

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**



**“APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA
DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN
EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE
JUEGOS PIROTECNICOS UBICADA EN EL MUNICIPIO
DE SAN RAYMUNDO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**

ZAIRA EDITH CHICOJ HERNÁNDEZ

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

**“APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA
DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN
EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE
JUEGOS PIROTECNICOS UBICADA EN EL MUNICIPIO
DE SAN RAYMUNDO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

ZAIRA EDITH CHICOJ HERNÁNDEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Lic. Luis Antonio Suárez Roldán
SECRETARIO:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
VOCAL II:	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
VOCAL III:	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
VOCAL IV:	P.C. Marlon Geovani Aquino Abdalla
VOCAL V:	P.C. Carlos Roberto Turcios Pérez

EXONERACIÓN DE EXAMEN DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS

Exonerada de Examen de Áreas Prácticas Básicas según Punto QUINTO, inciso 5.7, del Acta 14-2014, de la sesión celebrada por la Junta Directiva el 28 de agosto de 2014.

**PROFESIONALES QUE PRACTICARON
EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS**

PRESIDENTE:	Lic. Axel Osberto Marroquín Reyes
SECRETARIA:	Licda. Thelma Marina Soberanis de Monterroso
EXAMINADOR:	Lic. Luis Manuel Vásquez Vides

Guatemala, 19 de mayo de 2016

Licenciado
Luis Antonio Suárez Roldán
Decano de la Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano

De conformidad con el nombramiento emanado de su decanatura, con fecha 31 de marzo de 2016, en el que se me designa asesor de tesis de la estudiante Zaira Edith Chicoj Hernández, carné 200913690, con el tema "Aplicación del modelo de transporte para determinar el programa óptimo de distribución en una empresa productora y distribuidora de juegos pirotécnicos ubicada en el municipio de San Raymundo departamento de 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.

En virtud de lo anterior y considerando que este trabajo de tesis fue desarrollado de acuerdo a los requisitos reglamentarios de la facultad, me permito recomendarlo para que sea discutido en Examen privado de tesis, previo a optar el título de Administrador de Empresas en el grado académico de licenciada.

Atentamente



Lic. M.Sc. Víctor Manuel Castro Sosa
Colegiado No. 2146

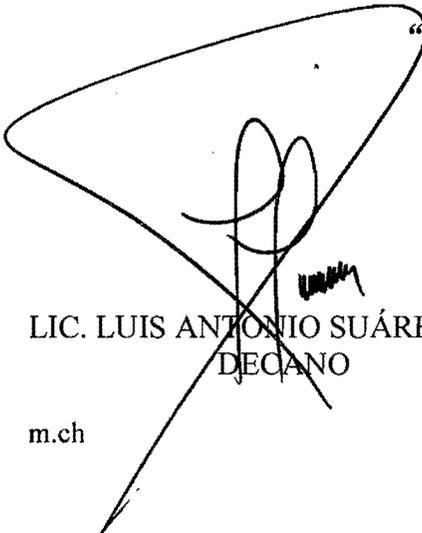


FACULTAD DE CIENCIAS
ECONOMICAS
EDIFICIO "S-8"
Ciudad Universitaria zona 12
GUATEMALA, CENTROAMERICA

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, GUATEMALA
DOCE DE OCTUBRE DE DOS MIL DIECISÉIS.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.8, subinciso 5.8.3 del Acta 18-2016 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 04 de octubre de 2016, se conoció el Acta ADMINISTRACIÓN 127-2016 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 17 de agosto de 2016 y el trabajo de Tesis denominado: "APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE JUEGOS PIROTECNICOS UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SAN RAYMUNDO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA", que para su graduación profesional presentó la estudiante **ZAIRA EDITH CHICOJ HERNÁNDEZ**, autorizándose su impresión.

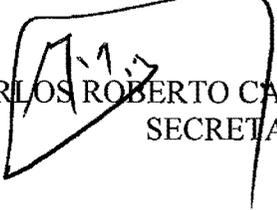
Atentamente,



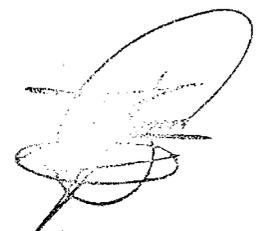
LIC. LUIS ANTONIO SUÁREZ ROLDÁN
DECANO

m.ch

"D Y ENSEÑAD A TODOS"



LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



ACTO QUE DEDICO

A DIOS	Por ser mi fuente de fortaleza, darme la vida, sabiduría e inteligencia para alcanzar mis metas.
A MI PADRE	Edgar Chicoj (QEPD) por haberme dado la oportunidad de vivir, por haber estado a mi lado hasta que el padre celestial lo permitió.
A MI MADRE	Silvia Hernández este éxito es el resultado de tus largas horas de trabajo, y del arduo desgaste de tus manos con el fin de brindarme un mejor futuro, gracias por tanto sacrificio, por ser mi apoyo y el pilar de mí existir, te amo.
A MIS HERMANOS Y SOBRINOS	Marilyn, Enrique, Andrea, Jefry por su apoyo en los buenos y malos momentos, recuerden luchar por lograr sus objetivos.
A MIS AMIGAS HERMANAS	Karen Chun e Iris Us por estar conmigo y por compartir tantas bellas historias.
A MIS AMIGOS	Heidy Capriel, Claudia Salazar, Karla Luna, Cesar Matus, Edy Retana, Mynor Rubio, Guillermo Reyna, Neftalí Domínguez, Lic. Ervin Pineda, Licda. Mayra Merida por hacer de este viaje una aventura maravillosa, gracias por su apoyo y comprensión.
AGRADECIMIENTO ESPECIAL	Mercedes Gramajo por ser más que una amiga, mi elección de familia, gracias por el apoyo incondicional, los consejos en los momentos de flaqueza y ser parte de mi historia de vida.
A LA EMPRESA	Licda. Flor Gómez por brindarme la oportunidad de desarrollar esta Investigación, y por compartir conmigo sus conocimientos así como por el apoyo desinteresado e incondicional. Mil gracias.

A MIS COMPAÑEROS
DE TRABAJO Y
AMIGOS

Gracias por las palabras de aliento y la motivación constante para seguir adelante.

A MI ASESOR

Lic. Víctor Castro por compartir conmigo sus conocimientos, por ser fuente de luz y guía en esta etapa de finalización y por brindarme una mano amiga.

A MI MADRINA

Silvia Hernández por ser más que una hermana y compañera de vida, por ser mi fuente de motivación en los momentos de flaqueza y por guiarme en este largo camino.

A MI ALMA MATER

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, principalmente a la Facultad de Ciencias Económicas que me permitió recorrer por sus salones y culminar este objetivo.

ÍNDICE

Contenido	Página
Introducción	i
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 EMPRESA	1
1.1.1 Clasificación de empresa	1
1.1.1.1 Mediana Empresa	1
1.1.1.2 Pequeña empresa	1
1.1.1.3 Microempresa	2
1.2 TRABAJO ARTESANAL	2
1.2.1 Juegos pirotécnicos	2
1.3 ADMINISTRACIÓN	3
1.3.1 Investigación de operaciones	3
1.3.1.1 Origen	3
1.3.1.2 Naturaleza	3
1.3.1.3 Importancia	4
1.3.1.4 Impacto	4
1.4 MODELOS MATEMÁTICO	5
1.4.1 Estructura de los modelos matemáticos	5
1.4.2 Clasificación de los modelos	5
1.5 PROGRAMACIÓN LINEAL	8
1.5.1 Supuestos de la programación lineal	8
1.5.2 Forma de expresión	9
1.5.3 Conceptos básicos de formulación del modelo de programación lineal	10
1.5.3.1 Variables de decisión	10
1.5.3.2 Función objetivo	10
1.5.3.3 Restricciones	10
1.6 ÁREAS DE APLICACIÓN	11
1.6.1 Finanzas	11
1.6.2 Mercadotecnia	11
1.6.3 Operaciones	12

Contenido	Página
1.6.4 Recursos humanos	12
1.7 METODOS DE SOLUCIÓN PROGRAMACIÓN LINEAL	12
1.7.1 Método gráfico	12
1.7.2 Método simplex	13
1.7.2.1 Método de maximización	13
1.7.2.2 Método de minimización	14
1.8 MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL	14
1.8.1 Modelo de asignación	14
1.8.1.1 Método de maximización	15
1.8.1.2 Método de minimización	16
1.8.2 Modelo de transporte	16
1.8.2.1 Formas	18
1.8.2.1.1 Equilibrado	18
1.8.2.1.2 No equilibrado	18
1.8.2.2 Función objetivo del modelo de transporte	19
1.8.2.3 Restricciones del modelo de transporte	19
1.8.3 Matriz de origen y destino	20
1.8.3.1 Origen (O)	21
1.8.3.2 Destino (D)	21
1.8.3.3 Costo de transporte unitario (C)	22
1.8.3.4 Oferta (A)	22
1.8.3.5 Demanda (B)	22
1.9 MÉTODOS DE SOLUCIÓN	22
1.9.1 Esquina nor-oeste (ENO)	22
1.9.2 Mínimo costo (MC)	24
1.9.3 Método de aproximación de vogel o multas (MAV)	24
1.9.4 Método de evaluación	25
1.9.4.1 Pasos secuenciales	25
1.10 COSTO	27
1.10.1 Costo fijo	28

Contenido	Página
1.10.2 Costo variable	28
1.10.3 Costo total	28

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE JUEGOS PIROTÉCNICOS

2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA	29
2.1.1 Método científico	29
2.1.1.1 Fase de indagación	29
2.1.1.2 Fase demostrativa	30
2.1.1.3 Fase expositiva	30
2.1.2 Método deductivo	30
2.1.3 Técnicas	30
2.1.3.1 Investigación documental	30
2.1.3.2 Trabajo de campo	31
2.1.4 Instrumentos	31
2.2 UNIDAD DE ANÁLISIS	32
2.2.1 Antecedentes	32
2.2.2 Filosofía empresarial	34
2.2.2.1 Misión	34
2.2.2.2 Visión	34
2.2.2.3 Valores	34
2.2.2.4 Objetivos	35
2.2.3 Actividad comercial	35
2.2.4 Estructura organizacional	36
2.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS RUTAS DE DISTRIBUCIÓN	39
2.3.1 Determinación de datos generales	39

Contenido	Página
3.2 SOLUCIÓN MODELO DE TRANSPORTE	56
3.2.1 Desarrollo del método esquina nor-oeste	57
3.2.2 Desarrollo del método mínimo costo	58
3.2.3 Desarrollo del método aproximación de vogel	60
3.3 COMPARACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES DE DISTRIBUCIÓN	62
3.4 DESARROLLO DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE PASOS SECUENCIALES	63
3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO A LOS COSTOS DE TRANSPORTE	65
3.6 BENEFICIO DE IMPLEMENTAR EL MODELO PROPUESTO	67
Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Bibliografía	71
Anexos	73

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Título	Página
1	Planteamiento esquemático de la matriz de efectividad	15
2	Representación de la matriz de transporte	21
3	Kilómetros recorridos por ruta	41
4	Entregas diarias	42
5	Oferta por origen	52
6	Demanda por destino	53
7	Matriz inicial	56
8	Comparación de la distribución actual y el modelo propuesto	66

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Título	Página
1	Prorrateso de costos fijos	44
2	Determinación de los costos variables por ruta	47
3	Integración de costos	49
4	Costo unitario por fardo de ametralladora	51

ÍNDICE DE FÍGURAS

No.	Título	Página
1	Red de puntos de origen a puntos de destino	17
2	Estructura organizacional	38

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Título	Página
1	Formato de control de kilometraje	74
2	Formato de consumo de combustible	75
3	Guía de entrevista	76
4	Cálculo de costos marginales	77
5	Mapa ruta de distribución bodega 1	83
6	Mapa ruta de distribución bodega 2	84
7	Mapa ruta de distribución bodega 3	85
8	Mapa ruta de distribución bodega 4	86

INTRODUCCIÓN

Las empresas artesanales dedicadas a la producción y distribución de juegos pirotécnicos ubicadas en el municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala, deben implementar estrategias enfocadas a mantener precios competitivos, calidad y variedad de productos así como ofrecer un servicio de distribución de pedidos, con la finalidad de mantener su cartera de clientes en un área geográfica que cuenta como fuente económica principal la elaboración de pirotecnia.

La inexistencia de controles y herramientas administrativas, enfocadas al proceso de distribución limitan la optimización de los costos operativos de las empresas e incrementan los tiempos de entrega.

La propuesta de implementación de un modelo matemático brinda a la organización la oportunidad de optimizar y replantear las rutas de distribución, satisfaciendo a los clientes con el servicio de entrega, mediante la optimización del tiempo, lo que genera una disminución en los costos, permitiendo mantener precios de venta competitivos.

El modelo matemático de transporte, es una técnica que brinda la oportunidad de guiar la toma de decisiones, mediante la obtención de un programa óptimo de rutas de distribución que permita una reducción de costos de operación, elimine los retrasos en las entregas, optimizando la distribución efectiva de la oferta frente a la satisfacción de la demanda.

Esta investigación esta enfocada en la propuesta de implementación de un programa de distribución, mediante la aplicación del modelo matemático de transporte dirigida a la entrega de fardos de ametralladora tradicional de 1

metro; producto de mayor comercialización de la unidad de análisis, la cual se ubica en el municipio de San Raymundo, cumple con los requerimientos bajo pedido por lo que su oferta y demanda son equilibradas.

Este documento, se encuentra estructurado por tres capítulos, en el primero se desarrolla el Marco Teórico que es una compilación de conceptos y definiciones en los cuales se encuentra fundamentada esta investigación. En este se expone por medio del método deductivo, de lo general a lo particular, la descripción de la teoría necesaria proveniente de fuentes secundarias que facilitará la comprensión del modelo matemático a desarrollar.

Luego se presenta la situación actual de la empresa productora y distribuidora de Juegos pirotécnicos, detallando la metodología básica empleada en la investigación documental y de campo; así mismo se presenta información necesaria de la unidad de análisis (antecedentes, ubicación y filosofía empresarial, etc.) lo que brindara una visión amplia del giro comercial de la empresa. Se detallan las rutas de distribución actuales, los kilómetros recorridos, tiempos de entregas y costos que implican la distribución.

Por último se desarrolla el modelo matemático de transporte como propuesta de solución a la problemática actual de la unidad de análisis, mismo que brinda una solución factible al programa de distribución actual, que representa la integración de los resultados obtenidos mediante la investigación documental y de campo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 EMPRESA

“Empresa es aquella unidad de producción que realiza actividades de transformación, servicios o comercio”. (1:s.p.)

1.1.1 Clasificación de empresa

Con base a la clasificación de empresa establecida por medio del Ministerio de Economía se detallan las siguientes:

1.1.1.1 Mediana empresa

“Toda unidad de producción, que realiza actividades de transformación, servicios o comercio, con un mínimo de ochenta y uno (81) trabajadores a un máximo de doscientos (200) con una generación en ventas anuales equivalentes de un mínimo de tres mil setecientos uno (3,701) salario mínimo a un máximo de quince mil cuatrocientos veinte (15,420) salarios mínimos mensuales de actividades no agrícolas”. (1:s.p.)

1.1.1.2 Pequeña empresa

“Toda unidad de producción, que realiza actividades de transformación, servicios o comercio, con un mínimo de once (11) trabajadores y un máximo de ochenta (80) con una generación en ventas anuales equivalentes de un mínimo de ciento noventa y uno (191) salario mínimo a un máximo de tres mil setecientos (3,700) salarios mínimos mensuales de actividades no agrícolas”. (1:s.p.)

1.1.1.3 Microempresa

“Toda unidad de producción, que realiza actividades de transformación, servicios o comercio, con un mínimo de un (1) trabajador que puede ser el mismo propietario a un máximo de diez (10) con una generación en ventas anuales equivalentes de un mínimo de un (1) salario mínimo a un máximo de ciento noventa (190) salarios mínimos mensuales de actividades no agrícolas”. (1:s.p.)

1.2 TRABAJO ARTESANAL

El trabajo artesanal es la producción de un artículo elaborado a mano con o sin auxilio de herramientas o implementos manejados por el artesano, generalmente utilizado con las manos o con los pies. Dentro de este tipo de trabajos se pueden mencionar: La jarcia, bisutería, elaboración de juegos pirotécnicos, piñatería y cerería entre otros.

1.2.1 Juegos pirotécnicos

“Desde una concepción griega la palabra pirotecnia significa pur: fuego, y teckné: técnica, arte; o sea, el arte o la técnica de dominar el fuego. Al principio los juegos pirotécnicos fueron explosivos que podríamos calificar de sencillos, si se les compara con las poderosas bombas de luminotecnia que se hacen estallar en los cielos guatemaltecos en este siglo XXI. A mediados del siglo XX solo se comercializaron cohetes, estrellitas, volcancitos y otras formas pirotécnicas bastante sencillas, pero en la actualidad se han convertido en una variedad de más de mil 500 piezas de cohetes”. (11:s.p)

1.3 ADMINISTRACIÓN

Es la ciencia enfocada en planificar, organizar, integrar, coordinar y dirigir las actividades realizadas por las personas, con la finalidad de alcanzar los objetivos trazados mediante la utilización eficiente de los recursos disponibles.

1.3.1 Investigación de operaciones

Es un proceso sistemático que mediante el uso de la teoría matemática, facilita la toma de decisiones al nivel estratégico de una organización o en cualquier situación de la vida cotidiana; aplicable a los procesos productivos y de servicio de cualquier empresa, brindan una solución óptima o cercana a la óptima a cualquier problema planteado.

1.3.1.1 Origen

“Las primeras actividades formales de Administración de Operaciones se dieron en Inglaterra durante la segunda Guerra Mundial, surgieron cuando se encomendó a un equipo de científicos ingleses la toma de decisiones acerca de la mejor utilización bélica, al término de la guerra, las ideas formuladas en operaciones militares fueron adaptadas para mejorar la eficiencia y la productividad en el sector civil”. (9:1)

1.3.1.2 Naturaleza

“La investigación de operaciones tiene un enfoque científico de la toma de decisiones, que la operación de sistemas organizacionales requiere”, (9:3) en tal

sentido, es un proceso sistematizado que brinda resultados basados en la teoría matemática, facilitando la toma de decisiones para el logro de los objetivos.

1.3.1.3 Importancia

“Derivado del conjunto amplio de técnicas orientadas a proporcionar una ayuda cuantitativa a la toma de decisiones”. (13:4) Por medio de la aplicación del método científico y técnicas matemáticas, se puede calcular de manera precisa los resultados necesarios para el alcance de los objetivos establecidos en una organización.

1.3.1.4 Impacto

La investigación de operaciones según la definición brindada en los conceptos anteriores, tiene un creciente impacto en la administración de las distintas unidades de la estructura organizacional de las empresas, debido a sus características aplicables en todas las áreas, así como sus beneficios brindados, para el logro de objetivos.

Facilita la toma de decisiones ya sea en una organización, institución o en cualquier decisión de la vida cotidiana; se apoya de la teoría matemática para la obtención de resultados óptimos, razón por la cual es necesario conocer aspectos generales de la teoría matemática y su vínculo con la administración de operaciones.

1.4 MODELO MATEMÁTICO

Es una representación idealizada y simplificada de la realidad, debido a que representa situaciones cotidianas o la simulación de acciones futuras; con la intención de evaluar la probabilidad de realización del evento a modelar.

Por medio de la obtención de resultados, un modelo matemático facilita la toma de decisiones al nivel estratégico de una organización; al brindar un panorama menos complejo y más exacto en cuanto a la aplicación o eliminación de las acciones estratégicas, que se desean desarrollar en una empresa.

“La construcción de un modelo es la esencia del proceso científico de toma de decisiones, siendo expresada de forma simplificada para que el tomador de decisiones pueda estudiar las relaciones básicas en forma aislada. El problema reconstruido (modelo) es entonces usado para el análisis y la prueba de soluciones alternativas”. (12:11)

1.4.1 Estructura de los modelos matemáticos

“La estructura básica de los modelos matemáticos posee tres componentes integrados por las variables de decisión que se trata de determinar, el objetivo que se desea optimizar así como las restricciones que requiere satisfacer”, (7:12) la estructura de los modelos matemáticos, se determina con el fin primordial de cumplir el objetivo del planteamiento del problema.

1.4.2 Clasificación de los modelos

De acuerdo a su utilidad los modelos pueden clasificarse de la siguiente forma:

a) Según la información de entrada

Estos modelos son clasificados respecto a la función de origen.

- “**Heurísticos:** están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado”.(15:165)
- “**Empíricos:** utilizan las observaciones directas o los resultados de experimentos del fenómeno estudiado”. (15:165) Predice la forma en que una variable afecta una solución y no el por qué la afecta.

b) Según el tipo de representación

Enfocada al tipo de predicciones que se pretende atender ya sea de tipo cualitativo o cuantitativo, correspondiendo cada uno de estos a las siguientes definiciones:

- “**Cualitativos:** estos pueden usar figuras, gráficos o descripciones causales, en general se contentan con predecir si el estado del sistema irá en determinada dirección o si aumentará o disminuirá alguna magnitud, sin importar exactamente la magnitud concreta de la mayoría de aspectos”. (15:165)
- “**Cuantitativos o numéricos:** usan números para representar aspectos del sistema modelizado, y generalmente incluyen fórmulas y algoritmos matemáticos más o menos complejos que relacionan los valores numéricos. El cálculo con los mismos permite representar el proceso físico o los cambios cuantitativos del sistema modelado”. (15:166)

c) Según la aleatoriedad

Estos modelos se clasifican tomando como base si para una situación inicial concreta (entrada), pueden corresponder o no diversos resultados (salida); y se dividen en los siguientes:

- **“Modelos determinísticos:** son aquellos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza. Es decir, en ellos se supone que cuando el modelo sea analizado se tendrá disponible toda la información necesaria para tomar las decisiones correspondientes”. (9:19)

- **“Modelos probabilísticos:** en los modelos probabilísticos se presupone que algunas variables importantes, llamadas variables aleatorias, no tendrán valores conocidos antes que se tomen las decisiones correspondientes y que ese desconocimiento debe ser incorporado al modelo”. (9:19)

d) Según su aplicación

Se describen los siguientes:

- **Modelo descriptivo o de simulación:** “consiste en crear un entorno en el cual se pueda obtener información sobre posibles alternativas”, (9:507) este modelo suele utilizar un enfoque experimental basado en un modelo matemático para el logro de resultados.

- **Modelo de optimización:** este modelo “proporciona un conjunto de valores para las variables de decisión que maximiza (o minimiza) el

valor de la función objetivo”. (9:507) Dicho modelo por sus características suele ser utilizado para la resolución de problemas administrativos enfocados a la toma de decisiones ya sea en el área productiva o cualquier otra situación.

- **“Modelo de control:** Para saber con precisión como está algo en una organización, investigación, área de operación, etc. Este modelo pretende ayudar a decidir qué nuevas medidas, variables o qué parámetros deben ajustarse para lograr un resultado o estado concreto del sistema modelado”. (15:165)

1.5 PROGRAMACIÓN LINEAL

Se basa en la utilización de un modelo matemático con el cual se describe un problema, todas las funciones matemáticas del modelo, deberán ser funciones lineales.

En general la programación lineal trata “la planeación de las actividades para obtener un resultado óptimo”; (8:28) es decir, la obtención del resultado que mejor se acomode al objetivo esperado, entre las distintas opciones de solución.

1.5.1 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”. (12:37)

Los supuestos de programación lineal están implícitos en la formulación del modelo, ya que son características que se deben tomar en cuenta al momento de plantear el método de solución a una interrogante.

- **Supuestos de certidumbre:** “supone que los valores asignados a cada parámetro de un modelo de programación lineal son constantes conocidas”. (12:43)
- **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”. (12:40)

1.5.2 Forma de expresión

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 forma:

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

En donde a y b son constantes. También se requerirá, que las restricciones correspondientes estén representadas mediante un sistema de desigualdades lineales, que aplican “ \leq ” o bien “ \geq ” o ecuaciones lineales en X y Y , A un problema en el que intervienen todas estas condiciones se le denomina problema de programación lineal”. (5:307)

1.5.3 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:

1.5.3.1 Variables de decisión

“Constituye las incógnitas del problema, consistente básicamente en los niveles de todas las actividades que puedan llevarse a cabo en el problema a formular”, (11:96) es decir que son las interrogantes a determinar con la solución del modelo.

1.5.3.2 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”. (14:96)

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.

1.5.3.3 Restricciones

“Representadas por distintos requisitos que debe cumplir cualquier solución para que pueda llevarse a cabo”; (14:97) 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.

1.6 ÁREAS DE APLICACIÓN

La programación lineal por la naturaleza de brindar alternativas en un problema de decisión; es aplicable a distintas áreas de una organización o cualquier situación de la vida cotidiana.

A continuación, se detallan algunas de ellas:

1.6.1 Finanzas

La aplicación de la programación lineal en el área financiera se podría resumir a “la maximización de utilidades”. (14:95) En los negocios y en valores brindando un método matemático que les ofrece una solución factible de inversión, con un resultado óptimo de utilidades, brindando al administrador de empresas una solución matemática factible que influirá en la toma de decisiones.

1.6.2 Mercadotecnia

“Enfocada a la combinación adecuada de medios a utilizar en una campaña publicitaria”. (14:94) Con la finalidad de obtener una mezcla de medios, que brinde la minimización de costos, manteniendo el objetivo de llegar al segmento de mercado establecido y de alcanzar el rating de audiencia deseado en los medios de comunicación.

1.6.3 Operaciones

La programación lineal apoya los procesos logísticos y productivos de la administración de operaciones, con el fin de establecer la cantidad óptima de materia prima o tiempo para la producción, distribución de productos, con la finalidad de minimizar costos o maximizar el uso de la materia prima.

1.6.4 Recursos humanos

“Aplicada para establecer la cantidad de personal de instalación y reparación de líneas que se debe tener incorporada en la fuerza laboral por cada mes con el fin de minimizar los costos totales de contratación”. (14:95)

Utilizada para establecer la combinación óptima de actividades a desarrollar por cada colaborador, evitando la duplicidad de funciones, optimizando los recursos tanto financieros como humanos.

1.7 MÉTODOS DE SOLUCIÓN PROGRAMACIÓN LINEAL

Los modelos de PL se solucionan mediante el uso de los métodos gráfico y simplex, detallados a continuación:

1.7.1 Método gráfico

“Soluciona los problemas de programación lineal por medio de la representación geométrica del objetivo, las restricciones estructurales y las condiciones técnicas”. (14:96)

“Consiste en utilizar el cuadrante positivo del plano cartesiano mediante el trazo de rectas horizontales, verticales y diagonales que permiten determinar un área de solución común, la cual se conoce como área factible de solución”; (11:96) encontrándose en el área factible de solución, puntos que satisfacen todas las restricciones entre ellos, la solución óptima deseada.

1.7.2 Método simplex

Conocido como el método algebraico, o el procedimiento general para resolver problemas de PL, siendo un procedimiento en el que cada iteración tiene la solución de un sistema de ecuaciones algebraicas, para obtener una nueva solución geométrica, hasta llegar a la solución óptima.

Para la resolución del método simplex se pueden emplear dos métodos:

1.7.2.1 Método de maximización

“El método de maximización es un procedimiento algebraico por medio del cual se obtiene una combinación de las variables de decisión que es óptima, para maximizar el rendimiento. Representándose su función objetivo de la siguiente forma:

$$\text{FO: Maximizar } Z = X_1 + X_2 + X_3$$

En dónde:

- F.O.** Función objetivo
- Z** Objetivo a alcanzar
- X** Variables de decisión”. (14:125)

1.7.2.2 Método de minimización

“Este método es un procedimiento algebraico por medio del cual se obtiene una variable de decisión óptima para minimizar o disminuir los costos, pérdidas, paradas, desperdicios, distancias, tiempos.

$$\text{FO: Minimizar } Z = X_1 + X_2 + X_3$$

En dónde:

F.O. Función objetivo

Z Objetivo a alcanzar

X Variables de decisión”. (14:125)

1.8 MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL

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

1.8.1 Modelo de asignación

Este modelo consiste en “la asignación de “n” agentes u objetos indivisibles a “n” tareas”, (5:232) el autor al referirse a indivisibles señala que ningún agente puede dividirse para realizar varias tareas.

La restricción para cada agente es que únicamente puede realizar una tarea, esto permite establecer que los problemas que se pretendan solucionar con este modelo se deberán de encontrar balanceados, es decir, la misma cantidad de - orígenes a la misma cantidad de destinos.

El planteamiento del modelo de asignación se representa en el cuadro 1, esquema básico de una matriz de efectividad.

Cuadro 1
PLANTEAMIENTO ESQUEMÁTICO DE LA MATRIZ DE EFECTIVIDAD
 (Ejemplo)

De \ A	D1	D2	D3	...	Dn
O1	X11	X12	X13	...	Xn
O2	x21	X22	X23	...	Xn
O3	X31	X32	X33	...	Xn
:	:	:	:	:	:
Om	Xm1	Xm2	Xm3	...	Xmn

Fuente: Quiñonez O. H y Marroquín A. O. Métodos Cuantitativos III. Pág. 178.

“En dónde:

O = Origen (cualquier agente como trabajadores, inversionistas u objetos como maquinaria).

D = Destino (cualquier actividad o proyecto como obras, trabajos, etc.)

X = Unidad de medida (costos, cantidades, ventas, tiempos, etc.)”. (14:178)

En dicho planteamiento se detalla un solo origen asociado a un solo destino, realizando la máxima asignación o la mínima inversión en cada uno.

1.8.1.1 Maximización

Esta función busca obtener la alternativa con la más alta ganancia posible en pro del beneficio de la empresa, como las siguientes variables: rendimientos, ingresos y ventas.

1.8.1.2 Minimización

Esta función busca obtener la alternativa mayor, resultado de las alternativas menores ya que desea establecer el criterio con la más baja pérdida posible. Enfocada a reducir todo lo que desfavorezca a la empresa como errores, tiempo y pérdidas.

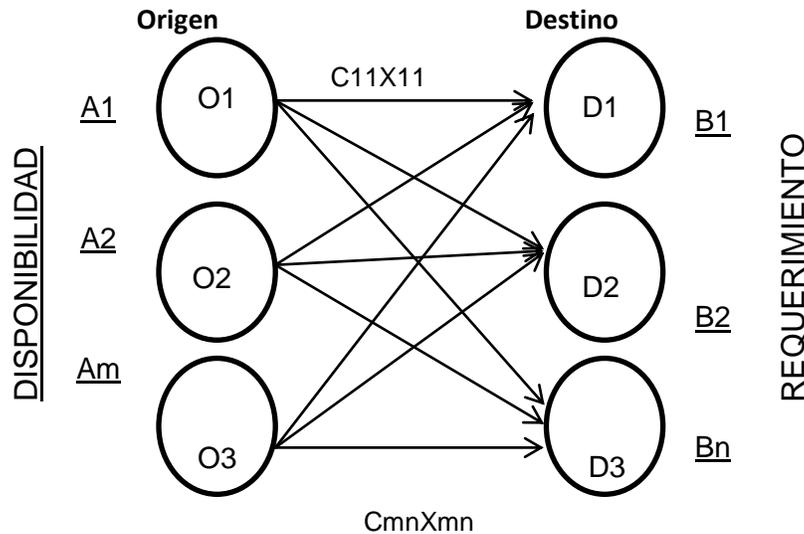
1.8.2 Modelo de transporte

“El modelo busca la minimización de costo de transportar una mercancía desde un número de fuentes a varios destinos”. (7:118)

En tal sentido, el modelo de transporte es un medio por el cual, el administrador debe determinar la mejor forma de hacer llegar los productos diversos, desde sus bodegas de distribución hacia los puntos de venta; o los distribuidores que conformen la cartera de clientes de la organización. Este modelo “supone que el costo de envío en una ruta determinada es directamente proporcional al número de unidades enviadas en esa ruta”. (4:165) En la figura 1 se encuentra representada la red del modelo de transporte:

Figura 1

RED DE PUNTOS DE ORIGEN A PUNTOS DE DESTINO



Fuente: Taha H.A. 1998. Investigación de Operaciones una Introducción. México. Prentice Hall. 916p. (6:165)

En dónde:

O_m = Origen (fuente)

D_n = Destino

C_{mn} = Costo de enviar una unidad desde el origen al destino

X_{mn} = Unidades a enviar desde el origen al destino

A_m = Disponibilidad (oferta) en unidades, del origen

B_n = Requerimiento (demanda) en unidades al destino

“El problema general está representado por la red de la figura 1. Hay m puntos de origen (fuentes) y n puntos de destino, cada uno representado por un nodo. Los arcos, representados en la figura con flechas, que unen los puntos de origen con los puntos de destino representan las rutas entre los puntos de origen y destino. El arco (m, n) que unen el punto de origen m con el punto de destino n , incluye dos fragmentos de información: (1) el costo de transporte por unidad,

C_{mn} , y (2) la cantidad enviada, X_{mn} . La cantidad de la oferta en el punto de origen m es a_m y la cantidad de la demanda en el punto de destino n es b_n .

El objetivo del modelo es determinar las X_{mn} desconocidas que minimizarán el costo total del transporte, mientras satisfacen todas las restricciones de la oferta y la demanda". (7:166)

1.8.2.1 Formas

Para efectos de planteamiento y de acuerdo con la oferta así como la demanda, el modelo de transporte puede clasificarse como:

1.8.2.1.1 Equilibrado

Se denomina equilibrado cuando la sumatoria de las cantidades disponibles en el origen (oferta), es igual a la sumatoria de las cantidades requeridas en el destino (demanda).

1.8.2.1.2 No equilibrado

El modelo es no equilibrado cuando la sumatoria de las cantidades disponibles en el origen (oferta), no es igual a la sumatoria de las cantidades requeridas en el destino (demanda); en dicho caso resulta "necesario crear un origen o destino ficticio"; (7:168) al ser realizada la creación de la fila o columna ficticia, dentro de ella será colocado en cada una de las miniceldas, donde se ubica el costo, el valor cero (0).

1.8.2.2 Función objetivo del modelo de transporte

Se basa en determinar la cantidad de bienes 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.

“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 transportes es:

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

En dónde:

- Z** Función objetivo
- Σ Sumatoria
- m** Fuente
- n** Destino
- C** Costo de transporte unitario
- i** Origen
- j** Destino
- X** Cantidad transportada”. (6:207)

1.8.2.3 Restricciones del modelo de transporte

La función objetivo del modelo de transporte está sujeta a las restricciones de origen y de destino, las cuales se pueden expresar de la siguiente forma:

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

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

El Grupo de restricciones anterior significa que la suma de los envíos desde un origen o fuente no puede ser superior a la capacidad de la fábrica o centro de distribución de donde se envían. El segundo grupo significa que todos los envíos llegados o transportados a un destino no pueden ser inferiores a sus necesidades". (6:206)

No siempre el modelo de transporte es equilibrado pero para ser aplicado debe equilibrarse, la oferta debe sumar lo mismo que la demanda, de no cumplir con dicho requisito, resulta necesario crear una columna o fila ficticia que permita equilibrar el modelo, ya sea en función de la oferta o de la demanda.

1.8.3 Matriz de origen y destino

Una matriz de origen y destino o matriz de transporte, se utiliza para la aplicación así como la resolución del modelo de transporte; esta formada por celdas, filas y columnas, 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 miniceldas ubicadas en el extremo derecho de cada celda, se coloca el costo de transporte por unidad del origen al destino. Y en las celdas punteadas está representado el origen o destino ficticio.

En el cuadro 2, se encuentra la representación gráfica de la matriz de transporte, elaborada conforme a lo descrito en el párrafo anterior.

Cuadro 2

REPRESENTACIÓN DE LA 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	$\sum O$ $\sum D$

Fuente: Quiñonez O. H y Marroquín A. O. Métodos Cuantitativos III. Pág. 161.

En dónde:

O = Origen

D = Destino

C = Costo de transporte unitario

X = Cantidad asignada de un origen a un destino

A = Disponibilidad en el origen

B = Requerimiento en el destino

1.8.3.1 Origen (O)

“Es el punto de partida que da inicio al recorrido de la distribución de cualquier mercancía o el espacio físico de donde se envían las unidades disponibles”.

(8:324)

1.8.3.2 Destino (D)

“Espacio físico en el cual se reciben las unidades requeridas”. (8:324)

1.8.3.3 Costo de transporte unitario (C)

Se refiere al costo total de traslado de mercadería desde los orígenes hacia sus destinos; desde un punto de vista general, se puede decir que el costo unitario “es el costo total de transporte que se incurre en trasladar un envío”. (8:325)

1.8.3.4 Oferta (A)

“Cantidad disponible de unidades en el origen”. (8:324) La oferta es el total de mercancías disponibles para poner a la venta de los distribuidores y minoristas.

1.8.3.5 Demanda (B)

Se refiere a la cantidad solicitada por el mercado a los productores o la demanda de mercadería por parte de los consumidores finales.

1.9 MÉTODOS DE SOLUCIÓN

El modelo de transporte puede ser resuelto mediante los siguientes métodos: esquina nor-oeste (ENO), mínimo costo (MC) y aproximaciones de vogel o de multas. Mediante la aplicación del método de evaluación de pasos secuenciales o multiplicadores se puede obtener la distribución óptima, basada en el resultado de menor costo, obtenido por medio de la aplicación de cualquiera de los tres métodos descritos.

1.9.1 Esquina nor-oeste (ENO)

Es un método de programación lineal de elaboración sencilla, rápida y práctica;

brinda resultados en menor tiempo, debido a que ofrece una solución básica factible inicial y es el menos probable de dar una solución inicial de bajo costo, debido a que ignora la magnitud del costo por asignación.

Su aplicación inicia con la asignación en la esquina nor-oeste de la tabla satisfaciendo el total de la demanda o de la oferta.

Este método de solución se realiza de la siguiente forma:

- a. Se asigna la cantidad máxima permitida por la oferta y la demanda a la variable ubicada en la esquina noroeste de la tabla, la columna satisfecha se tacha indicando que las variables restantes en la columna tachada es igual a cero (0).
- b. 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 y las demandas se satisfacen recorriendo de arriba hacia abajo.
- c. Si una columna y un renglón se satisfacen simultáneamente, únicamente una de estas se debe tachar; después de ajustar las cantidades de oferta y demanda para todas las filas y columnas no tachadas en la nueva columna.
- d. El procedimiento termina cuando todas las ofertas y todas las demandas sean iguales a cero; es decir todas las ofertas quedaron agotadas y todas las demandas quedaron satisfechas.
- e. Elaborar el programa de distribución.
- f. Presentación de respuesta.

1.9.2 Mínimo costo (MC)

A diferencia del método de esquina noroeste, el de mínimo costo está diseñado para obtener las rutas con costo más bajo. El procedimiento de este método es el siguiente:

- a. Elaborar la matriz de origen destino.
- b. Asignar tanto como sea posible a la variable con el costo unitario más pequeño (NO CERO) en la tabla, agotando la demanda o la oferta como fuere el caso.
- c. Si se suscitara un empate se rompe de forma arbitraria; debiendo tachar el renglón satisfecho.
- d. Se ajusta la oferta y la demanda para todos los elementos no tachados.
- e. Se repite el proceso asignando la mayor cantidad a la variable no tachada con el menor costo.
- f. El procedimiento finaliza hasta que todas las ofertas y todas las demandas sean igual a cero.
- g. Elaborar el programa de distribución.
- h. Presentación de la respuesta.

1.9.3 Método de aproximación de vogel o multas (MAV)

El MAV es un método de resolución del modelo de transporte, el cual tiene la capacidad de brindar mejores resultados, ya que requiere de la realización de más iteraciones matemáticas. “este método proporciona una mejor solución de inicio que los dos métodos anteriores por ser un método heurístico. En efecto el MAV proporciona una solución de inicio óptima o cercana a la óptima”. (7:124)

- a. Elaborar la matriz de origen destino.

- b. Evalué una penalización para cada columna, restando el elemento de costo más pequeño del siguiente elemento más pequeño, en la misma columna.
- c. Identifique la columna con la penalización mayor, rompiendo de forma arbitraria los empates.
- d. Asignar tanto como sea posible a la variable con el costo mínimo en el renglón o columna.
- e. Ajuste la oferta y la demanda; tache el renglón o la columna satisfecha. (si un renglón y una columna se satisfacen simultáneamente, únicamente uno de ellos se tacha y al renglón restante se le asigna una oferta o demanda con valor cero).
- f. Elaborar el programa de distribución.
- g. Presentación de la respuesta.

1.9.4 Método de evaluación

Utilizando el resultado de cualquiera de los métodos anteriores, se puede aplicar el método de evaluación de multiplicadores o pasos secuenciales para establecer el valor que define la solución óptima del problema. El proceso de elaboración se describe a continuación.

1.9.4.1 Pasos secuenciales

El método de los multiplicadores o de pasos secuenciales, es un método de solución óptima, utilizando como resultado de evaluación la solución original obtenida de la aplicación de cualquier método anterior.

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, resultado de operaciones algebraicas.

Si el costo resultado de las operaciones, 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:

- a. Cálculo de los costos marginales para todas las celdas vacías de la matriz, considerada matriz actual o matriz que proporciona un programa de distribución factible.
 - 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.
 - 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.
 - 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.

- b. Se debe realizar una redistribución tomando en cuenta lo siguiente:

- Detallar los costos marginales y establecer el de menor costo, reajustar las asignaciones en las celdas ocupadas involucradas en el ciclo.
 - 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.
 - Para establecer esta cantidad, se debe comparar las cantidades asignadas en las celdas con (-1) y la menor asignación es la cantidad adecuada.
 - Esta cantidad se debe sumar y restar como corresponda el signo en cada uno de los semáforos de la tabla de distribución.
- c. Repetir los pasos 1 y 2 hasta obtener costos marginales, positivos o ceros y así poder elaborar el programa óptimo de distribución.
- d. Elaborar el programa óptimo de distribución con el cual se minimiza el costo de distribución.

1.10 COSTO

El costo representa la suma de esfuerzos y recursos necesarios para la fabricación de bienes, con el fin de obtener utilidades; razón por la cual durante el desarrollo del método se analizarán y calcularán los costos que integran la distribución de productos. Y para efectos de comprensión, se detallan los siguientes tipos de costo:

1.10.1 Costo fijo

“Son aquellos costos que una empresa debe realizar de forma independiente del volumen de producción”. (1:63) Los costos fijos son responsabilidades que adquiere la empresa por actividades administrativas y de funcionamiento, y no en relación a la productividad. Dentro de los costos fijos se pueden mencionar: alquiler, sueldos, energía eléctrica, etc.

1.10.2 Costo variable

Son aquellos “costos que varían en relación directa con las ventas, son una función de volumen, no del tiempo”, (2:64) es decir, que se generan de forma directa con los niveles de producción, a más producción mayores serán los costos generados por la empresa; entre los cuales se pueden mencionar: materia prima, material de empaque, mantenimiento de maquinaria, entre otros.

1.10.3 Costo total

“Es el costo que comprende el costo fijo más el costo variable por el número de unidades producidas”. (1:64)

En tal sentido, comprende el total de costos generados por una empresa durante un periodo establecido.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE JUEGOS PIROTÉCNICOS

En este capítulo se describen aspectos generales de la empresa, con el fin de dar a conocer el giro comercial, la estructura organizacional y sus objetivos; de la misma forma se detalla la situación actual del programa de distribución y datos que permitirán realizar los cálculos iniciales que conforman el planteamiento del modelo de transportes, propuesta que se desarrolla en el Capítulo III.

2.1 METODOLOGÍA UTILIZADA

Este apartado expone los métodos a través de los cuales fue ejecutada la presente investigación científica, con la finalidad de conocer la problemática de la empresa y establecer una propuesta factible de solución.

2.1.1 Método científico

Para la presente investigación se aplicó en sus tres fases, de la siguiente forma:

2.1.1.1 Fase de indagación

Se obtuvo información teórica por medio del uso de fuentes secundarias como libros de texto, enfocados a temas matemáticos, costos y gastos; así mismo mediante la utilización de fuentes primarias (entrevista) se recabaron datos del programa de distribución de la empresa correspondiente a mayo de 2015, estructura organizacional y filosofía empresarial.

2.1.1.2 Fase demostrativa

Por medio de la aplicación de la técnica de observación directa, se dio seguimiento físico a las rutas de distribución desde su origen hacia su destino, con la finalidad de confrontar la situación actual con las hipótesis planteadas al inicio de la investigación.

2.1.1.3 Fase expositiva

Se presentan las conclusiones y recomendaciones resultado de la investigación.

2.1.2 Método deductivo

Empleado para la estructuración del Marco teórico, Capítulo 1, mediante el uso de las fuentes secundarias aplicando el análisis de conceptos y definiciones desde un enfoque general a lo particular.

2.1.3 Técnicas

La recolección de la información necesaria para el desarrollo y finalización de la investigación y propuesta requirió el uso de las siguientes técnicas e instrumentos.

2.1.3.1 Investigación documental

Aplicada para la obtención de información vía internet, consultas bibliográficas que brindó la teoría necesaria para la aplicación del modelo matemático así mismo se realizó consulta a registros internos de la empresa obtenidos mediante la entrevista dirigida.

2.1.3.2 Trabajo de campo

Enfocada en la recolección de información directa del fenómeno en estudio.

- Observación directa: realizada mediante el seguimiento físico a cada una de las rutas de distribución actual, con el fin de establecer los kilómetros recorridos, el tiempo entre cada origen y destino.
- Representación gráfica: presentación de los mapas satelitales obtenidos mediante la implementación del sistema de posicionamiento global (GPS), de las rutas de distribución que se brindan como propuesta (Anexo 5-8).
- Cuadro estadístico: por medio de los cual se clasificó y ordenaron los costos de distribución, costos fijos, variables y los precio de distribución por fardo de ametralladora.

2.1.4 Instrumentos

Recursos de los cuales se vale el investigador para obtener información.

- Formato de control de kilometraje: elaborado por el investigador (Anexo 1) con la finalidad de controlar la distancia de las rutas de distribución.
- Formato de consumo de combustible: elaborado por la investigadora para establecer el consumo de combustible por ruta (Anexo 2).
- Guía de entrevista dirigida: Realizada al personal de la empresa con el fin de obtener información contable y datos generales (Anexo 3).

2.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

Es una empresa pequeña de tipo artesanal, dedicada a la producción y distribución de Juegos pirotécnicos, cuenta como producto de mayor comercialización, el fardo de ametralladora tradicional de 1 metro, para el cual brinda el servicio de distribución.

2.2.1 Antecedentes

La empresa se dedica a la creación de juegos pirotécnicos, inició como un taller artesanal en el año de 1964, los coheteros son elaborados por artesanos guatemaltecos quienes los fabrican con dedicación y responsabilidad.

Para la elaboración de la pirotecnia se utilizan materias primas de alta calidad, con el fin de garantizar y satisfacer a los clientes. Se ofrecen una variedad de productos entre los cuales se encuentran los siguientes: ametralladoras tradicionales, volcancitos, bombas voladoras, luces artificiales, barcos, pinos, arbolitos, castillos y los tradicionales toritos.

En el año 1975 la fábrica abre su primera bodega de distribución en el municipio de San Raymundo, el cual se encuentra a 43 kilómetros de la Ciudad de Guatemala, dando así la oportunidad a los clientes de obtener con mayor facilidad los productos. Cinco años después, creo otra en la zona 7 de la ciudad capital, de acuerdo a la demanda de los clientes. Desde entonces la empresa ha innovado sus productos para poder satisfacer las demandas, gustos y preferencias.

La empresa mantiene un crecimiento constante, de tal manera que actualmente cuenta con cuatro bodegas y distribuye a cinco tiendas de comercialización que conforman su cartera de clientes; brinda servicio de distribución únicamente para la entrega de fardos de ametralladora de 1 metro (12 ametralladoras).

Sus bodegas de distribución y las tiendas de comercialización se encuentran ubicadas de la forma siguiente:

- **Bodegas:** San Raymundo 1, San Raymundo 2, Zona 7 municipio de Guatemala y zona 7 municipio de Mixco.
- **Tiendas de comercialización:** San Juan Sacatepéquez, Mercado de la presidenta zona 1, colonia La Florida zona 19 municipio de Guatemala, Calzada San Juan y Carretera al Salvador.

Generalidades del municipio

Por la ubicación geográfica de las bodegas principales, se presentan información que permitirá profundizar a cerca del contexto histórico del municipio de San Raymundo:

- **Historia:** “Se conoce como San Raymundo de las Casillas desde su fundación en 1636, se ubica a 43 kms. de la capital y ocupa 114 kilómetros cuadrados, se encuentra ubicado a 1570 metros sobre el nivel del mar, lo que le otorga un clima templado. El clima le permite poseer una flora de la cual se puede mencionar el pino, ciprés, encinos y cedros; así como una fauna distintiva de: venado, conejo, tacuacín, armadillo, comadreas, coyotes, ardillas y aves”. (10:s.p)
- **Ubicación geográfica:** “El municipio de San Raymundo limita al norte con Granados y El Chol -Baja Verapaz-, al este con Chuarrancho y Chinautla, departamento de Guatemala, al sur con San Pedro Sacatepéquez y al oeste con San Juan Sacatepéquez -Guatemala-”. (10:s.p)

- **Población:** “Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística -INE- cuenta con 32,841 habitantes. La población está distribuida en un 67.2% en el área rural, mientras que un 32.8% es urbana, con 51% de mujeres y el 49 % de hombres. (16:s.p)

2.2.2 Filosofía empresarial

Este apartado detalla la esencia de la empresa, con la finalidad de brindar un panorama claro de los cimientos sobre los cuales, realiza sus actividades productivas.

2.2.2.1 Misión

“Somos una empresa guatemalteca dedicada a la creación de juegos pirotécnicos, con materias primas de alta calidad para la seguridad de nuestros clientes, con el fin de contribuir a la diversión de nuestros clientes y las tradiciones de nuestro país”. (17:s.p.)

2.2.2.2 Visión

“Ser una empresa líder en la creación de la pirotecnia, ofreciendo productos de alta calidad y abarcar el mercado guatemalteco en su totalidad”. (17:s.p.)

2.2.2.3 Valores

“La empresa labora, bajo el cumplimiento de los siguientes valores:

- **Seguridad:** en la elaboración de nuestros productos, con procesos precisos de producción, que garantizan seguridad a nuestros clientes y medidas de protección a nuestros colaboradores.

- **Integridad:** en el uso de materia prima de calidad, para la elaboración de nuestros productos.
- **Innovación:** nos caracterizamos por la constante creación de diseños innovadores.
- **Compromiso:** con nuestros clientes, al innovar constantemente nuestros productos, manteniendo la calidad que nos caracteriza.
- **Honestidad:** con los colaboradores, clientes y la comunidad en la cual se desarrollado nuestra empresa”. (17:s.p.)

2.2.2.4 Objetivos

- “Lograr la satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes.
- Mantener el crecimiento constante de nuestra empresa, generando fuentes de trabajo y desarrollo a la comunidad”. (17:s.p.)

2.2.3 Actividad comercial

Dedicada a la producción y distribución de juegos pirotécnicos de diversos tamaños, diseños y precios, con amplia experiencia en dicha actividad. La empresa se ha dado a conocer en el mercado objetivo, por su capacidad de innovación así como por la calidad de sus productos.

La ametralladora tradicional de 1 metro es el producto de mayor comercialización, por lo que esta investigación se enfoca en el programa de distribución específico de este producto, la empresa elabora los fardos bajo pedido por lo que la oferta-demanda es equivalente.

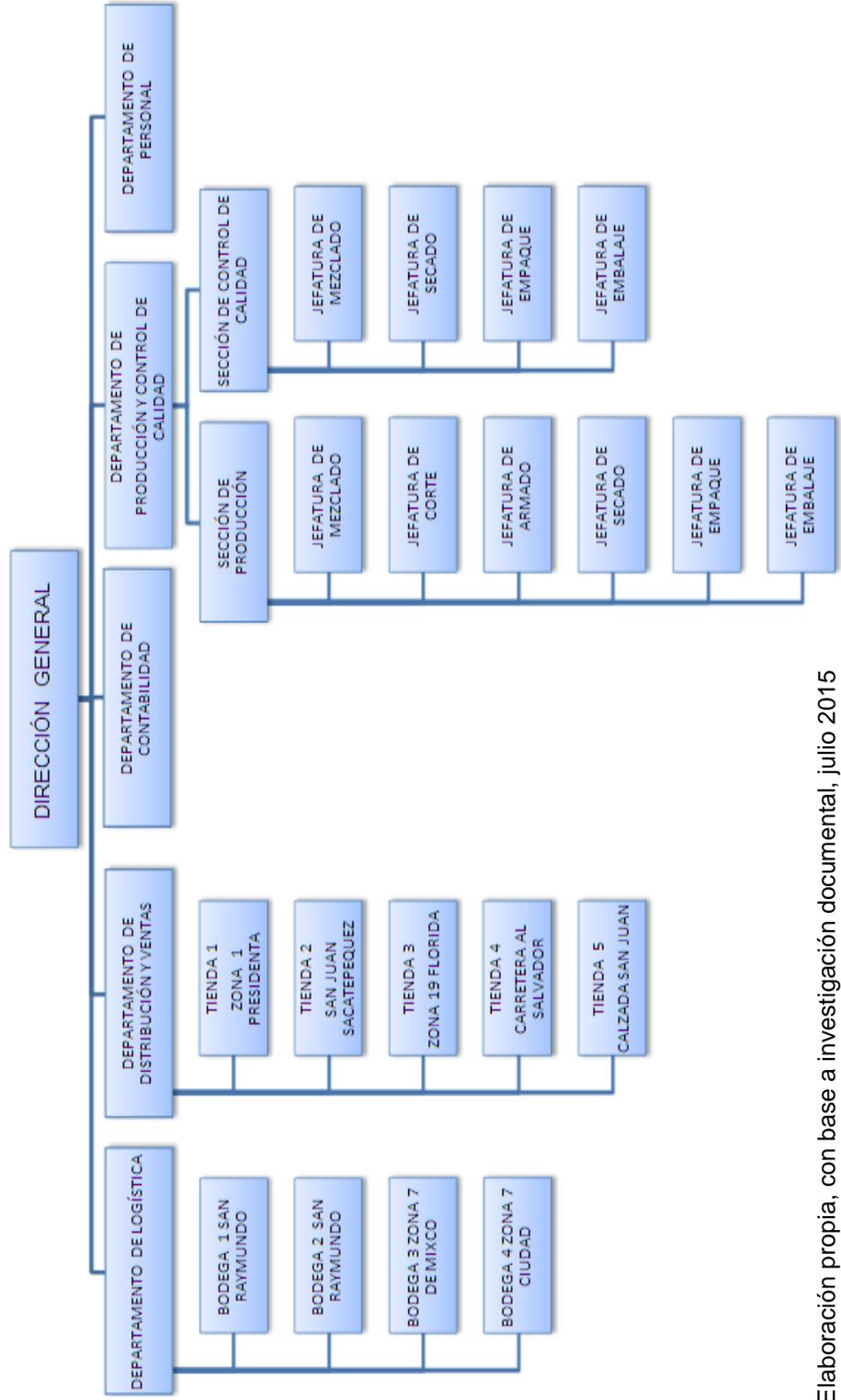
2.2.4 Estructura Organizacional

La empresa se encuentra integrada por trabajadores expertos en el área productiva, habitando la mayoría en el municipio de San Raymundo; y para su efectivo funcionamiento administrativo así como operativo, se encuentra estructurada de la siguiente forma:

- Dirección general: encargado del desarrollo del proceso administrativo en sus cinco etapas, así como la representación legal de la organización.
- Departamento de logística: departamento dedicado al control de inventarios, bodegas de producción, envío de pedidos, compras de materias primas y verificación de procesos productivos.
- Departamento de distribución y ventas: vela por el control de ventas y las tiendas de comercialización, índices de demandas, producción; tiene a su cargo la publicidad y promoción de los productos elaborados por la empresa.
- Departamento de contabilidad: elabora y controla los estados financieros, pagos a proveedores, pago de impuestos, elaboración de planillas, control de activos fijos.
- Departamento de producción y control de calidad: encargado de la optimización de la materia prima, control de producción por tipo de producto, así mismo controla la calidad de elaboración, uso de materia prima, procesos eficientes de producción.

- Departamento de personal: tiene a su cargo actividades como la capacitación, el reclutamiento asignación de colaboradores a cada área, control y supervisión de horarios.

Figura 2
Estructura organizacional
Organigrama estructural de la empresa



Fuente: Elaboración propia, con base a investigación documental, julio 2015

2.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS RUTAS DE DISTRIBUCIÓN

Por medio de la aplicación de la metodología de la Investigación, se obtuvieron datos que permitieron cumplir con los objetivos y establecer la veracidad de las hipótesis planteadas.

En este numeral, se presentan los costos en los que incurre la empresa con el programa actual de distribución por fardo de ametralladora y se detalla el procedimiento de cálculo correspondiente.

2.3.1 Determinación de datos generales

Se toman como datos principales, los recabados por medio del personal de la empresa, estableciendo que el costo fijo de entrega se encuentra integrado por los rubros siguientes:

- Sueldos de pilotos.
- Sueldos de Ayudantes.
- Mantenimiento de camión.
- Depreciación del vehículo.

Para efectos de cálculo se considera un mes comercial, el cual consta de 30 días y una jornada de 6 días en un horario de 9 horas laborales; la capacidad del vehículo de la empresa es de 288 fardos.

➤ Rutas de distribución

Es necesario establecer el total de rutas de distribución por el programa actual, que será la base para el cálculo total de los costos. Estas fueron establecidas de la siguiente forma:

Fórmula:

$$RD = O \times D$$

En dónde:

RD = Ruta de distribución

O = Origen

D = Destino

Aplicación:

$$RD = 4 \times 5 = 20 \text{ rutas}$$

El programa de distribución actual de la empresa se encuentra conformado por 20 rutas.

2.3.1.1 Determinación de los kilómetros recorridos

Mediante el seguimiento físico a cada una de las rutas de distribución que conforman el programa actual, y el uso del odómetro se estableció el kilometraje recorrido de origen a destino, tanto de ida como de regreso; tabulado con apoyo del Anexo 1 (Formato de control de Kilometraje).

La información recabada se expone en el cuadro 3:

Cuadro 3

Kilómetros recorridos por ruta
Distancia en kilómetros de origen a destino

No.	DESTINO ORIGEN	SAN JUAN SACATE- PEQUEZ	MERCAD O DE LA PRESI- DENTA	ZONA 19 FLORIDA	CARRETERA EL SALVADOR	CALZA- DA SAN JUAN	TOTAL
1	SAN RAYMUNDO B1	26	70	41	88	52	277
2	SAN RAYMUNDO B2	28	72	42	90	54	286
3	ZONA 7 DE MIXCO	36	26	8	40	12	122
4	ZONA 7 CIUDAD	40	14	13	32	10	109
TOTAL		130	182	104	250	128	794

Fuente: Elaboración propia con base a investigación de campo, mayo 2015.

El programa de distribución actual representa un recorrido por las 20 rutas equivalente a 794 kilómetros.

2.3.1.2 Determinación de entrega promedio de pedidos

Por medio del total de entregas realizadas por la empresa en una semana, se determinaran las entregas promedio por día, dicho dato servirá para el cálculo de los costos fijos. Los datos se exponen en el cuadro 4.

Cuadro 4
Entregas diarias

No.	Día	Entregas
1	Lunes	5
2	Martes	6
3	Miércoles	8
4	Jueves	8
5	Viernes	6
6	Sábado	3
TOTAL ENTREGAS SEMANAL		36

Fuente: elaboración propia con base a investigación de campo, mayo 2015.

Las entregas promedio se determinan de la siguiente forma:

Datos:

Días laborados: 6

Total de entregas semanal: 36 (cuadro 4)

Fórmula:

$$T E P = 36/6 = 6$$

Para efectos de comprensión se abrevia el total de entregas promedio en (TEP), y se determinó que se realizaron 6 entregas diarias promedio.

2.3.1.3 Determinación del tiempo de entrega

Es necesario establecer el tiempo promedio de entrega por ruta, por lo que se procede de la siguiente forma:

Datos:

Jornada Laboral = 9 Horas

TEP = 6

Fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Jornada laboral} / \text{TEP} &= \text{Tiempo promedio de entrega} \\ 9 / 6 &= 1.5 \text{ hrs} \end{aligned}$$

El tiempo estimado de entrega por cada ruta equivale a 1 hora y 30 minutos aproximado.

2.3.2 Determinación de los costos

Por medio de los datos brindados por la empresa, fue posible clasificar los costos necesarios para establecer la situación actual de la empresa.

2.3.2.1 Determinación de costos fijos

Con la información obtenida del área contable, se efectuó el prorrateo, diario y por hora laborada, de los costos fijos que representa la distribución actual de los fardos de ametralladora, detallados en la tabla 1.

Tabla 1

Prorrates de costos fijos

Distribución de fardos de ametralladora de 1 metro

Cifras en Quetzales (Q)

No.	CUENTA	COSTO MENSUAL	COSTO POR DÍA (30 DÍAS)	COSTO POR HORA (9 HORAS)
1	Sueldo de piloto	3,800.00	126.6667	14.0741
2	Sueldo de ayudantes	2,800.00	93.3333	10.3704
3	Depreciación	5,000.00	166.6667	18.5185
4	Mantenimiento de camión	5,000.00	166.6667	18.5185
	TOTAL	16,600.00	553.3333	61.4814

Fuente: Elaboración propia con información obtenida mediante investigación de campo.

Se establece que una hora de distribución representa para la empresa un costo fijo de Q. 61.48 quetzales aproximados.

2.3.2.1.1 Integración del costo fijo total

Para establecer los costos fijos totales por ruta y por el programa de distribución actual, se hará uso del costo de transporte por hora, el TEP, total de rutas y el tiempo promedio de entrega.

Datos:

Costo de transporte por hora = A
T E P = B
Tiempo promedio de entrega = 1.5 horas
Total Rutas = 20

Fórmula:

$$CF = A * B$$

$$CF = 61.4814 * 1.5 = 92.2221$$

$$CFT = 92.2221 * 20 = 1,844.442$$

El costo fijo total por ruta de distribución, en el tiempo promedio estimado es de Q. 92.2221, y el total de rutas equivale a Q. 1,844.442 aproximado.

2.3.2.2 Determinación de los costos variables

Los costos variables inherentes al programa de distribución, son los siguientes:

- Capacidad del vehículo es de 2 toneladas equivalentes a 288 fardos.
- Consumo de combustible Q. 1,500.00 semanal.
- Costo promedio de mantenimiento Q. 5,000.00 semanal.
- Kilómetros recorridos 794 por programa de distribución.

2.3.2.2.1 Cálculo del costo promedio de combustible por kilómetro recorrido

Para efectuar el cálculo del costo variable por ruta y programa de distribución, es necesario, establecer el costo promedio del combustible por el total de kilómetros que representa la distribución.

Fórmula:

Promedio de combustible x kms. recorrido = Consumo de combustible/ Kms. recorridos.

Promedio de combustible = $1,500 / 794 = 1.8892$
por kilometro recorrido

El costo promedio de combustible por kilómetro recorrido, es equivalente a Q 1.89 aproximados.

2.3.2.2.2 Cálculo del costo promedio de mantenimiento

Así mismo es necesario determinar el costo promedio de mantenimiento del camión por kilómetro recorrido. Para efectos de comprensión este costo se detallará como CPM; el total de kilómetros recorridos se estableció en el cuadro 3.

Fórmula:

$$\text{CPM} = 5,000.00 / 794 = 6.2972$$

El costo promedio de mantenimiento del camión por kilómetro recorrido equivale a Q 6.30 aproximados.

2.3.2.2.3 Cálculo del costo variable por ruta

Por medio de los datos obtenidos anteriormente, se procede al cálculo de los costos variables por ruta (ida y vuelta) y por el total del programa de distribución de la empresa, los cuales se integran en la tabla 2.

Tabla 2
DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS VARIABLES POR RUTA
 Situación actual
 Fardos de ametralladora de 1 metro
 Cifras en quetzales (Q)

No. Ruta	Recorrido		Km. Distancia (a)	Combustible promedio por KM. (b)	Consumo Variable de combustible (c)	Mantenimiento promedio por KM. (d)	Costo Variable de Mantenimiento por Ruta (e)	Total Costo Variable (f)
	De	A						
1	San Raymundo B1	San Juan Sacatepéquez	26	1.8892	49.1184	6.2972	163.7280	212.8463
2		Calzada San Juan	52	1.8892	98.2368	6.2972	327.4559	425.6927
3		Carretera al Salvador	88	1.8892	166.2469	6.2972	554.1562	720.4030
4		zona 1	70	1.8892	132.2418	6.2972	440.8060	573.0479
5		zona 19	41	1.8892	77.4559	6.2972	258.1864	335.6423
6	San Raymundo B2	San Juan Sacatepéquez	28	1.8892	52.8967	6.2972	176.3224	229.2191
7		Calzada San Juan	54	1.8892	102.0151	6.2972	340.0504	442.0655
8		Carretera al Salvador	90	1.8892	170.0252	6.2972	566.7506	736.7758
9		zona 1	72	1.8892	136.0202	6.2972	453.4005	589.4207
10		zona 19	42	1.8892	79.3451	6.2972	264.4836	343.8287
11	zona 7 de Mixco	San Juan Sacatepéquez	36	1.8892	68.0101	6.2972	226.7003	294.7103
12		Calzada San Juan	12	1.8892	22.6700	6.2972	75.5668	98.2368
13		Carretera al Salvador	40	1.8892	75.5668	6.2972	251.8892	327.4559
14		zona 1	26	1.8892	49.1184	6.2972	163.7280	212.8463
15		zona 19	8	1.8892	15.1134	6.2972	50.3778	65.4912
16	zona 7	San Juan Sacatepéquez	40	1.8892	75.5668	6.2972	251.8892	327.4559
17		Calzada San Juan	10	1.8892	18.8917	6.2972	62.9723	81.8640
18		Carretera al Salvador	32	1.8892	60.4534	6.2972	201.5113	261.9647
19		zona 1	14	1.8892	26.4484	6.2972	88.1612	114.6096
20		zona 19	13	1.8892	24.5592	6.2972	81.8640	106.4232

Σ
794
1,500.00
5,000.00
6,500.00

Fuente: elaboración propia, con base a datos obtenidos en la empresa, mayo 2015.

En la tabla 2 la columna (a), (b) y la (d) fueron determinadas previamente en los numerales 2.3.1.1, 2.3.2.2.1 y 2.3.2.2.2 respectivamente; los datos obtenidos en la columna (c), se determinó por medio de la multiplicación de la columna (a) por la columna (b); la columna (e) se estableció mediante la multiplicación de las columnas (a) por (d); la columna (f) se obtuvo de la suma de las columnas (c) y (e).

El programa de distribución actual representa para la empresa un costo fijo total de Q. 6,500.00.

2.3.3 Integración de los costos

La tabla 3 representa la integración de los costos, establecido tanto por ruta como por el total del programa de distribución actual. Los resultados se exponen de la siguiente forma:

Tabla 3
INTEGRACIÓN DE COSTOS
 Fardos de ametralladora de 1 metro
 Cifras en quetzales (Q)

No.	Recorrido		Costo Fijo (a)	Costo Variable (b)	Costo Total por Ruta (c)
	De	A			
1	San Raymundo B1	San Juan Sacatepéquez	92.2221	212.8463	305.0684
2		Calzada San Juan	92.2221	425.6927	517.9148
3		Carretera al Salvador	92.2221	720.4030	812.6251
4		zona 1	92.2221	573.0479	665.2700
5		zona 19	92.2221	335.6423	427.8644
6	San Raymundo B2	San Juan Sacatepéquez	92.2221	229.2191	321.4412
7		Calzada San Juan	92.2221	442.0655	534.2876
8		Carretera al Salvador	92.2221	736.7758	828.9979
9		zona 1	92.2221	589.4207	681.6428
10		zona 19	92.2221	343.8287	436.0508
11	zona 7 de Mixco	San Juan Sacatepéquez	92.2221	294.7103	386.9324
12		Calzada San Juan	92.2221	98.2368	190.4589
13		Carretera al Salvador	92.2221	327.4559	419.6780
14		zona 1	92.2221	212.8463	305.0684
15		zona 19	92.2221	65.4912	157.7133
16	zona 7	San Juan Sacatepéquez	92.2221	327.4559	419.6780
17		Calzada San Juan	92.2221	81.8640	174.0861
18		Carretera al Salvador	92.2221	261.9647	354.1868
19		zona 1	92.2221	114.6096	206.8317
20		zona 19	92.2221	106.4232	198.6453
Σ			1,844.44	6,500.00	8,344.44

Fuente: elaboración propia, con base a datos obtenidos en la empresa, mayo 2015.

La columna (a) fue determinada en el inciso 2.3.2.1.1, así mismo la columna (b) se determinó en la tabla 2, la integración de ambas columnas brindan el resultado obtenido en la columna (c), dicho dato se utilizó para el cálculo del costo unitario de distribución por ruta.

El programa actual de distribución representa un costo total de Q 8,344.44 aproximados.

2.3.4 Determinación de costos unitarios

Para establecer los costos unitarios por fardo de ametralladora, se utilizan los costos totales obtenidos en la tabla 3, el resultado obtenido será utilizado para la conformación de la matriz de origen y destino del modelo propuesto, los datos obtenidos se encuentran expresados en la tabla 4.

Tabla 4
COSTOS UNITARIOS

Fardos de ametralladora de 1 metro

Cifras en quetzales (Q)

No.	Recorrido		Costo Total por Ruta (a)	Capacidad Efectiva del Vehículo (b)	Costo por Fardo (c)
	De	A			
1	San Raymundo B1	San Juan Sacatepéquez	305.0684	288	1.059
2		Calzada San Juan	517.9148	288	1.798
3		Carretera al Salvador	812.6251	288	2.822
4		zona 1	665.2700	288	2.310
5		zona 19	427.8644	288	1.486
6	San Raymundo B2	San Juan Sacatepéquez	321.4412	288	1.116
7		Calzada San Juan	534.2876	288	1.855
8		Carretera al Salvador	828.9979	288	2.878
9		zona 1	681.6428	288	2.367
10		zona 19	436.0508	288	1.514
11	zona 7 de Mixco	San Juan Sacatepéquez	386.9324	288	1.344
12		Calzada San Juan	190.4589	288	0.661
13		Carretera al Salvador	419.6780	288	1.457
14		zona 1	305.0684	288	1.059
15		zona 19	157.7133	288	0.548
16	zona 7	San Juan Sacatepéquez	419.6780	288	1.457
17		Calzada San Juan	174.0861	288	0.604
18		Carretera al Salvador	354.1868	288	1.230
19		zona 1	206.8317	288	0.718
20		zona 19	198.6453	288	0.690

Σ 8,344.44

Fuente: elaboración propia, con base a datos obtenidos en la empresa, mayo 2015.

La columna (a) fue determinada en la tabla 3, con la finalidad de establecer el costo unitario por fardo de ametralladora es necesario conocer la capacidad del vehículo de la empresa, por lo tanto la columna (b) representa este dato en fardos de ametralladora; la columna (c) representa el valor unitario de transporte, obtenido mediante la división de la columna (a) partido la columna (b).

2.3.5 Distribución actual

La empresa trabaja bajo pedido por lo cual su oferta y demanda son equilibradas y representa 2,800 fardos de ametralladoras mensuales. La oferta de la empresa se encuentra integrada de la forma siguiente:

Cuadro 5

Oferta por origen

Fardos de ametralladora de 1 metro

No.	Origen	Oferta Promedio Total Mensual	Oferta Promedio Total Semanal
1	San Raymundo B1	1000	250
2	San Raymundo B2	800	200
3	Zona 7 de Mixco	600	150
4	Zona 7 ciudad	400	100
TOTAL		2,800	700

Fuente: elaboración propia, con base a datos obtenidos en la empresa, mayo 2015.

De la misma forma la demanda, se encuentra integrada de la siguiente manera:

Cuadro 6

Demanda por destino

Fardos de ametralladora de 1 metro

No .	Destino	Demanda Promedio Total Mensual	Demanda Promedio Total Semanal
1	San Juan Sacatepéquez	800	200
2	Calzada San Juan	600	150
3	Carretera al Salvador	500	125
4	Zona 1	500	125
5	Zona 19	400	100
TOTAL		2,800	700

Fuente: elaboración propia, con base a datos obtenidos en la empresa, mayo 2015.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE JUEGOS PIROTÉCNICOS UBICADA EN EL MUNICIPIO DE SAN RAYMUNDO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

3.1 APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE

En el presente capítulo se desarrolla la propuesta de solución, por medio de la aplicación del modelo matemático de transporte.

3.1.1 Planteamiento de la función objetivo

Para este caso la función objetivo, se enfoca de la siguiente forma:

Objetivo: Minimizar costos.

Producto: Transporte de fardos de ametralladoras (12 unidades).

3.1.2 Planteamiento de las restricciones

Son los parámetros que limitan los orígenes y los destinos, así como su respectiva oferta y demanda, mismos que quedan planteados de la siguiente forma:

➤ **Bodegas u orígenes:**

No.	Origen	Disponibilidad semanal
1	San Raymundo B1	250
2	San Raymundo B2	200
3	Zona 7 de Mixco	150
4	Zona 7 ciudad	100
TOTAL		<u>700</u>

➤ **Tiendas o destinos:**

No.	Destino	Requerimiento Semanal
1	San Juan Sacatepéquez	200
2	Calzada San Juan	150
3	Carretera al Salvador	125
4	Zona 1	125
5	Zona 19	100
TOTAL		<u>700</u>

3.1.3 Construcción de la matriz inicial

Para el desarrollo del modelo matemático, es necesario esquematizar los datos correspondientes a las restricciones del planteamiento, la oferta y demanda, del mismo modo se colocan en las miniceldas ubicados en la parte superior derecha de cada celda los costos unitarios por fardo (ver tabla 4), por cada una de las rutas de distribución. La matriz de origen y destino queda integrada del modo siguiente:

Cuadro 7

Matriz de origen y destino

Modelo de transportes

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	2.3100	1.486	2.8216	1.7983	250
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.514	2.8785	1.8552	200
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.548	1.4572	0.6613	150
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

Fuente: Elaboración propia con base a investigación de campo, mayo 2015.

3.2 SOLUCIÓN MODELO DE TRANSPORTE

La aplicación del modelo de transporte, pretende establecer la distribución óptima de solución que le permita a la empresa, minimizar sus costos, mejorar el abastecimiento y el tiempo de entrega en las tiendas de comercialización.

Para ello se hace uso de los siguientes métodos de solución factibles, con los cuales se pretende establecer las rutas de distribución que representen un costo menor.

Para efectos de comprensión, las celdas serán nombradas con la literal (a), seguida por el correlativo correspondiente al número de fila y número de columna. Ejemplo **a11**, se entenderá que se trata de la celda ubicada en la primera columna y primera fila.

3.2.1 Desarrollo del método esquina nor-oeste

Este método como su nombre lo indica inicia asignando la cantidad máxima permitida por la oferta y la demanda, a la variable ubicada en la esquina nor-oeste de la tabla, la columna satisfecha se tacha indicando que las variables restantes en la columna tachada son igual a cero (0).

En este caso se inicia asignando 200 fardos a la celda a11, misma que satisface el total de la demanda, en cuanto a la oferta aun quedan 50 fardos disponibles mismos que se asignan en la celda a12, lo que permite agotar la oferta, y la siguiente asignación se continúa en la celda inferior, hasta obtener un programa de solución factible.

De \ A	San Juan Sacatepéquez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	2.3100	1.4856	2.8216	1.7983	250
	200	50	-	-	-	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	-	100	100	-	-	
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	0.6613	150
	-	-	25	125	-	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
	-	-	-	-	100	
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

Determinación del costo de distribución, obtenido de la aplicación del método esquina nor-oeste.

ORIGEN	DESTINO	UNIDADES	COSTO UNITARIO (Q)	COSTO TOTAL (Q)
San Raymundo B1	San Juan Sacatepéquez	200	1.9305	386.10
San Raymundo B1	Mercado de la presidenta	50	2.3100	115.50
San Raymundo B2	Mercado de la Presidenta	100	2.3668	236.68
San Raymundo B2	Zona 19 la Florida	100	1.5141	151.41
Zona 7 de Mixco	Zona 19 la Florida	25	0.5476	13.69
Zona 7 de Mixco	Carretera al Salvador	125	1.4572	182.15
Zona 7	Calzada San Juan	100	0.6045	60.45
Σ		700		Q1,145.98

Este método establece una distribución con costo semanal de Q. 1,145.98.

3.2.2 Desarrollo del método mínimo costo

Este método se apega de mejor forma a la realidad ya que se realizan las asignaciones tomando en cuenta los costos de distribución, por lo cual se inicia asignando tanto como sea posible en la celda con menor costo, ya sea agotando la oferta o satisfaciendo la demanda.

En este caso se inicia asignando en la celda a32, que posee el menor costo, se asignan 125 fardos que agotan la oferta; se continúa con la siguiente celda de menor costo, hasta obtener el programa óptimo de distribución.

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305 -	5 2.3100 125	1.4856 -	6 2.8216 125	1.7983 -	250
San Raymundo B2	4 1.1161 200	2.3668 -	1.5141 -	2.8785 -	1.8552 -	200
Zona 7 de Mixco	1.3435 -	3 1.0593 25	1 0.5476 125	1.4572 -	0.6613 -	150
Zona 7 ciudad	1.4572 -	0.7182 -	0.6897 -	1.2298 -	2 0.6045 100	100
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

Por medio de la aplicación de este método, se obtuvieron los siguientes costos:

ORIGEN	DESTINO	UNIDADES	COSTO UNITARIO (Q)	COSTO TOTAL (Q)
San Raymundo B1	Mercado de la Presidenta	125	2.3100	288.75
San Raymundo B1	Carretera al Salvador	125	2.8216	352.70
San Raymundo B2	San Juan Sacatepéquez	200	1.1161	223.22
Zona 7 de Mixco	Mercado de la Presidenta	25	1.0593	26.48
Zona 7 de Mixco	Zona 19 Florida	125	0.5476	68.45
Zona 7 ciudad	Calzada San Juan	100	0.6045	60.45
Σ		700		Q1,020.05

El método de mínimo costo, brinda una distribución con un costo de Q. 1,020.05.

3.2.3 Desarrollo del método aproximación de vogel

La aplicación de este método es más compleja en comparación con los anteriores, pero tiende a brindar un resultado óptimo o muy cercano al óptimo.

Se inicia mediante el cálculo de las multas o penalizaciones, se determinan por medio de la resta del elemento de costo menor, del siguiente elemento de costo menor de la misma columna; realizando tanto en filas como en columnas y para la totalidad de celdas.

Posteriormente se identifica la columna o fila con la penalización mayor, rompiendo los empates de forma arbitraria; se debe asignar la mayor cantidad de productos a la variable con el costo mínimo, en la fila o columna correspondiente. El desarrollo del método queda de la siguiente forma:

Este método nos brinda, el resultado siguiente:

No.	Origen	Destino	Unidades	Costo Unitario (Q)	Costo (Q)
1	San Raymundo B1	Mercado de la Presidenta	25	2.31	57.75
2	San Raymundo B1	Zona 19 Florida	125	1.4856	185.70
3	San Raymundo B1	Calzada San Juan	100	1.7983	179.83
4	San Raymundo B2	San Juan Sacatepéquez	200	1.1161	223.22
5	Zona 7 de Mixco	Mercado de la presidenta	25	1.0593	26.48
6	Zona 7 de Mixco	Carretera al Salvador	125	1.4572	182.15
7	Zona 7 ciudad	Mercado de la Presidenta	100	0.7182	71.82
Σ			<u>700</u>		<u>926.95</u>

El método de Vogel, brinda un costo de distribución de Q. 926.95 semanales.

3.3 COMPARACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES DE DISTRIBUCIÓN

Como resultado de la aplicación de los tres métodos expuestos se comparan los costos que representan los programas de distribución, obtenidos por medio de los métodos del ENO, MC y MAV.

SOLUCIÓN DE MODELOS			
1	Esquina Noroeste	Q	1,145.98
2	Mínimo Costo	Q	1,020.05
3	Vogel o Multas	Q	926.25

El MAV representa el menor costo de distribución con valor de Q. 926.25.

3.4 DESARROLLO DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE PASOS SECUENCIALES

El método de pasos secuenciales busca determinar el programa óptimo de distribución, por medio del resultado obtenido en cualquiera de los tres métodos anteriores. Para esta aplicación se utilizará la distribución obtenida por el método de Vogel o multas, mismo que presenta el menor costo de distribución.

Por lo que se utilizará la matriz de origen y destino obtenida de la aplicación de dicho método, siendo la siguiente:

DE \ A	San Juan Sacatepéquez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.659	2.0646 150	1.5142	2.8814	1.0739 100	250
San Raymundo B2	1.6648 200	2.0761	1.5489	2.9104	1.1144	200
Zona 7 de Mixco	1.3751	0.9927	0.5524 125	1.0565 25	0.6277	150
Zona 7 ciudad	1.3693	0.7262	0.6162	0.7552 100	0.5524	100
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

Se procede a determinar, si el número de asignaciones sea mayor o igual al número de filas, más el número de columnas, menos uno. De la siguiente forma:

$$\text{No. asignaciones} \geq \text{No. Filas} + \text{No. de columnas} - 1$$

$$7 \geq (4+5) - 1$$

7 ≥ 9-1

7 ≠ 8

Derivado que no se cumple con lo requerido se procede a colocar en cualquier celda que no tenga asignación, el valor cero (0), con la finalidad de cumplir con lo requerido; en este caso se realizó en las celdas a42.

Quedando la matriz inicial de la siguiente forma:

De \ A	San Juan Sacatepéquez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.659	2.0646 150	1.5142	2.8814	1.0739 100	250
San Raymundo B2	1.6648 200	2.0761	1.5489 0	2.9104	1.1144	200
Zona 7 de Mixco	1.3751	0.9927	0.5524 125	1.0565 25	0.6277	150
Zona 7 ciudad	1.3693	0.7262 0	0.6162	0.7552 100	0.5524	100
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

En virtud que la sentencia necesaria se cumple, se procede al cálculo de los costos marginales detallados en el anexo 4 de este documento.

Se establece que el resultado obtenido de la aplicación del método MAV presenta la distribución óptima ya que los costos marginales resultado de la aplicación del método de pasos secuenciales son positivos, lo que se puede observar en el siguiente cuadro:

No.	Celda	Fórmula	Costo Marginal
1	a11	$1.9305-1.7983+0.6613-1.0593+2.3100$	2.0442
2	a14	$2.8216-1.7983+0.6613-1.4572$	0.2274
3	a22	$2.3668-2.3100+1.7983-0.6613+1.0593$	2.2531
4	a23	$1.5141-1.485+2.3100-1.0593+0.6613-1.7983$	0.1422
5	a24	$2.8785-1.4572+1.0593-2.3100+1.7983-0.6613$	1.3076
6	a25	$1.8552-0.6613+1.0593-2.3100+1.7983$	1.7415
7	a31	$1.3435-0.6613+1.7983-2.3100+1.0593$	1.2298
8	a33	$0.5476-0.6613+1.7983-1.4856$	0.199
9	a41	$1.4572-0.7182+1.0593-0.6613+1.7983-2.3100$	0.6253
10	a43	$0.6897-1.4856+2.3100-0.7182$	0.7959
11	a44	$1.2298-0.7182+1.0593-1.4572$	0.1137
12	a45	$0.6045-0.6613+1.0593-0.7182$	0.2843

Por lo tanto el modelo evaluado brinda el resultado óptimo o el más cercano al óptimo.

3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO CON RESPECTO A LOS COSTOS DE TRANSPORTE

Con base a los resultados obtenidos de la aplicación de los tres métodos de solución, del modelo de transporte, se realiza el siguiente análisis comparativo en función de la distribución de fardos de ametralladora de 1 metro, que efectúa la empresa actualmente y la distribución obtenida del modelo matemático propuesto, mismo que se detalla en el cuadro 8.

Cuadro 8

Comparación de la distribución actual y
el modelo propuesto
Costo en Quetzales

No.	Recorrido		Distribución actual			Distribución propuesta		
	Origen	Destino	Unidad	Costo	Tiempo	Unidad	Costo	Tiempo
1	San Raymundo B1	San Juan Sacatepéquez	50	79.44	60			
2		Calzada San Juan	30	80.92	112	100	179.83	112
3		Carretera al Salvador	80	141.08	140			
4		zona 1	45	92.40	152	25	57.75	152
5		zona 19	50	44.57	50	125	185.7	
6	San Raymundo B2	San Juan Sacatepéquez	40	83.71	70	200	223.22	70
7		Calzada San Juan	30	92.76	140			
8		Carretera al Salvador	25	172.71	180			
9		zona 1	75	130.17	160			
10		zona 19	30	52.99	60			
11	zona 7 de Mixco	San Juan Sacatepéquez	70	33.59	40			
12		Calzada San Juan	25	23.15	30			
13		Carretera al Salvador	15	14.57	180	125	182.15	180
14		zona 1	15	21.19	80	25	26.48	80
15		zona 19	25	8.21	30			
16	zona 7	San Juan Sacatepéquez	40	36.43	120			
17		Calzada San Juan	15	12.09	30			
18		Carretera al Salvador	5	6.15	190			
19		zona 1	15	7.18	60	100	71.82	60
20		zona 19	20	13.79	50			
Σ			700	Q1,147.11	1934	700	Q926.95	654

Fuente: Elaboración propia con base a investigación de campo, mayo 2015.

Se observa que la distribución actual representa para la empresa un costo de Q. 1,147.11 por semana laboral representando un tiempo estimado de 32 horas 14 minutos (1934 minutos), mientras la distribución propuesta representaría para

la empresa un costo de Q926.95 realizado en 10 horas y 54 minutos, evidenciando la optimización tanto de los costos como del tiempo de distribución.

De la misma forma se realiza una proyección semanal, mensual y anual de los costos del programa de distribución actual en relación a la aplicación de un modelo matemático, reflejando la diferencia significativa obtenida.

No.	CONCEPTO	SEMANAL	MENSUAL	ANUAL
1	Sin el modelo de transporte	Q 1,147.11	Q 4,588.44	Q 55,061.28
2	Con el modelo de transporte	Q 926.25	Q 3,705.00	Q 44,460.00
3	Diferencia significativa	Q 220.86	Q 883.44	Q 10,601.28

La empresa productora y distribuidora de juegos pirotécnicos, cuenta actualmente con un programa de distribución, que representa un costo de Q. 4,588.44 mensuales, y derivado de la problemática actual, se brinda una propuesta factible de solución por medio de la aplicación de un modelo matemático de transporte que brinde un programa óptimo de distribución, que permita mantener sus precios de mercado y reducir sus costos de distribución.

Así mismo mediante la aplicación de este modelo, la empresa obtendría una disminución en el costo de distribución de Q. 883.44 quetzales mensuales.

3.6 BENEFICIO DE IMPLEMENTAR EL MODELO PROPUESTO

La implementación de un programa de distribución de fardos de ametralladora estructurado con base a un modelo matemático, brinda a la empresa productora y distribuidora de juegos pirotécnicos la posibilidad de reducir sus costos,

optimizar los tiempos de entrega y redistribuir sus rutas en función de garantizar un servicio de distribución en tiempo razonable.

La aplicación del programa de distribución óptimo elaborado por medio del uso del MAV genera la disminución proyectada en los costos de entrega de pedidos equivalentes a Q. 220.86 semanales, al finalizar el primer año de aplicación la empresa logrará un ahorro de Q.10,601.28, no obstante la diferencia significativa monetaria esta propuesta brinda a la empresa un margen aceptable de los costos de distribución que le permiten mantener sus precios de comercialización y seguir siendo competitiva.

El presente documento será entregado a la unidad de análisis con la finalidad de dar a conocer la metodología utilizada y el desarrollo del modelo, con la intención que el nivel estratégico de la misma puede capacitar al personal encargado de la distribución y generar dentro de la empresa la habilidad de implementar modelos matemáticos como herramientas administrativas que le permitan optimizar sus servicios en relación a costo y tiempo.

CONCLUSIONES

1. El programa de distribución actual de la empresa carece de la aplicación de herramientas administrativas de organización y control, que optimicen los costos y el tiempo de entrega de fardos de ametralladora; lo que provoca la disminución de utilidades y limita la competitividad al incrementar sus precios de comercialización.
2. La empresa cuenta con un programa de distribución deficiente que incrementa sus costos y tiempos de entrega, provocado por la falta de aplicación de un modelo matemático que le permita redistribuir sus rutas, satisfacer a sus clientes con los tiempos de entrega y minimizar sus costos.
3. Las deficiencias administrativas de la empresa con relación a rutas de distribución y costos de entrega genera el descenso de la demanda por la insatisfacción de los clientes, la correcta aplicación de técnicas que controla la propuesta le brindará a la empresa la capacidad de administrar su programa de distribución actual y mantener e incrementar sus beneficios en el futuro.

RECOMENDACIONES

1. La empresa productora y distribuidora de juegos pirotécnicos, puede crear e implementar procedimientos administrativos, que le permitan mantener control de las rutas de distribución, de costos, manteniendo un monitoreo constante de los tiempos, la oferta y la demanda.
2. Capacitar al personal de logística, contabilidad, así como de distribución y ventas acerca de la implementación de los controles administrativos del modelo matemático de transporte; brindando a la empresa la habilidad de controlar su sistema de distribución y mantener sus costos minimizados.
4. La aplicación del modelo de transporte propuesto permitirá a la empresa obtener una disminución del costo de distribución hasta Q10,464.00 anuales, y un tiempo menor de entrega por medio de la redistribución de las rutas de entrega.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acuerdo Gubernativo 211-2015. Presidencia de la Republica. GT. 2015
2. Casia M. Guía para la preparación y evaluación de proyectos con un enfoque administrativo. Guatemala. Editorial Corporación JASD. 132 páginas.
3. Chapra S. y Canale R. 2015. Métodos Numéricos para Ingenieros. 7ma. edición. México. McGraw Hill. 730 páginas.
4. Directorio Electrónico de Guatemala. deGuate: Historia municipio de San Raymundo. (en línea) Guatemala. Consultado 15 de agosto de 2015.
Disponible en:
http://www.deguate.com/municipios/pages/guatemala/sanraymundo/historia.php#.Vfjj79J_Oko
5. Eppen. G.D. 2000. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. 5ta. Edición. Naucalpan de Juárez. Edo. de México. Prentice-Hall. 792 páginas.
6. González A. 2003. Manual Practico de Investigación de Operaciones 3era. Edición. Colombia. Uninorte. 322 páginas.
7. Handy A. Taha. 2004. Investigación de operaciones una introducción. 7ma. Edición. CD. México. Editorial Pearson. 709 páginas.
8. Hillier F. y Lieberman G. 2006. Introducción a la investigación de operaciones. 8va. Edición. México. McGraw-Hill. Interamericana editores. S.A. de CV. 1064 páginas.

9. _____. 1989. _____. 2da. Edición. México. McGraw-Hill. Interamericana editores. S.A. de CV. 906 páginas.
10. Instituto de Estudios y Capacitación Cívica (COMODES). 2001, 3ra. Edición. Diccionario Municipal de Guatemala. Guatemala. s.p.
11. Martínez A. y Lemus J. 2009. Estallan desde la colonia. Revista D No. 285: s.p.
12. Monks J. G. 1991. Administración de operaciones. s.f. 1ra. Edición. México. McGraw-Hill. 412 páginas.
13. Moskowitz. Herbert. Gordon. s.f. Investigación de Operaciones. 1ra. Edición. México. Prentice Hall. 338 páginas.
14. Quiñonez O. y Marroquín A. s.f. Métodos Cuantitativos III. Guatemala. 249 páginas.
15. Ríos S. 1995. Modelación. España. Alianza Universidad. 330 páginas
16. SEGEPLAN (s.f): Población San Raymundo. (en línea). Guatemala. consultado 18 de Julio 2015. Disponible en: [http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM\\$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=POBLACION_PDF_111](http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pID=POBLACION_PDF_111)
17. Xiquin F. Representante Empresas Productora y Distribuidora de Juegos Pirotécnicos. Mayo 2015.

ANEXO

ANEXO 1

FORMATO DE CONTROL DE KILOMETRAJE

**EMPRESA PRODUCTORA Y
DISTRIBUIDORA DE JUEGOS
PIROTÉCNICOS**

San Raymundo, Guatemala.

Forma No. _____

DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN

FORMATO DE CONTROL DE KILOMETRAJE

Fecha: _____

Orden de salida No.

Nombre del piloto: _____

DATOS DEL VEHÍCULO

No. Placa: _____

Capacidad: _____

DATOS DEL ENVIO

Producto: _____

Cantidad:

Requisición No. _____

ORIGEN

DESTINO

Bodega _____

Sucursal _____

Kilometraje inicial:

Kilometraje llegada:

Kilometraje Final:

Kms. recorridos total:

Hora de salida:

Hora de ingreso:

FIRMA ENCARGADO DE DISTRIBUCIÓN

FIRMA DEL PILOTO

ANEXO 2

FORMATO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE JUEGOS PIROTÉCNICOS	
San Raymundo, Guatemala.	
	Forma No. <input type="text"/>
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD	
<u>FORMATO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE</u>	
Fecha: _____	Formato control de Kilometraje No: <input type="text"/>
Nombre del piloto: _____	
<u>DATOS DEL VEHÍCULO</u>	<u>DATOS DEL ENVIO</u>
No. Placa: _____	Requisición No. _____
<u>ORIGEN</u>	<u>DESTINO</u>
Bodega _____	Sucursal _____
Kilometraje inicial: <input type="text"/>	Kilometraje Final: <input type="text"/>
Combustible asignado: <input type="text"/> Q.	Factura No. _____
_____ FIRMA ENCARGADO DE COMBUSTIBLE	_____ FIRMA DEL PILOTO

ANEXO 3
GUÍA DE ENTREVISTA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela de Administración de Empresas



Dirigida a: Personal de empresa productora y distribuidora de juegos pirotécnicos.

Objetivo: Obtener información contable y operativa, para la realización de la investigación documental y de campo, enfocada al programa de distribución de fardos de ametralladoras, desde los orígenes hacia los destinos.

GUÍA DE ENTREVISTA

La información solicitada a continuación, se realiza con fines de investigación.

1. ¿Cuál es la jornada laboral de la empresa y qué días de la semana tiene actividad?
2. ¿Qué producto distribuye directamente a las sucursales?
3. ¿La ametralladora bajo que unidad de medida se comercializa?
4. ¿Cuántas bodegas de distribución posee la empresa y cuál es su ubicación?
5. ¿A cuántas sucursales distribuye la empresa y dónde se ubican?
6. Podría indicar la demanda y la oferta mensual de las bodegas, como las sucursales respectivamente:
7. ¿Cómo se integran los costos de distribución?
8. ¿Cuántas entregas se realizan al día?
9. ¿Qué capacidad posee el vehículo de distribución?
10. Podría brindar información general de la empresa como la filosofía empresarial, antecedentes históricos, etc.

ANEXO 4

Cálculo de los costos marginales

Método de evaluación de pasos secuenciales

- Costo marginal de la celda a11

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	2.3100	1.4856	2.8216	1.7983	250
	Inicio	25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a_{11}: 1.9305 - 1.7983 + 0.6613 - 1.0593 + 2.3100 = 2.0442$$

- Costo marginal de la celda a14

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	2.3100	1.4856	2.8216	1.7983	250
		25	125	inicio	100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a_{14}: 2.8216 - 1.7983 + 0.6613 - 1.4572 = 0.2274$$

➤ Costo marginal de la celda a22:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	-	1.4856	2.8216	1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200	Inicio				
Zona 7 de Mixco	1.3435	1	0.5476	1.4572	-	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572		0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a_{22}: 2.3668 - 2.3100 + 1.7983 - 0.6613 + 1.0593 = 2.2531$$

➤ Costo marginal de la celda a23:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA	
San Raymundo B1	1.9305	1	-	1.4856	2.8216	1.7983	250
		25	125			100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552		200
	200	Inicio					
Zona 7 de Mixco	1.3435	-	0.5476	1.4572	1	0.6613	150
		25		125		0	
Zona 7 ciudad	1.4572		0.6897	1.2298	0.6045		100
		100					
DEMANDA	200	150	125	125	100	700	

$$a_{23}: 1.5141 - 1.485 + 2.3100 - 1.0593 + 0.6613 - 1.7983 = 0.1422$$

➤ Costo marginal de la celda a24:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	- 1 2.3100	1.4856	2.8216	1 1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200			Inicio		
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	- 0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a24: 2.8785 - 1.4572 + 1.0593 - 2.3100 + 1.7983 - 0.6613 = 1.3076$$

➤ Costo marginal de la celda a25:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	- 1 2.3100	1.4856	2.8216	1 1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200				Inicio	
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	- 0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a25: 1.8552 - 0.6613 + 1.0593 - 2.3100 + 1.7983 = 1.7415$$

➤ Costo marginal de la celda a31:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	1 2.3100	1.4856	2.8216	1 1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1 1.0593	0.5476	1.4572	1 0.6613	150
	Inicio	25	125		0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a31: 1.3435 - 0.6613 + 1.7983 - 2.3100 + 1.0593 = 1.2298$$

➤ Costo marginal de la celda a33:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	2.3100	1.4856	2.8216	1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	0.6613	150
		25	Inicio	125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a33: 0.5476 - 0.6613 + 1.7983 - 1.4856 = 0.199$$

➤ Costo marginal de la celda a41:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	- 1 2.3100	1.4856	2.8216	1 1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1 1.0593	0.5476	1.4572	- 1 0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1 1.4572	- 1 0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
	Inicio	100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a41: 1.4572 - 0.7182 + 1.0593 - 0.6613 + 1.7983 - 2.3100 + 1.0593 = 0.6253$$

➤ Costo marginal de la celda a43:

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	1 2.3100	1 1.4856	2.8216	1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	1 0.6897	1.2298	0.6045	100
		100	Inicio			
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

$$a43: 0.6897 - 1.4856 + 2.3100 - 0.7182 = 0.7959$$

➤ Costo marginal de la celda a44

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	2.3100	1.4856	2.8216	1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

a44: $1.2298 - 0.7182 + 1.0593 - 1.4572 = 0.1137$

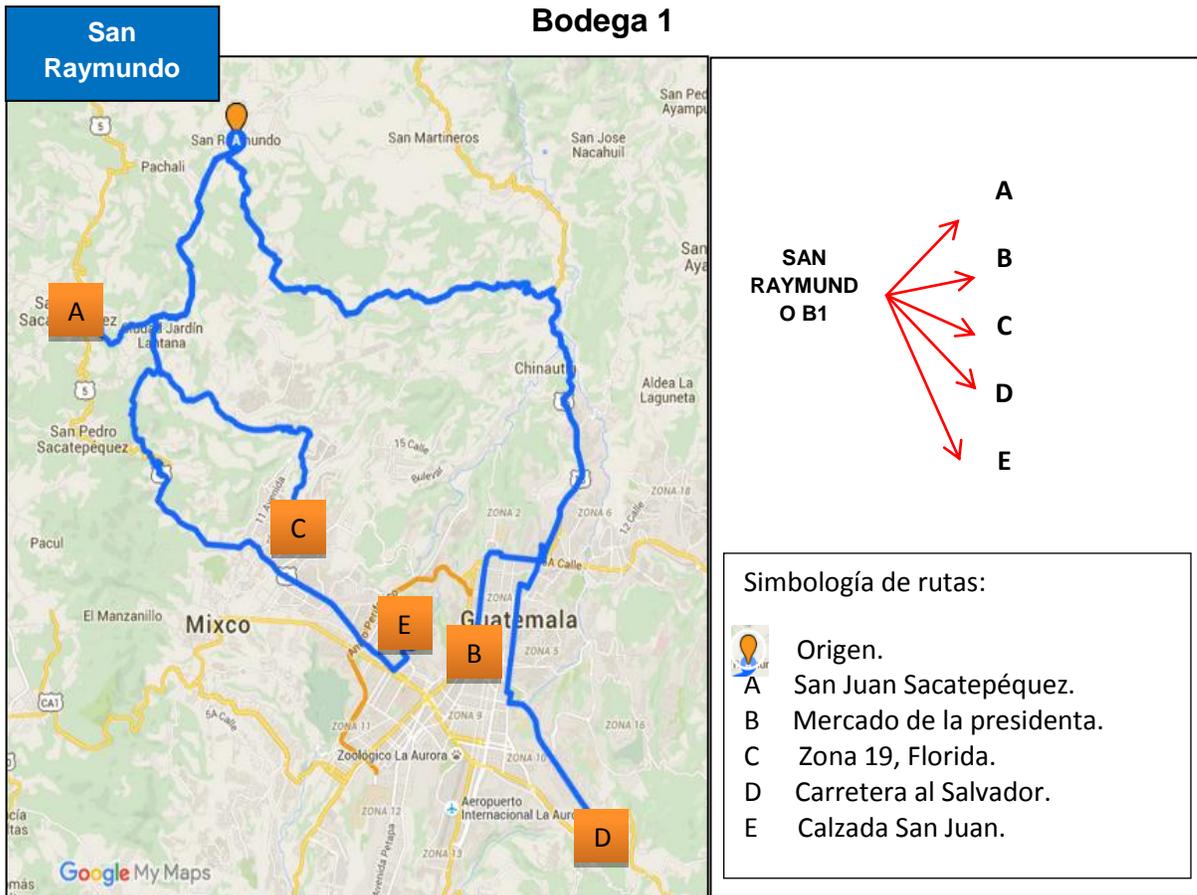
➤ Costo marginal de la celda a45

De \ A	San Juan Sacatepequez	Mercado de la Presidenta	Zona 19 Florida	Carretera al Salvador	Calzada San Juan	OFERTA
San Raymundo B1	1.9305	2.3100	1.4856	2.8216	1.7983	250
		25	125		100	
San Raymundo B2	1.1161	2.3668	1.5141	2.8785	1.8552	200
	200					
Zona 7 de Mixco	1.3435	1.0593	0.5476	1.4572	0.6613	150
		25		125	0	
Zona 7 ciudad	1.4572	0.7182	0.6897	1.2298	0.6045	100
		100				
DEMANDA	200	150	125	125	100	700

a45: $0.6045 - 0.6613 + 1.0593 - 0.7182 = 0.2843$

ANEXO 5

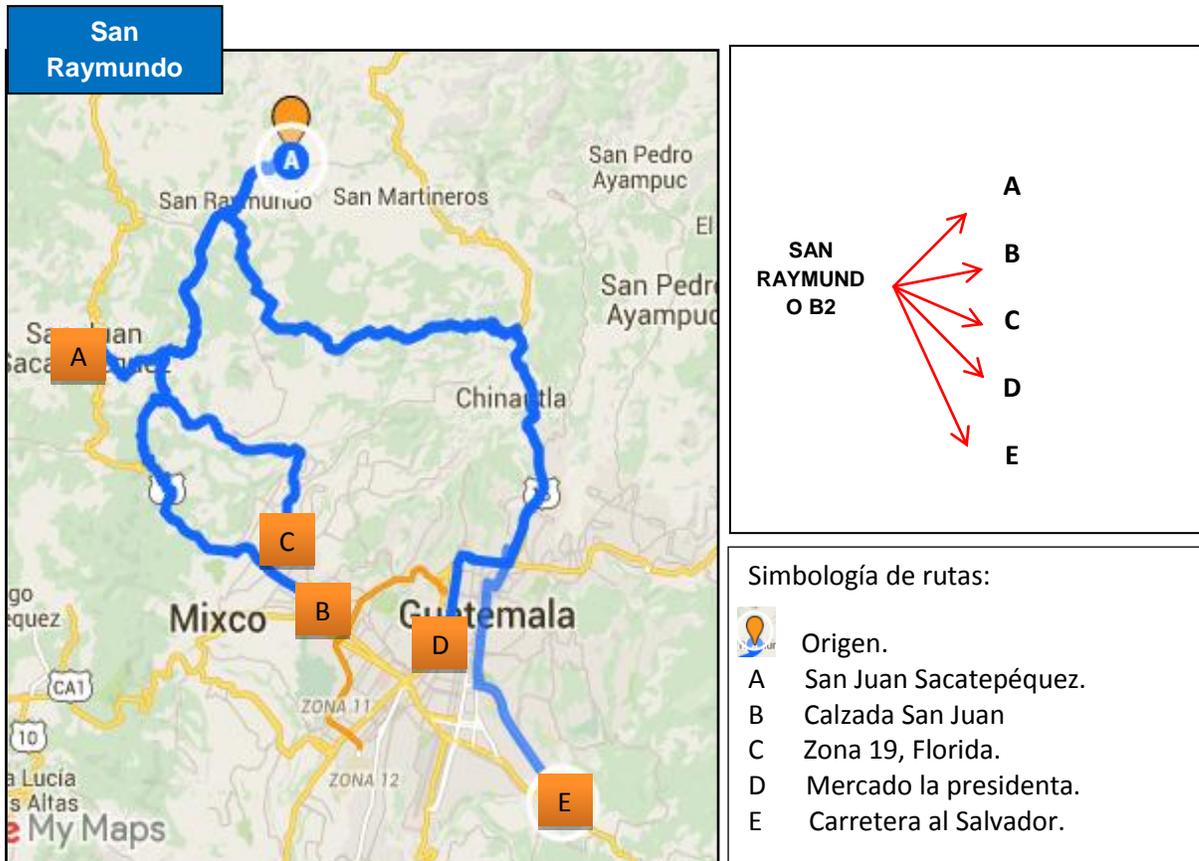
Mapa de rutas de distribución



ANEXO 6

Mapa de rutas de distribución

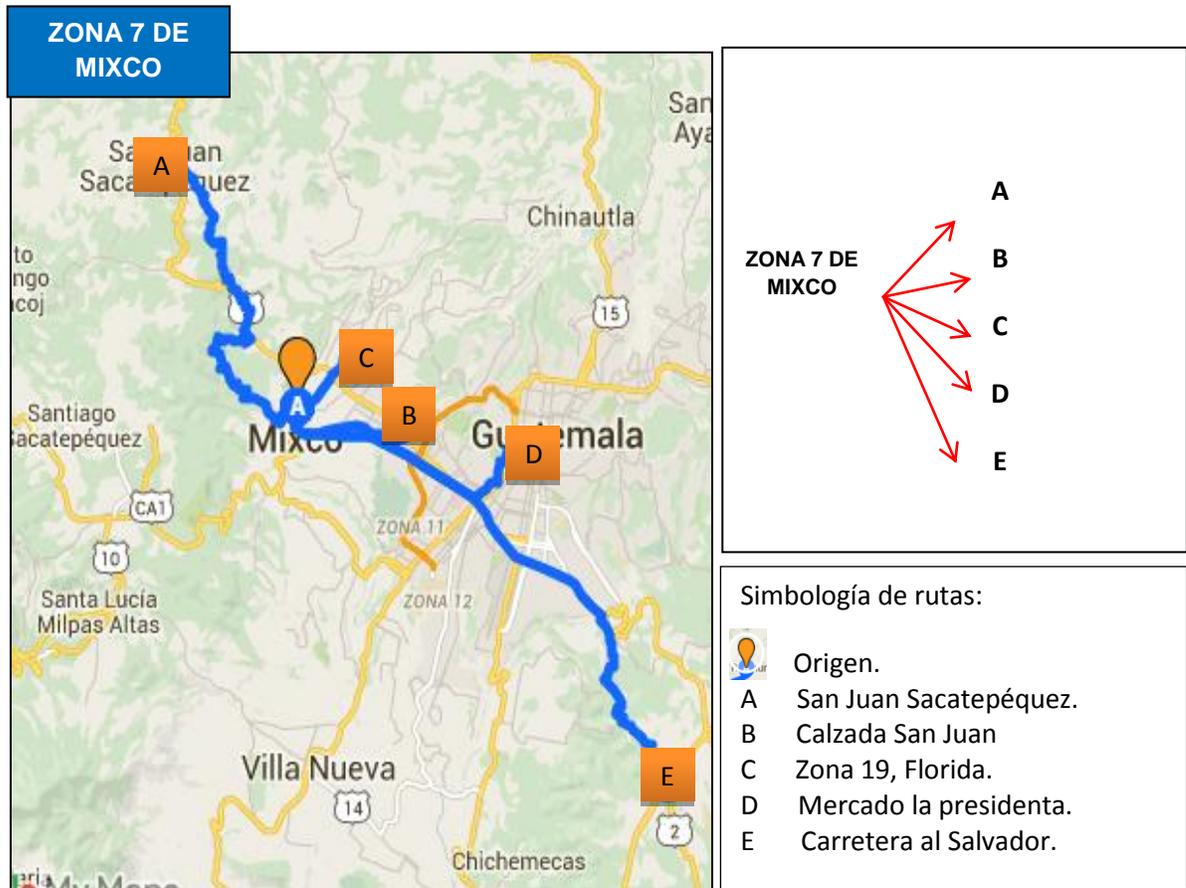
Bodega San Raymundo 2



ANEXO 7

Mapa de rutas de distribución

Bodega zona 7 de Mixco



ANEXO 8

Mapa de rutas de distribución

Bodega Zona 7 Ciudad

