cero. Para la aplicación de este método, se procede de la siguiente forma:

1. Cálculo de los costos marginales para todas las celdas vacías de la matriz siguiente, considerada matriz actual o matriz que proporciona un programa de distribución factible.
  - 1.1 El cálculo del costo marginal requiere hallar el ciclo apropiado cada vez, para establecerlo, se debe crear un diagrama figurando calles y cada celda ocupada representa un semáforo.
  - 1.2 Se inicia de una celda vacía, llamada celda inicial cuyo costo marginal se está calculando, conducir a lo largo de la fila o columna y seleccionar un semáforo que permita virar (celda ocupada), seguir a lo largo de las filas hasta regresar a la celda de inicio.
  - 1.3 A cada semáforo se le asigna un valor positivo y negativo, la suma o resta de estos valores en el diagrama, conforman el costo marginal, si fuera negativo representa una disminución del costo de la ruta, de lo contrario, implica un incremento. (no es deseado)
2. Se debe realizar una redistribución tomando en cuenta lo siguiente:
  - 2.1 Listar los costos marginales y establecer el de menor costo y reajustar las asignaciones en las celdas ocupadas involucradas en el ciclo.
  - 2.2 Establecer la cantidad máxima, que puede ser asignada a las celdas vacías con el costo marginal menor y reajustar las asignaciones de las celdas ocupadas involucradas en el ciclo.

- 2.3 Para establecer esta cantidad, se debe comparar las cantidades asignadas en las celdas con (-1) y la menor asignación es la cantidad adecuada.
- 2.4 Esta cantidad se debe sumar y restar como corresponda el signo en cada uno de los semáforos de la tabla de distribución.
3. Repetir los pasos 1 y 2 hasta obtener costos marginales, positivos o ceros y así poder elaborar el programa óptimo de distribución.
4. Elaborar el programa óptimo de distribución con el cual se minimiza el costo de distribución.
5. Presentar las conclusiones y recomendaciones pertinentes al caso planteado.

## **CAPÍTULO II**

### **DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS**

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos a través de la investigación documental y de campo realizada en la unidad de análisis; la información se obtuvo por medio de una entrevista realizada al encargado de logística de la empresa y al encargado de contabilidad.

#### **2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA**

Durante el proceso de investigación se utilizó una serie de métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de información necesaria, de la unidad de análisis, los cuales se describen a continuación.

##### **2.1.1. Métodos**

Se define como una serie de pasos realizados con el fin de lograr un objetivo, los distintos métodos aplicados en una investigación científica deben ser entrelazados con la finalidad de cumplir los requisitos necesarios, para analizar un suceso o fenómeno que será objeto de estudio. En la presente investigación se aplicó el método científico en sus tres fases: indagadora, demostrativa y expositiva, para conocer más a fondo la problemática de la unidad de análisis y con esto proponer estrategias viables para brindar soluciones.

##### **2.1.2. Técnicas**

Estrategias utilizadas para la recolección de la información necesaria, para el desarrollo de la investigación. Se aplicaron las siguientes: la investigación documental a través de consultas bibliográficas, registros internos, internet, trabajo de campo en el cual se realizaron entrevistas para conocer cada uno de los factores a utilizar dentro de la propuesta de solución.

### **2.1.3. Instrumentos**

Se realizaron entrevistas de forma personal, con el propósito de obtener información general y contable de la empresa.

## **2.2. ANTECEDENTES**

La procesadora se fundó en el año 2011, las oficinas se localizan en la zona 1 de la ciudad capital. Esta empresa surge con el fin de proporcionar productos de calidad a la sociedad en general, en los últimos años la organización en estudio ha progresado, gracias al prestigio que ha alcanzado a través del tiempo. El giro del negocio es la comercialización de verduras procesadas en los departamentos de Guatemala y Escuintla.

La empresa ha crecido de tal manera que actualmente cuenta con tres bodegas situadas en la ciudad de Guatemala, así mismo posee cuatro tiendas ubicadas en la zona 7 de Mixco, zona 19, calzada Roosevelt y en el departamento Escuintla. El objetivo principal de la organización es brindar productos de primera calidad con el fin de satisfacer la necesidad de los consumidores y así mismo atraer más clientes.

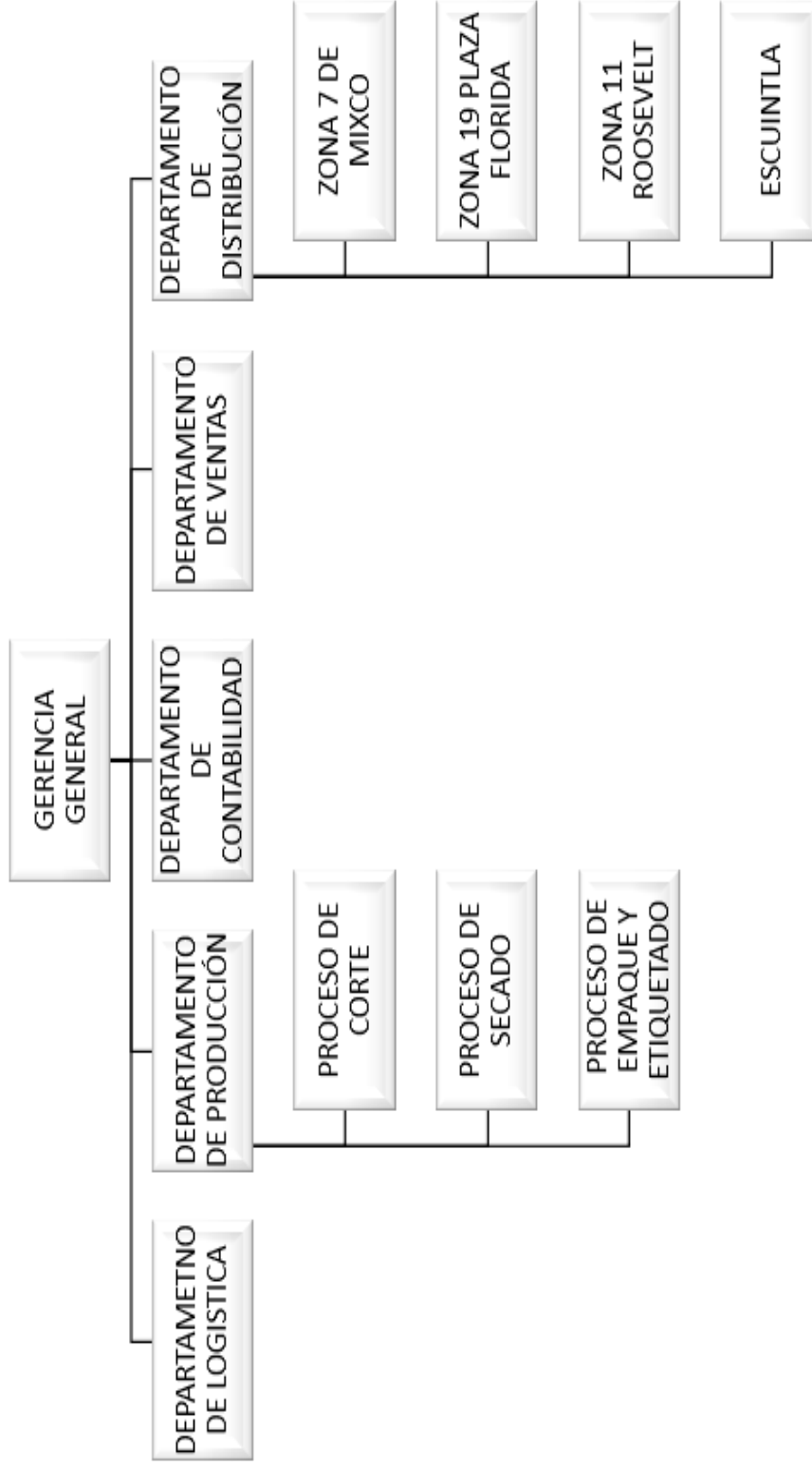
La empresa cuenta con tres automóviles con una capacidad de 1.5 toneladas cada uno, equivalentes a 14 cajas de verduras (25 bandejas por cada caja). Cada unidad de transporte realiza en promedio 4 entregas.

## **2.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

La organización administrativa y el funcionamiento operativo de la empresa está integrado por los siguientes departamentos: Gerencia general, distribución, ventas, contabilidad, producción y logística.

A continuación, se presenta el organigrama general de la empresa.

**Figura 2**  
**Organigrama General**  
**Empresa Procesadora de Alimentos**



**Fuente:** información proporcionada por la empresa. Agosto 2019.

## 2.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a través de entrevistas realizadas dentro de la organización.

### 2.4.1. Manuales de Control

De acuerdo con la entrevista realizada a los trabajadores de la empresa se determinó que actualmente la organización no utiliza ninguna metodología formal ni documentada, tales como herramientas y manuales de organización de las rutas de distribución

### 2.4.2. Oferta

El jefe de producción ha indicado que la empresa tiene disponibilidad suficiente para abastecer las demandas. Los datos de las reservas por cada uno de los orígenes se describen a continuación:

**Cuadro 3**  
**Oferta Actual**  
**Empresa Procesadora de Alimentos**  
**Julio 2019**

Bodega	Cantidad (bandejas)	
	Mensual	Semanal
Zona 1	4,160	1,040
Zona 4 de Mixco	3,640	910
Zona 3 de Villa Nueva	2,600	650
<b>Oferta total</b>	<b>10,400</b>	<b>2,600</b>

**Fuente:** elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa

En el cuadro 3 se presenta la oferta actual de la empresa procesadora de alimentos en donde se estableció que la oferta total mensual es por cada una de sus bodegas es de 10,400 y de 2,600 a la semana.

### 2.4.3. Demanda

En la actualidad la unidad objeto de estudio indica que la demanda promedio mensual y semanal es la expuesta en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4**  
**Demanda Actual**  
**Empresa Procesadora de Alimentos**  
**Julio 2019**

Tiendas Mayoristas	Cantidad (bandejas)	
	Mensual	Semanal
Zona 7 de Mixco	3,120	780
Zona 19 la Florida	1,560	390
Calzada Roosevelt	2,600	650
Escuintla	3,120	780
<b>Demanda total</b>	<b>10,400</b>	<b>2,600</b>

**Fuente:** elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa

En el cuadro 4 se presenta la demanda actual de la empresa procesadora de alimentos donde se estableció que la demanda total mensual por cada una de sus tiendas es de 10,400 y de 2,600 a la semana.

### 2.4.4. Ubicación de los orígenes

La empresa cuenta con tres bodegas las que se encuentran en los siguientes puntos:

- Zona 1 Ciudad Capital.



- Zona 4 de Mixco, Condado el Naranjo
- Zona 3 de Villa Nueva

#### **2.4.5. Ubicación de los destinos**

Las tiendas mayoristas (Destinos) se ubican en:

- Zona 7 de Mixco, Colonia La Brigada
- Zona 19 Plaza Florida
- Zona 11 Calzada Roosevelt
- Escuintla

### **2.5. COSTOS DE TRANSPORTE ACTUALES**

Con el propósito de cumplir con los objetivos y la comprobación de las hipótesis planteadas en esta investigación, este punto define el análisis y la determinación de los costos en los que incurre la empresa para transportar el producto.

#### **2.5.1. Determinación de costos fijos**

Para la realización de los cálculos la empresa proporcionó datos de los estados financieros, determinando que el costo de transporte está integrado por las siguientes cuentas: sueldos de los pilotos, sueldos de ayudantes, combustible, depreciación del vehículo y el mantenimiento. Los costos fijos incurridos por parte de la empresa para el transporte de los insumos, se presentan a detalle a continuación:

**Cuadro 5**  
**Determinación de los Costos Fijos**  
**Empresa Procesadora de Alimentos**  
**Julio 2019**

<b>Concepto</b>	<b>Salario Mensual</b>
Sueldo pilotos	Q 3,200.00
Sueldo ayudante	Q 2,800.00
Depreciación Vehiculo	Q 5,000.00
Mantenimiento	Q 2,000.00
<b>Costos Totales</b>	<b>Q13,000.00</b>

**Fuente:** elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa

Se determinó que los costos fijos de transporte en los que incurre la empresa son de Q13,000 mensuales. Para determinar el costo fijo total, se debe de establecer cuantas entregas realiza en promedio la empresa.

### **2.5.2. Entregas promedio**

Se consideraron 6 días laborales a la semana y una jornada laboral de 8 horas, 30 días de cada mes procediéndose a efectuar los cálculos correspondientes.

Se determinó que el promedio de entregas realizado es de 120 entregas al mes, las cuales se obtuvieron de multiplicar 30 días del mes por las 4 entregas promedio diarias tal y como se presenta a continuación.

**Cuadro 6**  
**Entregas Promedio**  
**Empresa Procesadora de Alimentos**  
**Julio 2019**

<b>Dia</b>	<b>No. Entregas</b>
Lunes	5
Martes	4
Miércoles	3
Jueves	4
Viernes	4
Sábado	4
<b>Total</b>	<b>24</b>
<b>Promedio diarias</b>	<b>4</b>
<b>Promedio mensual</b>	<b>120</b>

Fuente: elaboración propia con base a información proporcionada por la empresa

**2.5.3. Costos fijos totales por ruta**

De acuerdo con los cálculos realizados se determinó que el costo fijo por ruta es de Q 108.33, el cual se obtuvo dividiendo el costo fijo total dentro de las 120 entregas que se realizan al mes.

$$Q 13,000.00 / 120 = Q 108.33$$

**2.5.4. Determinación de los costos variables**

La empresa registra como costos variables el combustible para lo cual se realizó el prorrateo correspondiente para conocer el costo variable por cada una de las rutas establecidas.

- El costo del combustible es de Q 24.00 por galón (precio estimado en julio 2019).
- El rendimiento del combustible es de 20 kilómetros por galón.

- La capacidad del vehículo es de 1.5 toneladas (350 bandejas de producto).

#### 2.5.4.1. Determinación de los Kilómetros Recorridos por ruta

Para la determinación de la distancia transitadas se efectuó un recorrido en las unidades para medir la distancia, así mismo se realizó una ficha para llevar control de los kilómetros por ruta de entrega de cada origen a cada destino, tomando en cuenta la lectura del odómetro en la salida y entrada a la bodega. A continuación, se presentan el total de kilómetros recorridos por cada ruta.

**Cuadro 7**  
**Determinación de los kilómetros recorridos de los orígenes a los destinos**  
**Empresa procesadora de alimentos**  
**Julio 2019**

Destino Origen	zona 7 de mixco	zona 19	Roosevelt	escuintla
zona 1	14.7	12.1	10.7	59.6
zona 4 de mixco	5.3	4	10	63.9
zona 3 de villa nueva	20.6	18.9	14.7	44

Fuente: elaboración propia con base a investigación de campo.

**Cuadro 8**  
**Determinación de los Costos Variables**  
**Empresa procesadora de Alimentos**  
**Julio 2019**

RUTAS DE DISTRIBUCIÓN			costo variable total		
Origen	Destino	Kilómetros	No. De Galones utilizados	Precio por Galón	costo variable por ruta
Zona 1	zona 7 de Mixco	14.7	0.74	Q 24.00	Q 17.64
	zona 19	12.1	0.61	Q 24.00	Q 14.52
	Calzada Roosevelt	10.7	0.54	Q 24.00	Q 12.84
	escuintla	59.6	2.98	Q 24.00	Q 71.52
Zona 4 de Mixco	zona 7 de Mixco	5.3	0.27	Q 24.00	Q 6.36
	zona 19	4	0.20	Q 24.00	Q 4.80
	Calzada Roosevelt	10	0.50	Q 24.00	Q 12.00
	escuintla	63.9	3.20	Q 24.00	Q 76.68
Zona 3 de Villa Nueva	zona 7 de Mixco	20.6	1.03	Q 24.00	Q 24.72
	zona 19	18.9	0.95	Q 24.00	Q 22.68
	Calzada Roosevelt	14.7	0.74	Q 24.00	Q 17.64
	escuintla	44	2.20	Q 24.00	Q 52.80
		<b>278.5</b>	<b>13.93</b>		<b>Q 334.20</b>

Fuente: elaboración propia con base a investigación de campo.

En el cuadro anterior se presentan los costos variables, para poder determinar los costos se debe de conocer el número de galones utilizados por lo cual se procede a dividir los kilómetros recorridos dentro de los 20 kilómetros de rendimiento por galón, por lo cual se estableció que los costos variables son de Q334.20.

#### 2.5.5. Costo total de transporte

A continuación, se presentan los costos totales de transporte de cada origen a cada destino. se estableció que actualmente los costos totales por ruta ascienden a Q 1,634.20 semanalmente por transportar los productos de los orígenes a los destinos. Datos que se presentan en el cuadro 9

**Cuadro 9**  
**Determinación de los Costos Totales por Ruta**  
**Empresa Procesadora de Alimentos**  
**Julio 2019**

<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Costo variable por ruta</b>	<b>Costo Fijo por ruta</b>	<b>Costo total por ruta</b>
Zona 1	zona 7 de Mixco	Q 17.64	Q 108.33	Q 125.97
	zona 19	Q 14.52	Q 108.33	Q 122.85
	Calzada Roosevelt	Q 12.84	Q 108.33	Q 121.17
	escuintla	Q 71.52	Q 108.33	Q 179.85
Zona 4 de Mixco	zona 7 de Mixco	Q 6.36	Q 108.33	Q 114.69
	zona 19	Q 4.80	Q 108.33	Q 113.13
	Calzada Roosevelt	Q 12.00	Q 108.33	Q 120.33
	escuintla	Q 76.68	Q 108.33	Q 185.01
Zona 3 de Villa Nueva	zona 7 de Mixco	Q 24.72	Q 108.33	Q 133.05
	zona 19	Q 22.68	Q 108.33	Q 131.01
	Calzada Roosevelt	Q 17.64	Q 108.33	Q 125.97
	escuintla	Q 52.80	Q 108.33	Q 161.13
		<b>Q 334.20</b>	<b>Q1,300.00</b>	<b>Q 1,634.20</b>

**Fuente:** elaboración propia con base a investigación de campo.

### **2.5.6. Costos unitarios por bandeja transportada**

Para conocer el costo unitario por cada bandeja de producto transportado es necesario conocer el costo total por ruta y la capacidad efectiva del vehículo como se presenta en el siguiente cuadro.

**Cuadro 10**  
**Costos unitarios por bandeja transportada**  
**Empresa procesadora de Alimentos**  
**Julio 2019**

Origen	Destino	Costo total por ruta	capacidad efectiva del vehiculo	costo unitario por bandeja de producto
Zona 1	zona 7 de Mixco	Q 125.97	350	0.36
	zona 19	Q 122.85	350	0.35
	Calzada Roosevelt	Q 121.17	350	0.35
	escuintla	Q 179.85	350	0.51
Zona 4 de Mixco	zona 7 de Mixco	Q 114.69	350	0.33
	zona 19	Q 113.13	350	0.32
	Calzada Roosevelt	Q 120.33	350	0.34
	escuintla	Q 185.01	350	0.53
Zona 3 de Villa Nueva	zona 7 de Mixco	Q 133.05	350	0.38
	zona 19	Q 131.01	350	0.37
	Calzada Roosevelt	Q 125.97	350	0.36
	escuintla	Q 161.13	350	0.46
		<b>Q1,634.20</b>		

**Fuente:** elaboración propia con base a investigación de campo.

En el cuadro anterior se determinaron los costos unitarios por bandeja transportada los cuales se utilizarán para la elaboración del modelo matemático.

Luego de conocer los costos totales los cuales ascienden a Q 1,634.20 semanales, correspondiente al transporte de sus productos. En el siguiente capítulo se presenta un modelo matemático estadístico con el cual se podrá realizar una distribución óptima para que la empresa pueda minimizar sus costos de transporte.

### **CAPÍTULO III**

## **UTILIZACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE ALIMENTOS, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Luego de presentar el análisis de los resultados obtenidos de la investigación realizada en la unidad objeto de estudio, en donde se determinó que la empresa carece de controles y organización en las rutas de distribución, se presenta el modelo matemático de transporte como una solución factible a la problemática mencionada anteriormente.

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La falta de control de las rutas de comercialización no permite a la empresa determinar la distribución óptima de sus productos, el objetivo principal es la implementación de un modelo matemático que permita optimizar el tiempo utilizado para la entrega de los productos y con ello minimizar los costos de distribución.

Con la aplicación del modelo matemático determinístico de transporte, se establecerá el programa óptimo de distribución que le permitirá reducir los costos de transporte, de sus bodegas a los puntos de venta.

### **3.2 APLICACIÓN**

Con los datos presentados en el capítulo II, se construirán las matrices de origen y destino para aplicar el Modelo de Transporte, y así poder obtener la distribución óptima para la minimización de los costos de transporte.



### 3.2.1. Planteamiento del problema

**Objetivo:** Minimizar costos

**Producto a Transportar:** bandejas de verduras procesados

**Orígenes:** Zona 1, Zona 4 de Mixco y Zona 3 de Villa Nueva

**Destinos:** Zona 7 de Mixco. Zona 19, Calzada Roosevelt y Escuintla.

### 3.2.2. Planteamiento de la función objetivo

**FO: MINIMIZAR Z** =  $0.36 X_{11} + 0.35 X_{12} + 0.35 X_{13} + 0.51 X_{14} +$   
 $0.33 X_{21} + 0.32 X_{22} + 0.34 X_{23} + 0.53 X_{24} +$   
 $0.38 X_{31} + 0.37 X_{32} + 0.36 X_{33} + 0.46 X_{34}$

### 3.2.3. Planteamiento de las restricciones

#### 3.2.3.1. Origen (Oferta)

$$\text{Zona 1} \quad = X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = 1,040$$

$$\text{Zona 4 de Mixco} \quad = X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} = 910$$

$$\text{Zona 3 de Vila Nueva} = \underline{X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} = 650}$$

$$\text{Total} \quad 2,600$$

### 3.2.3.2. Destino (Demanda)

$$\text{Zona 7 de Mixco} \quad = X_{11}+X_{21}+X_{31} = 780$$

$$\text{Zona 19 la Florida} \quad = X_{12}+X_{22}+X_{32} = 390$$

$$\text{Zona 11 Calzada Roosevelt} \quad = X_{13}+X_{23}+X_{33} = 650$$

$$\text{Escuintla} \quad = \underline{X_{14}+X_{24}+X_{34} = 780}$$

Total 2,600

### 3.2.4. EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES (ENO, MC Y VOGUEL)

A continuación, se presenta las evaluaciones realizadas a través de los métodos esquina noroeste, mínimo costo y voguel, los que se utilizan para conocer los programas factibles de distribución.

### 3.2.4.1. Esquina Nor-oeste

DE	A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA	oferta	oferta	oferta	oferta	oferta	oferta
Zona 1		0.36 780	0.35 260	0.35 /	0.51 /	<b>1,040</b>	260	0	0	0	0	0
Zona 4 de Mixco		0.33 /	0.32 130	0.34 650	0.53 130	<b>910</b>	910	910	780	130	0	0
Zona 3 de Villa Nueva		0.38 /	0.37 /	0.36 /	0.46 650	<b>650</b>	650	650	650	650	650	0
<b>DEMANDA</b>		<b>780</b>	<b>390</b>	<b>650</b>	<b>780</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>0</b>
Demanda		0	390	650	780							
Demanda		0	130	650	780							
Demanda		0	0	650	780							
Demanda		0	0	0	780							
Demanda		0	0	0	650							
Demanda		0	0	0	0							

### Programa factible de distribución de Esquina Nor-Oeste

Origen	Destino	Bandejas a enviar	costo	Total
Zona 1	Zona 7 de Mixco	780	Q 0.36	Q 280.74
Zona 1	Zona 19 la Florida	260	Q 0.35	Q 91.26
Zona 4 de Mixco	Zona 19 la Florida	130	Q 0.32	Q 42.02
Zona 4 de Mixco	Zona 11 Calzada Roosevelt	650	Q 0.34	Q 223.48
Zona 4 de Mixco	Escuintla	130	Q 0.53	Q 68.72
Zona 3 de Villa Nueva	Escuintla	650	Q 0.46	Q 299.25
<b>Total</b>		<b>2,600</b>	<b>Total</b>	<b>Q 1,005.47</b>

En el cuadro anterior se presenta la distribución factible a través del método de Esquina Nor-oeste, que para efectos de cálculos se utilizó todos los decimales para que el dato sea más exacto, por lo que el costo de transporte es de Q 1,005.47. proporcione un ahorro significativo en comparación a la distribución actual la cual es Q1,634.20.

### 3.2.4.2. Mínimo Costo

DE	A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA	oferta	oferta	oferta	oferta	oferta	oferta
Zona 1		0.36 260	0.35 /	0.35 650	0.51 130	1,040	1,040	1,040	390	650	650	0
Zona 4 de Mixco		0.33 520	0.32 390	0.34 /	0.53 /	910	520	0	0	0	0	0
Zona 3 de Villa Nueva		0.38 /	0.37 /	0.36 /	0.46 650	650	650	650	650	650	650	0
<b>DEMANDA</b>		<b>780</b>	<b>390</b>	<b>650</b>	<b>780</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>	<b>0</b>
Demanda		780	0	650	780							
Demanda		260	0	650	780							
Demanda		0	0	0	130							
Demanda		0	0	0	130							
Demanda		0	0	0	130							
Demanda		0	0	0	0							

### Programa factible de distribución de Mínimo Costo

Origen	Destino	Bandejas a enviar	Costo	Total
Zona 1	Zona 7 de Mixco	260	Q 0.36	Q 93.58
Zona 1	Zona 11 Calzada Roosevelt	650	Q 0.35	Q 225.04
Zona 1	Escuintla	130	Q 0.51	Q 66.80
Zona 4 de Mixco	Zona 7 de Mixco	520	Q 0.33	Q 170.40
Zona 4 de Mixco	Zona 19 la Florida	390	Q 0.32	Q 126.06
Zona 3 de Villa Nueva	Escuintla	650	Q 0.46	Q 299.25
<b>Total</b>		<b>2,600</b>	<b>Total</b>	<b>Q 981.13</b>

En el cuadro anterior se presenta la distribución factible a través del método de Mínimo Costo que para efectos de cálculo se utilizó todos los decimales para que el dato sea más exacto, el cual proporciona un costo de transporte de Q 981.13 proporcionando un ahorro significativo en comparación a la distribución actual la cual es Q1,634.20.

### 3.2.4.3. Aproximación de Vogel o Multas

DE	A Zona 7 de Misco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	O
Zona 1	0.36 /	0.35 260	0.35 650	0.51 130	1,040	0.01	1,040	0.01	1,040	0.17	0	0
Zona 4 de Misco	0.33 780	0.32 130	0.34 /	0.53 /	910	0.004	310	0.004	0	0	0	0
Zona 3 de Villa Nueva	0.38 /	0.37 /	0.36 /	0.46 650	650	0.01	0	0	0	0	0	0
<b>DEMANDA</b>	<b>780</b>	<b>390</b>	<b>650</b>	<b>780</b>	<b>2,600</b>	<b>2,600</b>						
Multa 1	0.03	0.03	0.002	0.05								
Demanda	780	390	650	130								
Multa 2	0.03	0.03	0.002	0.01								
Demanda	0	390	650	130								
Multa 3	0	0.03	0.002	0.01								
Demanda	0	260	650	130								
Multa 4	0	0.02	0.002	0.01								
Demanda	0	0	650	130								
Multa 5	0	0	0.002	0.01								
Demanda	0	0	0	130								
Multa 6	0	0	0	0.01								
Demanda	0	0	0	0								

### Programa factible de distribución de Aproximación de Vogel o Multas

Origen	Destino	Bandejas a enviar	costo		Total
Zona 1	Zona 19 la Florida	260	Q	0.35	Q 91.26
Zona 1	Zona 11 Calzada Roosevelt	650	Q	0.35	Q 225.04
Zona 1	Escuintla	130	Q	0.51	Q 66.80
Zona 4 de Mixco	Zona 7 de Mixco	780	Q	0.33	Q 255.60
Zona 4 de Mixco	Zona 19 la Florida	130	Q	0.32	Q 42.02
Zona 3 de Villa Nueva	Escuintla	650	Q	0.46	Q 299.25
<b>Total</b>		<b>2,600</b>	<b>Total</b>		<b>Q 979.97</b>

En el cuadro anterior se presenta la distribución factible a través del método de Aproximación de Vogel o de Multas que para efectos de cálculos se utilizó todos los decimales para que el dato sea más exacto, el cual proporciona un costo de transporte de Q979.97. proporcionando un ahorro significativo en comparación a la distribución actual la cual es Q1,634.20.

### 3.3. COMPARACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES DE DISTRIBUCIÓN

A continuación, se presenta la comparación de los programas factibles de distribución:

ESQUINA NOROESTE		MINIMO COSTO		VOGUEL O DE MULTAS	
Q	1,005.47	Q	981.13	Q	979.97



De los programas factibles de solución el que proporciona una solución óptima son métodos de Mínimos Costos y el Método de Vogel o de multas para la presente investigación se utilizara él método de vogel o de multas ya que este toma encuentra los costos de fila y columna para su distribución, de acuerdo a la teoría antes este modelo es más exacto por tomar en cuenta los costos antes mencionados.

### 3.4. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN

Para determinar si el resultado obtenido a través del método de vogel es el óptimo, será necesario realizar una evaluación a través del método de multiplicadores (pasos secuenciales).

#### 3.4.1. Matriz de solución factible

A continuación, se muestra la matriz que presenta la solución factible de distribución, la cual se obtuvo a través del método de vogel o de multas.

DE \ A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA
Zona 1	0.36	0.35	0.35	0.51	1,040
	/	260	650	130	
Zona 4 de Mixco	0.33	0.32	0.34	0.53	910
	780	130	/	/	
Zona 3 de Villa Nueva	0.38	0.37	0.36	0.46	650
	/	/	/	650	
DEMANDA	780	390	650	780	2,600

### 3.4.2. Método de Multiplicadores

Luego de conocer el programa de transporte factible, se hace uso del método de los pasos secuenciales para encontrar el programa óptimo de distribución, para esto se realiza el cálculo de los costos marginales para cada celda vacía de la matriz. En este caso se utilizó la matriz de transporte a través del método de voguel, tomando en cuenta que es el programa con el menor costo total de distribución.

#### Costo Marginal de la celda a<sub>11</sub>

DE \ A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA
Zona 1	0.36 INICIO	0.35 260	0.35 650	0.51 130	1,040
Zona 4 de Mixco	0.33 780.00	0.32 130	0.34	0.53	910
Zona 3 de Villa Nueva	0.38	0.37	0.36	0.46 650	650
DEMANDA	780	390	650	780	2,600

$$a_{11} \quad 0.36 \quad - \quad 0.35 \quad + \quad 0.32 \quad - \quad 0.33 \quad = \quad 0.00$$

#### Costo Marginal de la celda a<sub>23</sub>

DE \ A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA
Zona 1	0.36	0.35 260	0.35 650	0.51 130	1,040
Zona 4 de Mixco	0.33 780	0.32 130	0.34 INICIO	0.53	910
Zona 3 de Villa Nueva	0.38	0.37	0.36	0.46 650.00	650
DEMANDA	780	390	650	780	2,600

$$a_{23} \quad 0.34 \quad - \quad 0.32 \quad + \quad 0.35 \quad - \quad 0.35 \quad = \quad 0.03$$

### Costo Marginal de la celda a24

DE \ A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA
Zona 1	0.36	0.35	0.35	0.51	1,040
Zona 4 de Mixco	780	130	650	130	910
Zona 3 de Villa Nueva	0.38	0.37	0.36	0.46	650
DEMANDA	780	390	650	780	2,600

$$a_{24} \quad 0.53 \quad - \quad 0.32 \quad + \quad 0.35 \quad - \quad 0.51 \quad = \quad 0.04$$

### Costo Marginal de la celda a31

DE \ A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA
Zona 1	0.36	0.35	0.35	0.51	1,040
Zona 4 de Mixco	780	130	650	130	910
Zona 3 de Villa Nueva	0.38	0.37	0.36	0.46	650
DEMANDA	780	390	650	780	2,600

$$a_{31} \quad 0.38 \quad - \quad 0.33 \quad + \quad 0.32 \quad - \quad 0.35 \quad + \quad 0.51 \quad - \quad 0.46 \quad = \quad 0.08$$

### Costo Marginal de la celda a32

DE \ A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA
Zona 1	0.36	0.35	0.35	0.51	1,040
Zona 4 de Mixco	780	130	650	130	910
Zona 3 de Villa Nueva	0.38	0.37	0.36	0.46	650
DEMANDA	780	390	650	780	2,600

$$a_{32} \quad 0.37 \quad - \quad 0.35 \quad + \quad 0.51 \quad - \quad 0.46 \quad = \quad 0.08$$

### Costo Marginal de la celda a33

DE \ A	Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	Zona 11 Calzada Roosevelt	Escuintla	OFERTA
Zona 1	0.36	0.35	0.35	0.51	1,040
Zona 4 de Mixco	0.33	0.32	0.34	0.53	910
Zona 3 de Villa Nueva	0.38	0.37	0.36	0.46	650
DEMANDA	780	390	650	780	2,600

$$a_{33} \quad 0.36 \quad - \quad 0.35 \quad + \quad 0.51 \quad - \quad 0.46 \quad = \quad 0.07$$

### 3.4.3. Costos marginales

A continuación, se presentan los costos obtenidos a través del método de multiplicadores, en los que se puede observar que todos los costos son positivos o igual a cero lo que indica que el programa óptimo de solución es el método de voguel, ya que no se puede realizar reasignación alguna.

a11	0.36	-	0.35	+	0.32	-	0.33	=	0.00				
a23	0.34	-	0.32	+	0.35	-	0.35	=	0.03				
a24	0.53	-	0.32	+	0.35	-	0.51	=	0.04				
a31	0.38	-	0.33	+	0.32	-	0.35	+	0.514	-	0.46	=	0.08
a32	0.37	-	0.35	+	0.51	-	0.46	=	0.08				
a33	0.36	-	0.35	+	0.51	-	0.46	=	0.07				

### 3.4.4. Matriz optima de distribución

La matriz siguiente es la que presenta la solución óptima, ya que todos los costos marginales fueron positivos, lo que indica que se ha encontrado el programa óptimo de distribución.

DE \ A	Zona 7 de Mixco		Zona 19 la Florida		Zona 11 Calzada Roosevelt		Escuintla		OFERTA
Zona 1		0.36		0.35		0.35		0.51	1,040
	/		260		650		130		
Zona 4 de Mixco		0.33		0.32		0.34		0.53	910
	780		130		/		/		
Zona 3 de Villa Nueva		0.38		0.37		0.36		0.46	650
	/		/		/		650		
<b>DEMANDA</b>	780		390		650		780		<b>2,600</b>

### 3.4.5. Programa óptimo de distribución

Luego de realizar el proceso de los pasos secuenciales se determinó que el programa óptimo de distribución es el que se muestra a continuación:

Origen	Destino	Bandejas a enviar	costo		Total
Zona 1	Zona 19 la Florida	260	Q	0.35	Q 91.26
Zona 1	Zona 11 Calzada Roosevelt	650	Q	0.35	Q 225.04
Zona 1	Escuintla	130	Q	0.51	Q 66.80
Zona 4 de Mixco	Zona 7 de Mixco	780	Q	0.33	Q 255.60
Zona 4 de Mixco	Zona 19 la Florida	130	Q	0.32	Q 42.02
Zona 3 de Villa Nueva	Escuintla	650	Q	0.46	Q 299.25
<b>Total</b>		<b>2,600.00</b>	<b>Total</b>		<b>Q 979.97</b>

Se estableció que, utilizando el modelo matemático de transporte, los costos para distribuir el producto serán de Q 979.97, siendo estos menores a los costos actuales de 1634.20, por lo que se considera que es el programa factible de distribución para que la empresa minimice sus costos de operación.

### 3.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE TRANSPORTE ACTUAL Y PROPUESTO

**Cuadro 11**  
**Costos Actuales y propuestos de acuerdo con los modelos matemáticos**  
**Empresa procesadora de alimentos**  
**Julio 2019**

METODO	COSTO PROPUESTO	COSTO ACTUAL	AHORRO SEMANAL
ESQUINA NOROESTE (ENO)	Q 1,005.47	<b>Q 1,634.20</b>	Q 628.73
MINIMO COSTO (MC)	Q 981.13		Q 653.07
VOGUEL O MULTAS	Q 979.97		Q 654.23
PASOS SECUENCIALES	Q 979.97		Q 654.23

En el cuadro anterior se muestran los costos totales de transporte actual y los propuestos a través de los diferentes modelos matemáticos, de los cuales el que proporciona el menor costo de distribución es el método de voguel proporcionando un costo de Q 979.97 y un ahorro de Q 654.23 semanales.

### 3.6. BENEFICIOS DE LA PROPUESTA

Al implementar la propuesta, de aplicar un programa de distribución utilizando como herramienta un modelo matemático, brindará a la empresa una solución factible con la que podrá minimizar los costos de distribución que actualmente se generan dentro de la unidad de análisis, de la misma manera conocer las rutas más factibles para

la operación de las unidades de transporte, para garantizar la entrega del producto en el tiempo establecido.

**Cuadro 12**

**Cuadro comparativo de costos**

**Empresa procesadora de alimentos**

**Julio 2019**

COSTOS SIN APLICAR EL MODELO MATEMÁTICO			COSTOS AL APLICAR EL MODELO MATEMÁTICO		
SEMANAL	MENSUAL	ANUAL	SEMANAL	MENSUAL	ANUAL
Q 1,634.20	Q 6,536.80	Q 78,441.60	Q 979.97	Q 3,919.88	Q 47,038.56
AHORRO UTILIZANDO EL MODELO MATEMÁTICO DE TRANSPORTE					
SEMANAL		MENSUAL		ANUAL	
Q 654.23		Q 2,616.92		Q 31,403.04	

En el cuadro anterior se presenta la diferencia significativa del ahorro que se produce al aplicar el modelo matemático de transporte el cual asciende a Q 664.23 semanales y hasta Q31,402.93 al año aproximadamente si las condiciones se mantienen constantes, esto generará que la empresa pueda mantener sus precios de comercialización y por ende ser más competitiva.

## CONCLUSIONES

1. Al realizar el estudio de las rutas se estableció que no existe organización en ellas, por lo que se comprobó la hipótesis planteada en el plan de investigación, ya que la razón por la cual se presentan costos elevados en el transporte de productos, es la falta de organización y ausencia de controles en las rutas de distribución, lo que ha generado que la unidad objeto de estudio presente altos costos de operación correspondiente al transporte en los rubros siguientes: combustible, mantenimiento, depreciación del vehículo y sueldos.
2. La aplicación del modelo de transporte facilita la asignación y diseño de nuevas rutas ya que ninguna ruta será igual a la anterior. Por lo que la implementación de un modelo de transporte permite a la empresa reducir los costos en los que está incurriendo y a la vez optimizar mejor los recursos.
3. Con base al estudio realizado y a la comparación de los 3 modelos se determinó que el método de Vogel o de Multas es el que proporciona el menor costo y el que optimiza la distribución de la mercancía de la organización.
4. Actualmente la empresa presenta costos de transporte semanales de Q1,634.20, con la aplicación del modelo Matemático de Transporte que se reducen a Q979.97 a la semana, obteniendo un ahorro de Q654.23.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la evaluación constante de la información utilizada en el método de aproximación de Vogel o de Multas y evaluación mensual de los costos de transporte, con el fin de ajustar los cambios que puedan surgir en los rubros que conforman el costo (combustible, mantenimiento, depreciación de vehículos y sueldos) y con ello obtener resultados confiables.
2. Para mejorar los procesos de distribución en las distintas rutas de la empresa Procesadora de Alimentos, es necesario la aplicación del modelo de transporte recomendado, ya que este permite la minimización de costos en los que se incurre la empresa para la entrega de sus productos.
3. Realizar capacitaciones al personal del departamento de logística, contabilidad, de producción, así como de distribución y ventas acerca de la implementación del modelo matemático de transporte propuesto; ya que esto le brinda a la empresa una forma de controlar su sistema de distribución y mantener sus costos.
4. Utilizar el modelo matemático de transporte propuesto, ya que este permite la optimización de las rutas de distribución, así también a la disminución de los costos de transporte en los que incurre la Procesadora de Alimentos.

## REFERENCIAS

- Baca, G. (2010). Evaluación de proyectos. Sexta Edición. México. Editorial McGraw Hill, interamericana.
- Benavides, J. (2004). Administración. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana
- Eppen, G. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Quinta Edición. México. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- Heizer, J. & Render B. (2009). Principios de administración de operaciones. Séptima Edición. México. Editorial Pearson.
- Hillier & Lieberman. (2010). investigación de operaciones. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana. S.A. de C.V.
- Hillier, Frederick & Lieberman. (2010). Introducción a la investigación de operaciones. Cuarta Edición. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana. S.A. de C.V.
- Markowitz, H. Wrigth, T. (2009). Modelos Matemáticos determinísticos. Segunda Edición. Colombia.
- Mathur, K. & Solow D. (1998). Investigación de operaciones. México. Editorial Prentice Hall.
- Monks, J. (1996). Administración de operaciones. Novena Edición. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana.
- Pérez, J. Garde, A. (2010). Toma de Decisiones. México.
- Pérez G. (2000). investigación de operaciones, primer artículo, la importancia de la investigación a nivel mundial.

Pérez, V. (2008). Artículo empresa, tipos de empresas, clasificación. Recuperado de <http://www.tiposdeempresas.com/mundo/htm>.

Quiñonez, O. & Marroquín, A. (2015). Métodos Cuantitativos III. Guatemala.

Quiñonez, O. & Marroquín, A. (2018). Métodos Cuantitativos III. Guatemala.

Salort, V. Ortiz, E. Bas, et al. Métodos Cuantitativos, Volumen I, Camino de Vera, Valencia 2000. Servicios de Publicaciones.

Taha, H. (2004). Investigación de Operaciones, séptima edición, Naucalpan de Juárez, Estado de México. Pearson Educación de México, S.A.

Taha, H. 2010. Investigación de operaciones. Décima Edición, Naucalpan de Juárez, Estado de México. Editorial Pearson Educación de México, S.A.

# ANEXOS

**Anexo 1**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DEL PROGRESO**  
**LICENCIATURA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**GUÍA DE ENTREVISTA**

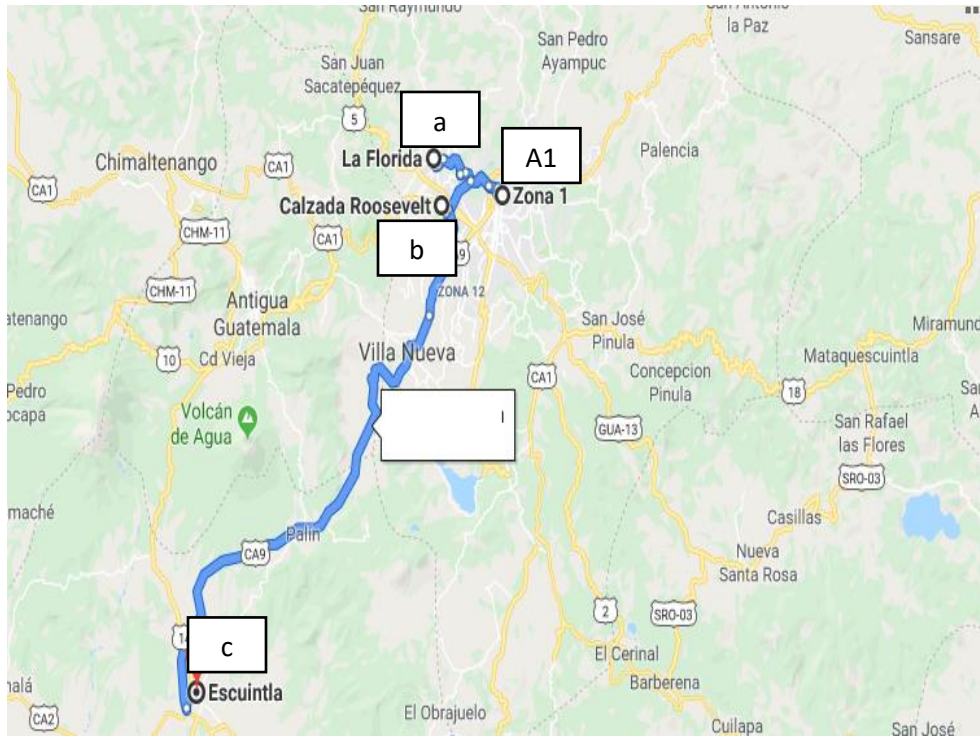
OBJETIVO: Conocer la información operativa y financiera con fines didácticos para la realización de la investigación del modelo de distribución óptima.

1. ¿Cuál es la jornada laboral de la empresa y qué días de la semana tiene actividad?
2. ¿Qué cantidad de producto distribuye directamente a las sucursales?
3. ¿Cuántas bodegas de distribución posee la empresa y cuál es su ubicación?
4. ¿A cuántas sucursales distribuye la empresa y dónde se ubican?
5. ¿Cuál es la demanda que tienen del producto?
6. ¿Cómo se integran los costos de distribución?
7. ¿Cuántas entregas se realizan al día?
8. ¿Qué capacidad posee el vehículo de distribución?
9. ¿Cuál es la filosofía empresarial?
10. ¿Cuál es el salario de los pilotos y ayudantes?

## Anexo 2

### Figura No. 3

#### Distribución Propuesta de la Bodega Zona 1, Ciudad Guatemala



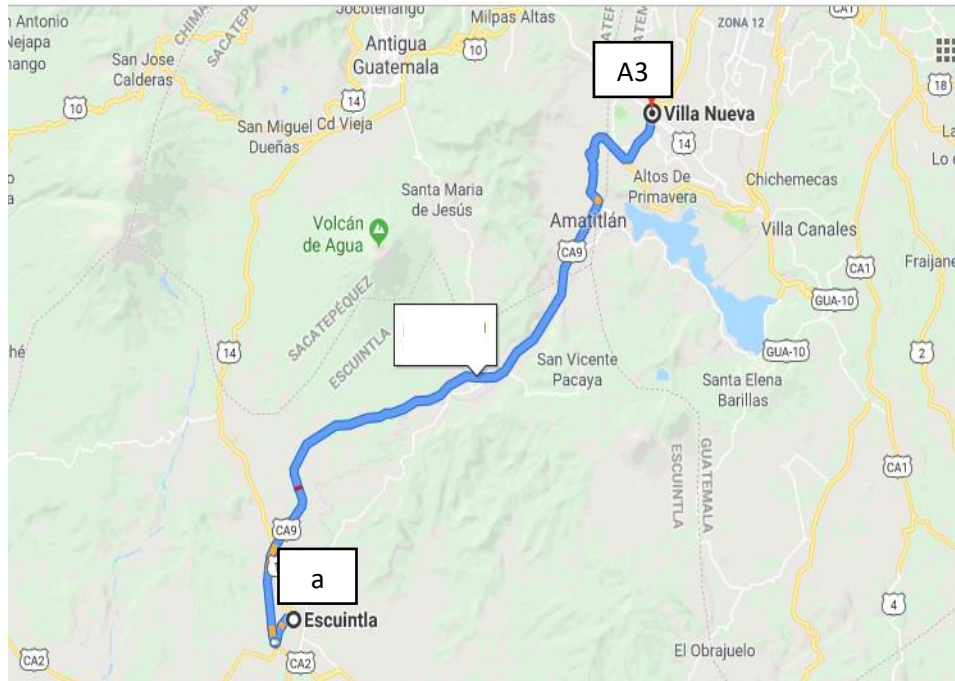
Origen	Destino	Identificación
Zona 1, Ciudad Guatemala A1	Zona 19 la Florida	a
	Calzada Roosevelt	b
	Escuintla	c



**Anexo 4**

**Figura No. 5**

**Distribución Propuesta de la Bodega Villa Nueva Zona 3**



Origen	Destino	Identificación
Villa Nueva Zona 3 A3	Escuintla	a