

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

**MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL
PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS,
PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE
PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR,
“COOPAN, R.L.”.**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

ALBA GRACIELA LÓPEZ AGUILAR

PREVIO A CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

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

Decano:	Lic. José Rolando Secaida Morales
Secretario:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
Vocal Primero:	Lic. Albaro Joel Girón Barahona
Vocal Segundo:	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
Vocal Tercero:	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
Vocal Cuarto:	P.C. Oliver Augusto Carrera Leal
Vocal Quinto:	P.C. Walter Obdulio Chiguichón Boror

EXAMINADORES DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS

Matemática-Estadística	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras.
Mercadotecnia-Operaciones	Licda. Mildred Lily Montenegro Castillo.
Administración-Finanzas	Lic. Nery Leonidas Guzmán de León.

JURADO QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

Presidente:	Lic. Luis Manuel Vásquez Vides
Secretario:	Lic. Elvis Roberto Xicará Hernández
Examinador:	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras

Guatemala, 25 de octubre de 2011.

Licenciado
José Rolando Secaida Morales
Decano
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

Señor Decano:

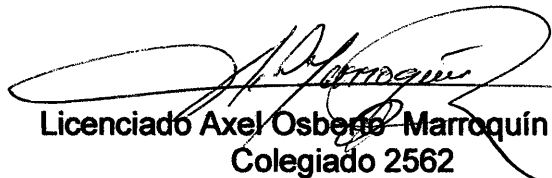
En atención a la designación de ese decanato, procedí a asesorar a la estudiante Alba Graciela López Aguilar, en la elaboración del trabajo de tesis titulado: **MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, "COOPAN, R.L."**.

La tesis cumple con las normas y requisitos académicos necesarios y constituye un aporte para la carrera.

Con base en lo anterior, recomiendo que se acepte el trabajo en mención para sustentar el Examen Privado de Tesis, previo a optar el título de Administradora de Empresas en el grado académico de Licenciada.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,


Licenciado Axel Osberg Marroquín Reyes
Colegiado 2562



FACULTAD DE CIENCIAS
ECONOMICAS

Edificio "S-8"

Ciudad Universitaria, Zona 12
GUATEMALA, CENTROAMERICA

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS. GUATEMALA,
CUATRO DE FEBRERO DE DOS MIL TRECE.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.1, subinciso 5.1.1 del Acta 22-2012 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 27 de noviembre de 2012, se conoció el Acta ADMINISTRACIÓN 58-2012 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 12 de abril de 2012 y el trabajo de Tesis denominado: "MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, "COOPAN, R.L.", que para su graduación profesional presentó la estudiante ALBA GRACIELA LÓPEZ AGUILAR, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



LIC. JOSE ROLANDO SECAIDA MORALES
DECANO

Smp.

Ingrid
REVISADO



DEDICATORIA

A DIOS	Por la vida y llenarme de su gracia y bendiciones, a ti el honor y la gloria.
A MIS PADRES	Rosa María y Augusto Reinerio, gracias por su apoyo incondicional, paciencia y el ejemplo de esfuerzo y su legado de principios, que formaron mi carácter y lo que soy. Son todo vida.
A MIS HERMANOS	Mauro, Evelyn, Byron. Cindy y Lupe por el cariño y estar allí cuando los necesite.
A MIS SOBRINOS	Estefany, Abigail, Justín, Emanuel, Kristal y María, por ser mi fuente de inspiración y un ejemplo que deben de superar.
A LA UNIVERSIDAD	Y formadores profesionales, quienes fueron parte de mi crecimiento académico y profesional.
A MI ASESOR DE TESIS	Licenciado Axel Marroquín, por su apoyo profesional y moral.
A LA TERNA DE TESIS	Licenciados Oscar Quiñonez, Luis Vásquez y Elvis Xicará, por su apoyo profesional.
A LA COOPAN, R.L.	Por darme la oportunidad de realizar el presente estudio.
A TI	Por compartir gratos momentos y ser mi constante luz.

ÍNDICE

	Contenido	Página
	Introducción	i
CAPÍTULO I		
MARCO TEÓRICO		
1.1	MODELOS	1
1.1.1	TIPOS DE MODELOS	2
1.1.2	CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS	3
1.1.2.1	Según la información de entrada	3
1.1.2.2	Según el tipo de representación	3
1.1.2.3	Según la aleatoriedad	4
1.1.2.4	Según su aplicación u objetivo	4
1.1.3	CONSTRUCCIÓN DE MODELOS	5
1.2	PROGRAMACIÓN LINEAL	7
1.2.1	SUPUESTOS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL	8
1.2.2	FORMA DE EXPRESIÓN	8
1.2.3	CONCEPTOS BÁSICOS, EN LA FORMULACIÓN DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL	9
1.2.3.1	Variables de decisión	9
1.2.3.2	Función objetivo	9
1.2.3.3	Restricciones	10
1.2.4	APLICACIONES	10
1.2.5	MÉTODOS DE SOLUCIÓN	10
1.2.5.1	MÉTODO GRÁFICO	10
1.2.5.2	MÉTODO SIMPLEX	11
1.2.6	MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL	11
1.2.6.1	MODELO DE ASIGNACIÓN	12
1.2.6.1.1	Método de Maximización	12

	Contenido	Página
1.2.6.1.2	Método de Minimización	12
1.2.6.2	MODELO DE TRANSPORTE	13
1.2.6.2.1	FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO DE TRANSPORTE	15
1.2.6.2.2	RESTRICCIONES DEL MODELO DE TRANSPORTE	16
1.2.6.3	MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO	16
1.2.6.3.1	Origen (O)	18
1.2.6.3.2	Destino (D)	18
1.2.6.3.3	Costo de transporte unitario (C)	18
1.2.6.3.4	Oferta (O)	19
1.2.6.3.5	Demanda (D)	19
1.2.6.4	FORMAS DE MODELOS DE TRANSPORTE	19
1.2.6.4.1	Equilibrado	19
1.2.6.4.2	No equilibrado	19
1.2.6.5	MÉTODOS DE SOLUCIÓN	20
1.2.6.5.1	ESQUINA NOR-OESTE (ENO)	20
1.2.6.5.2	MÍNIMO COSTO (MC)	21
1.2.6.5.3	MÉTODO DE APROXIMACIÓN DE VOGEL O MULTAS (MAV)	22
1.2.6.5.4	PASOS SECUENCIALES	23
1.4	COOPERATIVA	25
1.4.1	COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN	25
1.4.1.1	VALORES COOPERATIVOS	25
1.4.1.2	PRINCIPIOS COOPERATIVOS	26
1.4.1.3	OBJETIVOS DE LA COOPERATIVA	27

CAPÍTULO II

SITUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS DE LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, “COOPAN, R.L.”

	Contenido	Página
2.1	LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR	28
2.1.1	Insumo a distribuir	28
2.1.2	Ubicación de las bodegas de la cooperativa	28
2.1.3	Ubicación de las bodegas de los socios mayoristas	29
2.1.4	Rutas de transporte	29
2.1.5	Cantidad demandada	29
2.1.6	Cantidad ofertada	30
2.2	Registros de los costos de transporte	30
2.2.1	Situación de los costos de transporte, para preparar la matriz de origen y destino	30

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, R.L.

3.1	JUSTIFICACIÓN	35
3.2	APLICACIÓN	35
3.2.1	Planteamiento de la función objetivo	35

	Contenido	Página
3.2.2	Planteamiento de las restricciones	36
3.3	SOLUCIÓN	36
3.3.1	Esquina Nor-oeste	36
3.3.2	Mínimo costo	39
3.3.3	Aproximación de Vogel	41
3.4	INTERPRETACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES DE DISTRIBUCIÓN	42
3.5	Análisis del resultado	49
3.6	Análisis comparativo con respecto a los costos de transporte	50
	Conclusiones	51
	Recomendaciones	52
	Bibliografía	53
	Anexo	54

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Contenido	Página
1	Red de puntos de origen a puntos destino	14

ÍNDICE DE CUADROS

1	Representación de la matriz de transporte.	17
2	Costo de transporte	31
3	Matriz de costos unitarios del transporte de las bodegas de la cooperativa coopan, R.L. a las bodegas de los socios mayoristas	33
4	Matriz de origen y destino del transporte de las bodegas las bodegas de la cooperativa coopan, R.L. a las bodegas de los socios mayoristas.	34
5	Método de esquina nor-oeste	37
6	Programa de distribución factible, esquina nor-oeste	38
7	Mínimo costo	39
8	Programa de distribución factible, mínimo costo	40
9	Aproximación de vogel	41
10	Programa de distribución factible, aproximación vogel	42
11	Matriz para el cálculo de los costos marginales	43
12	Programa óptimo de distribución	48
13	Cuadro, de los cuatro clientes mayoristas, sin y con la aplicación del modelo.	50

INTRODUCCIÓN

La Cooperativa Integral de Consumo de Pequeños Productores de Pan Popular, R.L., -COOPAN, R.L.-, está conformada por una Junta Directiva que representa al consejo de administración e integrada por una comisión de vigilancia y un comité de educación, quienes se encargan de la administración de la cooperativa, con 45 socios activos; está ubicada en la 3ra. Avenida "B" 26-42 de la zona 1 de la ciudad de Guatemala. Se dedica a la distribución de insumos para la producción de pan popular, con una participación en el mercado del 35%.

Entre los objetivos de la cooperativa están, encontrar un programa óptimo para la distribución de insumos, así como reducir sus costos de operación. Entre los modelos recomendables para disminuir los costos, se encuentra el modelo de transporte, en el cual se puede aplicar los métodos de solución Esquina Nor-oeste, Mínimo Costo y Aproximación de Vogel.

El presente trabajo se refiere a la aplicación del modelo de transporte, para lograr que la cooperativa encuentre un programa óptimo en la distribución de sus insumos desde sus bodegas a las bodegas de sus clientes mayoristas; por lo que el contenido es el siguiente:

Esta investigación se inicia con el marco teórico; que incluye teoría sobre los modelos, que brevemente se pueden decir que son representaciones simples e idealizadas de la realidad, y que dentro de los modelos están los físicos, los análogos y los simbólicos. En general se utilizan para resolver o esclarecer los diferentes problemas que se presentan en la vida cotidiana.

Además, incluye la descripción de la programación lineal, que es necesaria para la construcción y aplicación del modelo de transporte y el método de solución óptima.

Luego se adjunta el diagnóstico sobre la distribución de insumos, para posteriormente presentar la propuesta del modelo de transporte que determinará el programa óptimo de distribución de insumos.

Como parte final se plantean las conclusiones y las recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 MODELOS

Son representaciones simplificadas e idealizadas de la realidad, cuya construcción facilita la toma de decisiones para estudiar y analizar la situación de cualquier ambiente de la vida real.

“La construcción de un modelo es la esencia del proceso científico de toma de decisiones. Un modelo describe la esencia de un problema o de las relaciones por abstracción de las variables relevantes de la situación en el mundo real y las expresa en una 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.” (5:11)

Los modelos en una empresa, pueden ser utilizados en diferentes niveles para la orientación y toma de decisiones. Sin embargo, lo más común para la construcción de modelos consiste en facilitar la recopilación de datos acerca de las operaciones, de un ambiente determinado u objeto de análisis o de estudio. Para ello es de suma importancia tomar en cuenta las razones siguientes. De acuerdo como lo indica Monks, J. G., (5:10). Definir explícitamente el problema y sus parámetros o variables relevantes, identificar y registrar los tipos de decisiones o los objetivos, así como establecer las interacciones entre los parámetros y los objetivos, analizando las respectivas ventajas y desventajas. De igual forma los modelos obligan a pensar cuidadosamente en las variables que se deben incluir, definiéndolas en términos que sean cuantificables, a

reconocer las restricciones o limitaciones pertinentes, y aplicar la decisión y monitorear los resultados.

1.1.1 TIPOS DE MODELOS

Hay tres tipos de modelos que se utilizan para esclarecer la realidad de cualquier idea o proyecto que se quiere dar a conocer en la práctica del mundo real, los cuales, se describen a continuación:

Los modelos **físicos**, son representaciones de un sistema, que se subdividen en dos: “los **análogos**, estos modelos representan un conjunto de relaciones a través de un medio diferente.” (1:9). Y los **icónicos**, que pueden ser presentados en forma idealizada.

“Los más abstractos son los **modelos simbólicos**, en el cual todos los conceptos están representados por variables cuantitativamente definidas y todas las relaciones tienen una representación matemática, en lugar de física o análoga.” (1:9)

En la práctica es de vital importancia tener conocimiento del uso de los modelos **matemáticos**, ya que “son invaluable, pues extraen la esencia del material de estudio, muestran sus interrelaciones y facilitan el análisis.” “...también son representaciones idealizadas, pero están expresados en términos de símbolos y expresiones matemáticas.” (2:12). “Los modelos matemáticos tienen muchas ventajas sobre una descripción verbal del problema. La más obvia es que el modelo matemático describe un problema en forma mucho más concisa. Esta característica tiende a hacer más comprensible toda la estructura del problema y ayuda a revelar las relaciones importantes causa-efecto. Y también indica con mayor claridad qué datos adicionales son importantes para el análisis.” (2:13)

1.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS

De acuerdo con la utilidad en su campo de aplicación, los modelos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1.1.2.1 Según la información de entrada

Respecto a la función de origen los modelos pueden ser:

- **Heurísticos** (del griego *euriskein*, hallar, inventar). Son los que están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado.
- **Empíricos** (del griego *empeirikos* relativo a la experiencia). Son los que utilizan las observaciones directas o los resultados de experimentos del fenómeno estudiado.

1.1.2.2 Según el tipo de representación

Los modelos matemáticos encuentran distintas denominaciones en sus diversas aplicaciones. Una posible clasificación puede atender si pretenden hacer predicciones de tipo cualitativo o pretenden cuantificar aspectos del sistema que se está modelizando, y en ese sentido pueden ser:

- **Cualitativos** o **conceptuales**, pueden usar figuras, gráficos o descripciones causales, en general para predecir si el estado del sistema irá en determinada dirección o si aumentará o disminuirá alguna magnitud.

- **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.

1.1.2.3 Según la aleatoriedad

Otra clasificación independiente de la anterior, según si a una entrada o situación inicial concreta, pueden corresponder o no diversas salidas o resultados, los modelos se clasifican en:

- **“Modelos determinísticos:** son aquéllos 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.” (2:18)
- **“Modelos Probabilísticos o Estocásticos:** algunos elementos no se conocen con certeza. Es decir, 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.” (2:19)

1.1.2.4 Según su aplicación u objetivo

Para la aplicación en el sistema modelado, se describen los siguientes:

- **“Modelo de simulación o descriptivo**, el objetivo consiste en crear un entorno en el cual se pueda obtener información sobre posibles acciones alternativas a través de la experimentación, basada en un modelo matemático.” (2: 507)
- **Modelo de optimización**, determina el punto exacto para resolver alguna problemática administrativa, de producción, o cualquier otra situación.
“En un modelo de optimización, los valores de las variables de decisión son resultados. Esto es, el modelo proporciona un conjunto de valores para las variables de decisión que maximiza (o minimiza) el valor de la función objetivo.” (2: 507)
- **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.

1.1.3 CONSTRUCCIÓN DE MODELOS

Para la construcción de modelos es necesario tener una buena dosis de arte e imaginación y mucha creatividad, ya que siguen siendo construidos por personas, personas que deben poseer conocimientos técnico-matemáticos.

Como guía general, el proceso de la construcción de un modelo, se puede dividir en tres etapas:

Primera: el estudio del ambiente, los recién llegados al mundo de la construcción de modelos suelen restar importancia a la primera de estas etapas, “el estudio del ambiente administrativo. Con frecuencia, el problema planteado no es una abstracción apropiada de la situación real. Muchas veces el problema planteado no es más que la descripción de un síntoma. Diversos factores, como conflictos en la organización, diferencias entre las metas personales y las de la empresa y la complejidad general de la situación, pueden ser obstáculos que afectan la comprensión clara de la situación.” (1:12). Por eso es necesario tomar en cuenta la experiencia en la construcción de modelos, y la de haber trabajado en el ambiente que se pretende estudiar, para alcanzar el éxito.

Segunda: “la formulación de modelos incluye un análisis conceptual básico en el cual es necesario hacer suposiciones y simplificaciones. Se requiere que el constructor del modelo seleccione o aisle del ambiente total aquellos aspectos de la realidad que son pertinentes para la situación en cuestión.” “... las situaciones administrativas que nos ocupan implican decisiones y objetivos, los cuales deben ser identificados y definidos de modo explícito.” (1:12). Para detectar bien “las **entradas**, conocidas como **variables exógenas**, están divididas en: (1) **decisiones**, variables que se pueden controlar como gerente, es decir, las variables de decisión; y (2) **parámetros**, variables que están bajo el control de otras personas o de la “Madre Naturaleza”. Y “las **salidas**, llamadas **variables endógenas**, se dividen en (1) **medidas de desempeño**, variables que permiten medir el grado en el cual se han alcanzado las metas, y (2) **variables de consecuencias**, las cuales muestran otras consecuencias que ayudan a entender e interpretar los resultados del modelo.” (1:13)

Tercera: según como lo comenta Eppen G.D.; et al. (1:14) construcción simbólica del modelo, en cierto sentido, formulación y construcción son procesos integrados, siendo la formulación la que establece, la forma lógica del modelo verbal o escrito y la construcción la que desarrolla las ecuaciones matemáticas

que relacionarán entre si las variables contenidas de la formulación. La construcción del modelo puede ser menos crítica que la formulación. La razón es ésta: la formulación exige análisis, selectividad y decisiones, con respecto a relevancia y objetivos; mientras que la construcción es por lo general un proceso más técnico, que implica una traducción al lenguaje matemático y la adaptación y uso de herramientas conocidas.

1.2 PROGRAMACIÓN LINEAL

El modelo de programación lineal, es utilizado para resolver problemas de optimización, que muestra la mejor alternativa, según sea el caso, si se quiere maximizar o minimizar. Orientando al tomador de decisiones a escoger la mejor opción; y darle solución a un problema administrativo que se suscite en cualquier empresa.

“La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales.” “...la palabra programación” “...en esencia es sinónimo de planeación. Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de las actividades para obtener un resultado óptimo; esto es, el resultado que mejor alcance la meta especificada, de acuerdo con el modelo matemático, entre todas las alternativas factibles.” (2:25)

“La programación lineal es una técnica matemática útil para aprovechar al máximo o reducir al mínimo posible, una función lineal objetiva, sujeta a restricciones lineales. Supone que los valores de costos e ingresos son conocidos (certidumbre) y que las utilidades de varias actividades son aditivas (aditividad) y que no se tienen valores negativos de producción (no negatividad).” (5:103)

1.2.1 SUPUESTOS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

“En la realidad, los supuestos de programación lineal están implícitos en la formulación de modelos;” “...los supuestos simplemente son que el modelo debe tener una función objetivo lineal sujeta a restricciones lineales. Sin embargo, desde el punto de vista de modelación, estas propiedades matemáticas de un modelo de programación lineal implican que se deben 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.” (2:37). Entre ellos se mencionan:

“Supuesto de certidumbre, se supone que los valores asignados a cada parámetro de un modelo de programación lineal son constantes conocidas.” (2:43)

“Supuesto 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 de las actividades respectivas.” (2:40)

1.2.2 FORMA DE EXPRESIÓN

La forma en que puede expresarse matemáticamente los problemas de programación lineal, puede ser:

Cuando es lineal la función que se desea maximizar o minimizar. Una función lineal en \mathbf{x} , y \mathbf{y} , tiene la forma:

$$\text{MAX } Z = ax + by \quad \text{ó} \quad \text{MIN } Z = ax + by$$

En donde a y b son constantes. También se requerirá, que las restricciones correspondientes estén representadas mediante un sistema de desigualdades lineales, que implican " \leq " o bien " \geq " o ecuaciones lineales en \mathbf{x} y \mathbf{y} , y que todas las variables sean no negativas. A un problema en el que intervienen todas estas condiciones se le denomina problema de programación lineal.

En el modelo de programación lineal, se deben: definir las variables de decisión, la función objetivo en cuanto a maximizar ó minimizar y las restricciones, y en tal sentido pueden expresarse para cada caso los siguientes conceptos:

1.2.3 CONCEPTOS BÁSICOS, EN LA FORMULACIÓN DEL MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

1.2.3.1 Variables de decisión

Según lo menciona Eppen G. D. et. al. (1:72). Se establecen para definir el problema matemáticamente, a menudo simplemente llamadas "variables", o llamadas "controlables" porque se tienen cierto control sobre sus valores asignados, y el administrador puede formularlas.

1.2.3.2 Función objetivo

"Todos los modelos de programación lineal tienen dos características importantes en común. La primera," "... es la existencia de restricciones. La segunda es que en cada modelo de programación lineal hay una sola medida de desempeño por maximizar o minimizar." "...quien toma las decisiones desea maximizar generalmente ganancias, rendimiento, eficiencia o efectividad o minimizar por lo común, costo o tiempo." (1:69)

1.2.3.3 Restricciones

De acuerdo como lo menciona Eppen G. D. et. al. (1:68). Son las limitaciones o restricciones impuestas sobre las decisiones permisibles. Las restricciones se presentan generalmente en dos formas: limitaciones y requerimientos. Las restricciones pueden subdividirse aún más para reflejar las limitaciones y requerimientos físicos, económicos y exigencias de política operativa.

1.2.4 APLICACIONES

La programación lineal es ampliamente utilizada y sobretodo muy efectiva para la resolución de problemas. En las aplicaciones administrativas pueden incluir cientos de variables y miles de restricciones, pero es posible acomodarlas y hacer cambios menores al contexto del planteamiento del problema, para poder encontrar la mejor solución. Para ello se mencionan algunos ejemplos a los cuales puede aplicarse: asignación de gastos de combustibles, programación de rutas de entrega y la planeación de la fuerza de trabajo en el departamento de transporte.

1.2.5 MÉTODOS DE SOLUCIÓN

Entre otros métodos de solución, se aplican los siguientes:

1.2.5.1 MÉTODO GRÁFICO

“Uno de los métodos más factibles de solución de problemas de dos variables”
“... es el método gráfico.” (5:103)

Los modelos de programación lineal en 2 variables, resultan ser la forma más sencilla que puede adoptar un modelo de optimización y generalmente son utilizados para introducir los conceptos básicos de la investigación de operaciones y particularmente la programación lineal. Básicamente las propiedades de un modelo lineal en 2 variables son extendibles a problemas lineales con un número mayor de variables y en este sentido la resolución gráfica resulta de gran ayuda para entender estos conceptos.

1.2.5.2 MÉTODO SIMPLEX

“Los problemas reales de programación lineal generalmente tienen muchas variables de decisión y muchas restricciones. Tales problemas no pueden ser resueltos gráficamente. Se usan algoritmos tales como el simplex. El método simplex es un procedimiento iterativo que progresivamente permite obtener una solución óptima para los problemas de programación lineal.” (5:105)

También llamado simplejo (simplex), empieza con una solución factible y prueba si es o no óptima. Si no lo es, por este método se procede a obtener una solución mejor. Se dice “mejor” en el sentido de que la nueva solución esté cerca de la optimización de la función objetivo. Si esta función no es óptima, entonces repetimos el procedimiento.

1.2.6 MODELOS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

Para el modelo de la programación lineal, pueden aplicarse los siguientes:

1.2.6.1 MODELO DE ASIGNACIÓN

“En muchos problemas de decisión es necesario asignar un elemento de un grupo (como una máquina, un empleado, un vehículo, etc.) a un elemento de un segundo grupo (como una tarea, un proyecto, una zona, etc.).” (4:440)

El objetivo del modelo es determinar la asignación óptima, es decir, la menos costosa o la de mejores rendimientos.

“En general, el problema consisten en determinar la asignación óptima de n agentes u objetos “indivisibles” a n tareas.” (1:271)

Para la resolución del modelo de asignación pueden emplearse dos métodos, así:

1.2.6.1.1 Método de maximización

Toda variable positiva, como por ejemplo ventas, producción, rendimientos, ingresos o sea aquella que favorece a la empresa, debe maximizarse.

1.2.6.1.2 Método de minimización

Algo que desfavorece a la empresa, toda variable negativa para la empresa, como errores, tiempo, costos, pérdidas, se debe minimizar.

1.2.6.2 MODELO DE TRANSPORTE

El modelo de transporte busca determinar un plan de traslado, en donde el objetivo es determinar las rutas de distribución y que cantidad es la recomendable enviar, de un punto origen a un punto destino, en un tiempo y/o costo óptimo.

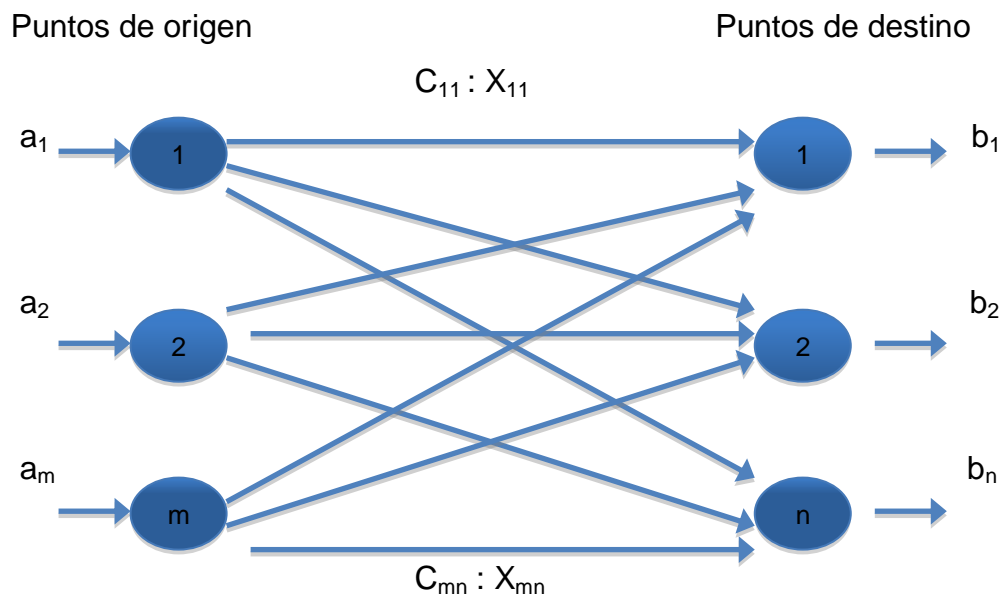
“El modelo de transporte es una clase especial de problema de programación lineal. Trata la situación en la cual se envía a un bien de los puntos de origen, a los puntos de destino. El objetivo es determinar las cantidades enviadas desde cada punto de origen hasta cada punto de destino, que minimicen el costo total de envío, al mismo tiempo que satisfagan tanto los límites de la oferta como los requerimientos de la demanda. El modelo supone que el costo de envío en una ruta determinada es directamente proporcional al número de unidades enviadas en esa ruta. En general, el modelo del transporte se puede ampliar a otras áreas, además del transporte directo de un bien, incluyendo, entre otras, control de inventarios, horarios de empleo y asignación de personal.” (6:165)

La construcción matemática del modelo de transporte, se puede expresar por medio de una red, tal y como se describe a continuación:

“El problema general está representado por la red en la figura 1. Hay m puntos de origen (fuentes) y n puntos de destinos, cada uno representado por un nodo. Los arcos, representados en la figura 1 por flechas, que unen los puntos de origen con los puntos de destino representan las rutas entre los puntos de origen y destino. El arco (i, j) que une el punto de origen i con el punto de destino j , incluye dos fragmentos de información: (1) el costo de transporte por unidad, C_{ij} , y (2) la cantidad enviada, X_{ij} . La cantidad de la oferta en el punto de origen i es a_i y la cantidad de la demanda en el punto de destino j es b_j . El objetivo del modelo

es determinar las X_{ij} desconocidas que minimizarán el costo total del transporte, mientras satisfacen todas las restricciones de la oferta y la demanda.” (6:166)

FIGURA 1
RED DE PUNTOS DE ORIGEN A PUNTOS DESTINO



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

Y para entender los conceptos básicos, se presenta la forma como pueden expresarse matemáticamente, para cada caso:

1.2.6.2.1 FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO DE TRANSPORTE

El objetivo del modelo de transporte es determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, de tal forma que se minimice el costo del transporte total, y en ese sentido, el costo de transporte, básicamente de una ruta, es directamente proporcional al número de unidades que van a ser transportadas.

Representación del planteamiento matemático, del modelo de transporte:

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

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

Donde:

Z = función objetivo

\sum = sumatoria

m = fuente

n = destino

C = costo de transporte unitario

i = origen

j = destino

X = cantidad transportada

1.2.6.2.2 RESTRICCIONES DEL MODELO DE TRANSPORTE

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

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

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

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

La primera restricción especifica que la suma de los envíos desde una fuente no puede ser mayor que su oferta; en forma similar, la segunda restricción requiere que la suma de los envíos a un destino satisfaga su demanda.

En la vida real, no necesariamente la oferta debe ser igual a la demanda, puede ser mayor la oferta a la demanda o viceversa. Sin embargo, un modelo de transporte para ser aplicado debe equilibrarse; quiere decir, que la oferta debe de sumar lo mismo que la demanda, de lo contrario habrá que crear una columna o fila ficticia, según sea el caso para equilibrarse. Para entender esto, se presenta el proceso de la estructuración de una matriz de origen y destino:

1.2.6.3 MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO

Una matriz de origen y destino, también llamada “matriz de transporte”, se utiliza en la aplicación del modelo de transporte y en ella se ubican los datos correspondientes necesarios, para la construcción de la misma, vea la figura 2, la

matriz que 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 el costo de transporte por una unidad, del origen al destino. Y en las demás celdas vacias se asignará la cantidad según el método de aplicación. La columna y fila que aparece punteada es la que representa la ficticia.

CUADRO 1
REPRESENTACIÓN DE LA MATRIZ DE TRANSPORTE

DE \ A	D ₁	D ₂	...	D _n	OFERTA
O ₁	X ₁₁ C₁₁	X ₁₂ C₁₂	X _{1n} C_{1n}	A ₁
O ₂	X ₂₁ C₂₁	X ₂₂ C₂₂	X _{2n} C_{2n}	A ₂
.
.
.					.
O _m	X _{m1} C_{m1}	X _{m2} C_{m2}	X _{mn} C_{mn}	A _m
DEMANDA	B ₁	B ₂	...	B _n	ΣD \ ΣO

fuente: elaboración propia, investigación documental.

Donde:

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

1.2.6.3.1 Origen (O)

De acuerdo a Hillier, F. S. y Lieberman G. J. (2:324). Lugar de donde se envían las unidades disponibles. Punto de partida para iniciar el recorrido de la distribución de cualquier mercancía, por ejemplo, de una bodega o fábrica y cada cual debe de tener una cantidad mínima de insumos.

1.2.6.3.2 Destino (D)

Por cita de Hillier, F. S. y Lieberman G.J. (2:324). Lugar que recibe las unidades requeridas. “Centro de recepción de pedidos, por ejemplo: insumos que fueron solicitados para consumir, ensamblar productos, o que puedan ser destinados para la venta.

1.2.6.3.3 Costo de transporte unitario (C)

De acuerdo a Hillier, F. S. y Lieberman G. J. (2:324). Es lo que cuesta, en cantidad monetaria, enviar una unidad del punto de origen al punto de destino. En terminos financieros es el costo total del transporte que se incurre en trasladar un envío.

1.2.6.3.4 Oferta (A)

De acuerdo a Hillier, F. S. y Lieberman G. J. (2:324). Cantidad disponible en unidades en el origen. Una determinada empresa debe de poseer un inventario mínimo de insumos que estén disponibles (oferta) para abastecer a los clientes.

1.2.6.3.5 Demanda (B)

De acuerdo a Hillier, F. S. y Lieberman G. J. (2:324). Cantidad requerida en unidades en el destino. Son los requerimientos, que los clientes realizan frecuentemente en un tiempo establecido, para abastecerse a si mismos y a sus demandas de unidades que reciben de los orígenes.

1.2.6.4 FORMAS DE MODELOS DE TRANSPORTE

De acuerdo con la sumatoria de la demanda y la oferta el modelo de transporte puede clasificarse de la siguiente manera:

1.2.6.4.1 Equilibrado

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

1.2.6.4.2 No equilibrado

De acuerdo a Taha H. A. (6:168). La sumatoria de las cantidades en el origen (oferta), no es igual a la sumatoria de las cantidades de los requerimientos en el destino (demanda). En este caso, es necesario crear un origen o un destino

ficticio, dependiendo que es mayor, si la oferta o la demanda, y en la minicelda donde se ubica el costo se escribe cero.

1.2.6.5 MÉTODOS DE SOLUCIÓN

Soluciones factibles

- 1) Esquina Nor-Oeste (ENO)
- 2) Mínimo Costo (MC)
- 3) Aproximación de Vogel o de Multas (MAV)

Solución óptima

- 1) Evaluación con base a los costos marginales

1.2.6.5.1 ESQUINA NOR-OESTE (ENO)

De acuerdo como lo indica Taha H. A. (6:181). Se inicia en la esquina nor-oeste, celda ubicada en la primera fila y primera columna de la matriz de origen y destino.

Pasos:

- 1) Determinar si es un problema equilibrado (oferta=demanda), si no es así, agregar un origen ficticio si la oferta es menor a la demanda o un destino ficticio si la demanda es menor a la oferta.
- 2) Construir la matriz de origen y destino.

- 3) Se principia asignando en la celda de la esquina nor-oeste, celda de la primera fila y primera columna, una cantidad que agote la oferta o satisfaga la demanda.
- 4) Ajustar las cantidades de oferta y demanda, restando la cantidad asignada, cancelando las celdas en las cuales ya no sea posible asignar alguna cantidad.
- 5) Si se agota la oferta, la siguiente asignación se hace en la celda de abajo; si quedó satisfecha la demanda, la siguiente asignación se hace en la celda de la derecha, las ofertas se agotan recorriendo de izquierda a derecha y las demandas se satisfacen recorriendo de arriba hacia abajo.
- 6) El proceso termina hasta que todas las ofertas y todas las demandas sean iguales a cero.
- 7) Elaborar el programa de distribución.
- 8) Respuesta.

1.2.6.5.2 MÍNIMO COSTO (MC)

De acuerdo a lo mencionado por Taha H. A. (6:182). Inicia su asignación, identificando el mínimo costo de los disponibles en la matriz de origen y destino.

Pasos:

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

satisfaga la demanda, si hubiera dos o más celdas con el mismo costo menor, se asigna arbitrariamente.

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

1.2.6.5.3 MÉTODO DE APROXIMACIÓN DE VOGEL O MULTAS (MAV)

De acuerdo a lo mencionado por Taha H. A. (6:183). Cada asignación se determina por la multa mayor de filas y columnas de la matriz origen y destino, al costo mínimo.

Pasos:

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

- 4) Identificar la fila o la columna con la multa de mayor valor (los empates se resuelven arbitrariamente). En esa fila o columna identificar la celda con el menor costo (no cero), y asignarle una cantidad que agote la oferta o satisfaga la demanda.
- 5) Ajustar las cantidades de oferta y demanda, restando la cantidad asignada, cancelando las celdas en las cuales ya no sea posible asignar alguna cantidad.
- 6) Repetir, los pasos 3, 4 y 5, hasta que todas las ofertas y todas las demandas sean iguales a cero.
- 7) Elaborar el programa de distribución.
- 8) Respuestas.

1.2.6.5.4 PASOS SECUENCIALES

Es uno de los métodos de solución óptima, en donde se efectúa una evaluación a la solución original, obtenido a través de cualquiera de los métodos anteriormente citados.

En este procedimiento se van formulando secuencias por medio de pasos que se deben de dar, evaluando los costos marginales, (costos que son el valor numerico positivo o negativo, resultado de sumar en forma algebraica los costos que intervienen en una ruta, correspondiente a una celda desocupada, si es positivo aumenta el costo total y si es negativo lo disminuye), que empieza con una primera solución del problema de transporte, tal como el que produce el método de la esquina noroeste, mínimo costo o aproximación de vogel o multas, para encontrar por medio de comparación la solución óptima.

Lo que se intenta es usar todas las rutas, de modo que la solución se mantenga factible y que se mejore o disminuya el valor de la función objetivo.

El procedimiento cesa cuando no hay cambio de rutas que mejoren el valor de la función objetivo. La solución que tenga esta propiedad será la óptima.

Pasos:

- 1) Utilizar la primera solución encontrada a través de esquina noroeste, mínimo costo o aproximación de Vogel o Multas, para calcular el costo marginal, de enviar unidades a lo largo de cada una de las rutas no usadas; es decir, de las celdas vacías.
- 2) Si todos los costos marginales son iguales o mayores que cero, se debe detener; se habrá encontrado la solución óptima. Si hay negativos, elíjase la celda que tenga el costo marginal menor, entre los negativos (los empates se resolverán arbitrariamente).
- 3) Al usar el ciclo que le da el costo marginal menor, entre los negativos, determine el máximo número de unidades que se pueden asignar al ciclo elegido en el paso 2, ajuste la redistribución adecuadamente.
 - 3.1 Se debe de hacer la redistribución tomando como base el costo marginal menor.
 - 3.2 Determinar la cantidad máxima, en unidades, que puede ser asignada a la celda vacía con el costo marginal menor y reajustar las asignaciones de las celdas ocupadas involucradas en el ciclo.

Para efectuar este reajuste se debe observar el ciclo que originó el costo marginal menor y determinar la cantidad en unidades asignadas en las celdas decrecientes (celdas ocupadas con signo negativo).

- 4) Calcular nuevamente costos marginales. Deja de calcular costos marginales, cuando todos sean cero o mayor que cero.

1.4 COOPERATIVA

Es una asociación autónoma de personas, que se han unido voluntariamente para formar una organización democrática cuya administración y gestión debe llevarse a cabo de la forma que acuerden los socios. Su intención es hacer frente a las necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales comunes a todos los socios mediante una empresa de propiedad conjunta y democráticamente controlada.

1.4.1 Cooperativa Integral de Consumo de Pequeños Productores de Pan:

“Es una cooperativa, que persigue un bien común, sin fines de lucro, donde el objeto social es poner al alcance de sus asociados, en las mejores condiciones de precio y calidad, los artículos básicos y primarios necesarios para el consumo y uso de éstos y sus familias dando preferencia a los artículos de producción nacional. ” (3:2)

1.4.1.1 Valores Cooperativos

Las cooperativas, se basan en los valores siguientes:

Ayuda Mutua: el accionar del grupo para la solución de problemas comunes.

Esfuerzo propio: de la motivación, la fuerza de voluntad de los miembros con el fin de alcanzar metas previstas.

Responsabilidad: nivel de desempeño en el cumplimiento de las actividades para el logro de metas, sintiendo un compromiso moral con los asociados.

Democracia: toma de decisiones colectivas por los asociados, mediante la participación y el protagonismo, a lo que se refiere a la gestión de la cooperativa.

Igualdad: justa distribución de los excedentes entre los miembros de la cooperativa.

Solidaridad: apoyar, cooperar en la solución de problemas de los asociados, la familia y la comunidad.

Libertad: cada quien puede decidir por si mismo lo que mejor considere para su sociedad.

1.4.1.2 Principios Cooperativos

“La cooperativa, opera con apego a los principios siguientes:

- a) No perseguir fines de lucro, sino de servicio para sus asociados,
- b) Libre adhesión y retiro voluntario de los asociados,
- c) Neutralidad política y religiosa en sus actos, igualdad de derechos y obligaciones entre todos sus miembros.
- d) Conceder a cada asociado un solo voto, cualquiera que sea el número y monto de sus aportaciones; y,
- e) Fomentar la educación e integración cooperativa y el establecimiento de servicios sociales. ” (3:1)

1.4.1.3 Objetivos de la cooperativa

“La cooperativa COOPAN R.L., persigue los objetivos siguientes:

- Promover el mejoramiento social y económico de sus miembros mediante la realización de planes, programas, proyectos y actividades que demanden el esfuerzo común, la ayuda mutua, la acción conjunta y la solidaridad.
- Fomentar entre sus asociados todas aquellas acciones tendientes a desarrollar las actividades relativas al consumo, como medio para servir a los asociados en forma eficiente.
- Propiciar dentro de la empresa, la práctica del cooperativismo, tanto en su filosofía como en su organización.
- Estimular y mantener en los asociados, las aptitudes y confianza necesarias, con el objeto que la empresa se constituya en una organización productiva, y
- Garantizar la eficiencia y la seguridad, para que se proporcione a los asociados, sus familias y la comunidad, el mejor servicio posible.” (3:2)

CAPÍTULO II

SITUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS DE LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, "COOPAN, R.L."

2.1 LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR

Se encarga de la distribución de harina, desde sus diferentes bodegas en la ciudad capital, hasta las bodegas de sus socios, para que los propietarios de panaderías, puedan producir pan popular.

2.1.1 Insumo a distribuir

La cooperativa distribuye a sus asociados, quintales de harina.

2.1.2 Ubicación de las bodegas de la cooperativa

- **Central: 3ra. Avenida "B" 26-42 zona 1,**
- **Petapa: Avenida petapa 3ra. Calle 25-30 zona 12,**
- **Brigada: Avenida la brigada 14-31 zona 7 de Mixco,**
- **Bolívar: Avenida bolívar 14-42 zona 8.**

2.1.3 Ubicación de las bodegas de los socios mayoristas

Los socios mayoristas se ubican en las zonas 5, 12 y 19, de la ciudad capital y del municipio de Santa Catarina Pínula.

2.1.4 Rutas de transporte

Rutas de distribución para el estudio.

- **De la bodega central: a zona 5, zona 12, zona 19 y Santa Catarina Pínula.**
- **De la bodega petapa: a zona 5, zona 12, zona 19 y Santa Catarina Pínula.**
- **De la bodega brigada: a zona 5, zona 12, zona 19 y Santa Catarina Pínula.**
- **De la bodega bolívar: a zona 5, zona 12, zona 19 y Santa Catarina Pínula.**

2.1.5 Cantidad demandada

Según los registros de venta de la cooperativa, se determinó que los socios mayoritarios de las zonas 5, 12 y 19, y del municipio de Santa Catarina Pínula, tienen una demanda de insumos promedio semanal, de: 75, 68, 35, 55 quintales, respectivamente. Por lo consiguiente la cantidad demandada total de insumos es de 233 quintales.

2.1.6 Cantidad ofertada

Se verificó que la cooperativa tiene un stock suficiente para abastecer a los socios mayoristas, por lo que su existencia mínima promedio de insumos es de: Bodega central, 88 quintales, bodega petapa, 40 quintales, bodega brigada, 80 quintales y en la bodega bolívar 42 quintales. La cantidad total ofertada mínima promedio de insumos es de 250 quintales.

2.2 Registros de los costos de transporte

2.2.1 Situación de los costos de transporte, para preparar la matriz de origen y destino.

Para la aplicación del modelo de transporte es necesario construir una matriz de origen y destino; por lo que se observaron los registros contables de la cooperativa COOPAN, R.L., para obtener los costos unitarios de transportar los insumos, desde las bodegas de la cooperativa a las bodegas de sus socios mayoristas.

La cooperativa, proporcionó los datos de los estados financieros, de donde se determinó, que el costo de transporte está integrado por las siguientes cuentas:

Mantenimiento de camión, sueldo del piloto, sueldos de ayudantes, combustible y la depreciación del camión.

Para el estudio, se consideraron 30 días laborales de cada mes y una jornada laboral de 8 horas, procediéndose a efectuar los calculos correspondientes, presentados en el cuadro No. 1:

CUADRO 2
COSTO DE TRANSPORTE
Agosto, 2011.

Cuenta	Costos mensuales en quetzales	Costos por día en quetzales (30 días)	Costo por hora en quetzales (8 horas)
Mantenimiento de camión (promedio)	850.00	28.33	3.54
Sueldo del piloto	2,500.00	83.33	10.42
Sueldos de ayudantes	4,600.00	153.33	19.17
Depreciación	5,116.00	170.53	21.32
Total	13,066.00	782.63	54.45

Fuente: elaboración propia, investigación de campo.

Seguidamente, se observó la integración de las rutas de entrega por día y por semana, para lo cual se determinó que el camión hace 7 rutas por día, de las cuales abastece a un socio mayorista, con el tiempo estimado de entrega para cada socio, se determina de la siguiente manera:

Jornada laboral, dividido en el total de rutas por día.

$8 / 7 = 1.15$ factor de tiempo estimado de entrega.

Se considera para el costo fijo en que incurre la cooperativa, para la entrega a cada socio mayorista, los siguientes datos:

$Q.54.45$ costo por hora * 1.15 factor de tiempo estimado = Q. **62.62** que es el costo fijo por ruta.

Para determinar el costo variable, se calcula lo siguiente:

kilometros recorrido por galón del camión = 50 kms. aproximadamente

Precio de galón de combustible promedio = Q.32.00

Se obtiene:

$Q.32.00 / 50 = 0.64$ que es el costo por km. recorrido.

Ruta	Kms. por ruta	Costo por Km. recorrido	Costo variable por ruta
De zona 1 a zona 5	9.8	0.64	Q. 6.27

Fuente: elaboración propia, investigación de campo; los kilometros por ruta, *ver detalle en anexo.

El costo variable de la ruta, de la bodega de zona 1 a la bodega de un socio mayorista de zona 5, es de Q. 6.27.

De acuerdo a los calculos realizados, se determina el procedimiento, para obtener los costos unitarios de transporte de una bodega de la cooperativa a una bodega de un cliente mayorista:

Ruta	Costo fijo	Costo variable	Total costo semanal	Total costo mensual	Quintales entregados en el mes	Costo por quintal
De zona 1 a zona 5	62.62	6.27	68.89	275.56	277	1.00

Fuente: elaboración propia, para el estudio; los costos son en quetzales.

Nota: la variación de los costos unitarios se debe a los kilómetros que existen entre los puntos de ubicación de las bodegas de la cooperativa a las bodegas de los socios mayoristas. *Ver anexo.

De acuerdo con lo anterior y con los cálculos proporcionados por el departamento de contabilidad de la cooperativa, los costos unitarios de transporte, son los siguientes:

CUADRO 3
MATRIZ DE COSTOS UNITARIOS
DEL TRANSPORTE DE LAS BODEGAS DE LA COOPERATIVA COOPAN, R.L.
A LAS BODEGAS DE LOS SOCIOS MAYORISTAS

DE \ A	Socios mayoristas en				
	zona 5	zona 12	zona 19	Santa Catarina Pinula	F
Bodega Central	1.00	1.08	1.98	1.29	0
Bodega Petapa	1.09	1.10	2.11	1.34	0
Bodega Brigada	1.18	1.16	1.73	1.41	0
Bodega Bolívar	1.02	0.95	1.92	1.25	0

Fuente: elaboración propia, investigación de campo.

De los datos obtenidos anteriormente, se construyó la matriz de origen y destino:

CUADRO 4
MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO
DEL TRANSPORTE DE LAS BODEGAS DE LA COOPERATIVA COOPAN, R.L.
A LAS BODEGAS DE LOS SOCIOS MAYORISTAS

DE \ A	Socios mayoristas en					Oferta
	zona 5	zona 12	zona 19	Santa Catarina Pinula	F	
Bodega Central	1.00	1.08	1.98	1.29	0	88
Bodega Petapa	1.09	1.10	2.11	1.34	0	40
Bodega Brigada	1.18	1.16	1.73	1.41	0	80
Bodega Bolívar	1.02	0.95	1.92	1.25	0	42
Demanda	75	68	35	55	17	250
						250

Fuente: elaboración propia, investigación de campo.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, R.L.

3.1 JUSTIFICACIÓN

Con la aplicación del modelo de transporte, la cooperativa COOPAN, R.L., encontrará el programa óptimo de distribución que le permitirá reducir los costos de transporte, de sus bodegas, ubicadas en la ciudad capital, a las bodegas de sus socios mayoristas.

3.2 APLICACIÓN

Con los datos presentados en el capítulo II, se procede a aplicar el modelo de transporte, para obtener la optimización del costo de distribución de insumos:

3.2.1 Planteamiento de la función objetivo

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } Z = & 1.00 X_{11} + 1.08 X_{12} + 1.98X_{13} + 1.29X_{14} + 0X_{15} + 1.09X_{21} + \\ & 1.10X_{22} + 2.11X_{23} + 1.34X_{24} + 0X_{25} + 1.18X_{31} + 1.16X_{32} + \\ & 1.73X_{33} + 1.41X_{34} + 0X_{35} + 1.02X_{41} + 0.95X_{42} + 1.92X_{43} + \\ & 1.25X_{44} + 0X_{45} \end{aligned}$$

3.2.2 Planteamiento de las restricciones

Sujeto a:

Las restricciones:

Origen

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 88$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} = 40$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 80$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} = 42$$

Destino

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} = 75$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} = 68$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} = 35$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} = 55$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} = 17$$

3.3 SOLUCIÓN

3.3.1 Esquina Nor-oeste

Se desarrolla el método de esquina Nor-oeste, distribuyéndose las unidades empezando con 75 unidades en la celda a_{11} ; hasta obtener un programa de distribución factible.

CUADRO 5
MÉTODO DE ESQUINA NOR-OESTE

DE \ A	Socios Mayoristas en					Oferta	Of	Of	Of	Of	Of	Of	Of
	zona 5	zona 12	zona 19	Santa Catarina Pinula	F								
Bodega Central	75	13				88	13	0	0	0	0	0	0
Bodega Petapa		40				40	40	40	0	0	0	0	0
Bodega Brigada		15	35	30		80	80	80	80	65	30	0	0
Bodega Bolívar				25	17	42	42	42	42	42	42	42	0
Demanda	75	68	35	55	17	250							
Demanda	0	68	35	55	17								
Demanda	0	55	35	55	17								
Demanda	0	15	35	55	17								
Demanda	0	0	35	55	17								
Demanda	0	0	0	55	17								
Demanda	0	0	0	25	17								
Demanda	0	0	0	0	17								
Demanda	0	0	0	0	0								

CUADRO 6
PROGRAMA DE DISTRIBUCIÓN FACTIBLE, ESQUINA NOR-OESTE

Origen	Destino	Unidad en Quintal	Costo Unitario en Q.	Costo Total Q.
Bodega Central	zona 5	75	1.00	75.00
Bodega Central	zona 12	13	1.08	14.04
Bodega Petapa	zona 12	40	1.10	44.00
Bodega Brigada	zona 12	15	1.16	17.40
Bodega Brigada	zona 19	35	1.73	60.55
Bodega Brigada	Santa Catarina Pinula	30	1.41	42.30
Bodega Bolívar	Santa Catarina Pinula	25	1.25	31.25
Bodega Bolívar	F	17	0.00	0.00
Total:		250		284.54

El costo del transporte, del método esquina nor-oeste, es de **Q.284.54**.

3.3.2 Mínimo costo

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

CUADRO 7
MÍNIMO COSTO

DE \ A	Socios Mayoristas en						Oferta	Of	Of	Of	Of	Of	Of	Of	Of
	zona 5	zona 12	zona 19	Santa Catarina Pinula	F										
Bodega Central	1.00	1.08	1.98	1.29	0	88	88	13	0	0	0	0	0	0	0
	75	13													
Bodega Petapa	1.09	1.10	2.11	1.34	0	40	40	40	40	27	0	0	0	0	
		13		27											
Bodega Brigada	1.18	1.16	1.73	1.41	0	80	80	80	80	80	80	52	17	0	
			35	28	17										
Bodega Bolívar	1.02	0.95	1.92	1.25	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	
		42													
Demanda	75	68	35	55	17	250									
Demanda	75	26	35	55	17										
Demanda	0	26	35	55	17										
Demanda	0	13	35	55	17										
Demanda	0	0	35	55	17										
Demanda	0	0	35	28	17										
Demanda	0	0	35	0	17										
Demanda	0	0	0	0	17										
Demanda	0	0	0	0	0										

CUADRO 8
PROGRAMA DE DISTRIBUCIÓN FACTIBLE, MÍNIMO COSTO

Origen	Destino	Unidad en Quintal	Costo Unitario en Q.	Costo Total Q.
Bodega Central	zona 5	75	1.00	75.00
Bodega Central	zona 12	13	1.08	14.04
Bodega Petapa	zona 12	13	1.10	14.30
Bodega Petapa	Santa Catarina Pinula	27	1.34	36.18
Bodega Brigada	zona 19	35	1.73	60.55
Bodega Brigada	Santa Catarina Pinula	28	1.41	39.48
Bodega Brigada	F	17	0.00	0.00
Bodega Bolívar	zona 12	42	0.95	39.90
Total:		250		279.45

El costo de transporte, para el método de mínimo costo, es de **Q.279.45**.

3.3.3 Aproximación de Vogel

CUADRO 9
APROXIMACIÓN DE VOGEL

DE \ A	Socios Mayoristas en					Oferta	M1	Of	M2	Of	M3	Of	M4	Of	M5	Of	M6	Of	M7	Of	M8	Of	
	zona 5	zona 12	zona 19	Santa Catarina Pinula	F																		
Bodega Central	1.00 75	1.08	1.98	1.29 13	0	88	0.08	88	0.08	88	0.08	13	0.21	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodega Petapa	1.09	1.10	2.11	1.34 40	0	40	0.01	40	0.01	40	0.01	40	0.18	40	0	40	0	0	0	0	0	0	
Bodega Brigada	1.18 26	1.16	1.73 35	1.41 2	0 17	80	0.02	45	0.02	45	0.02	45	0.25	19	0	19	0	19	0	17	0	0	
Bodega Bolivar	1.02 42	0.95	1.92	1.25	0	42	0.07	42	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Demanda	75	68	35	55	17	250																	
Multa 1	0.02	0.13	0.19	0.04	0																		
Demanda	75	68	0	55	17																		
Multa 2	0.02	0.13	0	0.04	0																		
Demanda	75	26	0	55	17																		
Multa 3	0.09	0.02	0	0.05	0																		
Demanda	0	26	0	55	17																		
Multa 4	0	0.02	0	0.05	0																		
Demanda	0	0	0	55	17																		
Multa 5	0	0	0	0.05	0																		
Demanda	0	0	0	42	17																		
Multa 6	0	0	0	0.07	0																		
Demanda	0	0	0	2	17																		
Multa 7	0	0	0	0	0																		
Demanda	0	0	0	0	17																		
Multa 8	0	0	0	0	0																		
Demanda	0	0	0	0	0																		

CUADRO 10
PROGRAMA DE DISTRIBUCIÓN FACTIBLE, APROXIMACIÓN DE VOGEL

Origen	Destino	Unidad en Quintal	Costo Unitario en Q.	Costo Total Q.
Bodega Central	zona 5	75	1.00	75.00
Bodega Central	Santa Catarina Pinula	13	1.29	16.77
Bodega Petapa	Santa Catarina Pinula	40	1.34	53.60
Bodega Brigada	zona 12	26	1.16	30.16
Bodega Brigada	zona 19	35	1.73	60.55
Bodega Brigada	Santa Catarina Pinula	2	1.41	2.82
Bodega Brigada	F	17	0.00	0.00
Bodega Bolivar	zona 12	42	0.95	39.90
Total:		250		278.80

El costo de transporte, para el método de aproximación de vogel, es de **Q.278.80.**

3.4 INTERPRETACIÓN DE LOS PROGRAMAS FACTIBLES DE DISTRIBUCIÓN:

ESQUINA NOR-OESTE	MINIMO COSTO	APROXIMACIÓN DE VOGEL
Q. 284.54	Q. 279.45	Q. 278.80

De los programas de distribución factibles a través de los métodos de esquina noroeste, mínimo costo y vogel, el que proporciona el mejor programa factible, es el método de vogel con un total de Q. 278.80; para determinar si el resultado de éste método, es el programa óptimo, es necesario hacer una evaluación con el método de los pasos secuenciales.

Método de los pasos secuenciales:

Cálculo de los costos marginales para cada celda vacía de la matriz de transportación del método de Vogel

CUADRO 11
MATRIZ PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS MARGINALES

DE \ A	Socios Mayoristas en						
	zona 5	zona 12	zona 19	Santa Catarina Pinula	F	Oferta	
Bodega Central	75	1.00	1.08	1.98	1.29	0	88
Bodega Petapa		1.09	1.10	2.11	1.34	0	40
Bodega Brigada		1.18	1.16	1.73	1.41	0	80
Bodega Bolivar		1.02	0.95	1.92	1.25	0	42
Demanda	75	68	35	55	17	250	250

Costo marginal para la celda a_{12}

75	1.00	inicio	1.08	1.98	1.29	0	
			+	13	-		
	1.09		1.10	2.11	1.34	0	
				40			
	1.18		1.16	1.73	1.41	0	
	26		-	35	2	+	17
	1.02		0.95	1.92	1.25	0	
	42						

$$a_{12} = 1.08 - 1.29 + 1.41 - 1.16 = 0.04$$

Costo marginal para la celda a_{13}

75	1.00	1.08	1.98	1.29	0
			inicio + 13	-	
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
				40	
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
		26	35	- 2 +	17
	1.02	0.95	1.92	1.25	0
		42			

$$a_{13} = 1.98 - 1.29 + 1.41 - 1.73 = 0.37$$

Costo marginal para la celda a_{15}

75	1.00	1.08	1.98	1.29	0
				13 inicio +	
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
				40	
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
		26	35	2 +	17 -
	1.02	0.95	1.92	1.25	0
		42			

$$a_{15} = 0 - 0 + 1.41 - 1.29 = 0.12$$

Costo marginal para la celda a_{21}

75	1.00	1.08	1.98	1.29	0
	-			13 +	
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
	inicio +			40 -	
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
		26	35	2	17
	1.02	0.95	1.92	1.25	0
		42			

$$a_{21} = 1.09 - 1 + 1.29 - 1.34 = 0.04$$

Costo marginal para la celda a_{22}

75	1.00		1.08		1.98		1.29		0
	1.09		1.10		2.11		1.34		0
		inicio	+			40	-		
	1.18		1.16		1.73		1.41		0
		26	-	35		2	+	17	
	1.02		0.95		1.92		1.25		0
		42							

$$a_{22} = 1.10 - 1.34 + 1.41 - 1.16 = 0.01$$

Costo marginal para la celda a_{23}

75	1.00		1.08		1.98		1.29		0
	1.09		1.10		2.11		1.34		0
				inicio	+	40	-		
	1.18		1.16		1.73		1.41		0
		26		35	-	2	+	17	
	1.02		0.95		1.92		1.25		0
		42							

$$a_{23} = 2.11 - 1.34 + 1.41 - 1.73 = 0.45$$

Costo marginal para la celda a_{25}

75	1.00		1.08		1.98		1.29		0
	1.09		1.10		2.11		1.34		0
						40	-	inicio	+
	1.18		1.16		1.73		1.41		0
		26		35		2	+	17	-
	1.02		0.95		1.92		1.25		0
		42							

$$a_{25} = 0 - 0 + 1.41 - 1.34 = 0.07$$

Costo marginal para la celda a_{31}

	1.00	1.08	1.98	1.29	0
75	-			13	+
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
inicio	+	26	35	2	-
	1.02	0.95	1.92	1.25	0
	42				

$$a_{31} = 1.18 - 1 + 1.29 - 1.41 = 0.06$$

Costo marginal para la celda a_{41}

	1.00	1.08	1.98	1.29	0
75	-			13	+
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
	26	+	35	2	-
inicio	+	42			
	1.02	0.95	1.92	1.25	0

$$a_{41} = 1.02 - 1 + 1.29 - 1.41 + 1.16 - 0.95 = 0.11$$

Costo marginal para la celda a_{43}

75	1.00	1.08	1.98	1.29	0
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
	26	+	35	2	-
	1.02	0.95	1.92	1.25	0
	42		inicio	+	

$$a_{43} = 1.92 - 0.95 + 1.16 - 1.73 = 0.40$$

Costo marginal para la celda a_{44}

75	1.00	1.08	1.98	1.29	0
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
	1.02	0.95	1.92	1.25	0
	26	35	2	17	
	42		inicio		

Diagrama de flujo para a_{44} : Una línea azul comienza en la celda a_{44} (1.25) con un signo '+', se mueve a la izquierda a la celda a_{42} (0.95) con un signo '-', luego hacia arriba a la celda a_{26} (1.16) con un signo '+', luego hacia la derecha a la celda a_{35} (1.41) con un signo '-', y finalmente hacia abajo a la celda a_{17} (1.29) con un signo '+'. El valor 'inicio' está escrito en la celda a_{42} .

$$a_{44} = 1.25 - 0.95 + 1.16 - 1.41 = 0.05$$

Costo marginal para la celda a_{45}

75	1.00	1.08	1.98	1.29	0
	1.09	1.10	2.11	1.34	0
	1.18	1.16	1.73	1.41	0
	1.02	0.95	1.92	1.25	0
	26	35	2	17	
	42			inicio	

Diagrama de flujo para a_{45} : Una línea azul comienza en la celda a_{45} (1.25) con un signo '+', se mueve a la izquierda a la celda a_{42} (0.95) con un signo '-', luego hacia arriba a la celda a_{26} (1.16) con un signo '+', y finalmente hacia la derecha a la celda a_{17} (1.29) con un signo '+'. El valor 'inicio' está escrito en la celda a_{42} .

$$a_{45} = 0 - 0.95 + 1.16 - 0 = 0.21$$

Luego de evaluar todas las celdas vacías, se obtuvieron costos marginales positivos, tal y como se presentan en conjunto los ciclos, ya realizados anteriormente:

$$a_{12} = 1.08 - 1.29 + 1.41 - 1.16 = 0.04$$

$$a_{13} = 1.98 - 1.73 + 1.41 - 1.29 = 0.37$$

$$a_{15} = 0 - 0 + 1.41 - 1.29 = 0.12$$

$$a_{21} = 1.09 - 1.34 + 1.29 - 1 = 0.04$$

$$a_{22} = 1.10 - 1.34 + 1.41 - 1.16 = 0.01$$

$$a_{23} = 2.11 - 1.34 + 1.41 - 1.73 = 0.45$$

$$a_{25} = 0 - 0 + 1.41 - 1.34 = 0.07$$

$$a_{31} = 1.18 - 1.41 + 1.29 - 1 = 0.06$$

$$a_{41} = 1.02 - 0.95 + 1.16 - 1.41 + 1.29 - 1 = 0.11$$

$$a_{43} = 1.92 - 1.73 + 1.16 - 0.95 = 0.40$$

$$a_{44} = 1.25 - 1.41 + 1.16 - 0.95 = 0.05$$

$$a_{45} = 0 - 0 + 1.16 - 0.95 = 0.21$$

Se puede observar que se alcanzo la asignación óptima ya que los costos marginales todos son positivos, por lo tanto se presenta el:

CUADRO 12
PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN:

Origen	Destino	Unidad en Quintal	Costo Unitario en Q.	Costo Total Q.
Bodega Central	zona 5	75	1.00	75.00
Bodega Central	Santa Catarina Pinula	13	1.29	16.77
Bodega Petapa	Santa Catarina Pinula	40	1.34	53.60
Bodega Brigada	zona 12	26	1.16	30.16
Bodega Brigada	zona 19	35	1.73	60.55
Bodega Brigada	Santa Catarina Pinula	2	1.41	2.82
Bodega Brigada	F	17	0.00	0.00
Bodega Bolivar	zona 12	42	0.95	39.90
Total:		250		278.80

3.5 Análisis del resultado:

Con la aplicación del método de aproximación de vogel, para llegar al costo óptimo, fue necesario hacer únicamente una evaluación. Siendo el costo óptimo de transporte de Q. 278.80.

COMPROBACIÓN DE FUNCIÓN OBJETIVO

$$\begin{aligned} \text{Minimiza } Z = & 1 (75) + 1.08 (0) + 1.98(0) + 1.29 (13) + 0 (0) + 1.09 (0) + 1.10(0) + \\ & 2.11(0) + 1.34(40) + 0 (0) + 1.18 (0) + 1.16(26) + 1.73 (35) + 1.41(2) \\ & + 0(17) + 1.02(0) + 0.95(42) + 1.92(0) + 1.25(0) + 0(0) \end{aligned}$$

$$Z = \mathbf{278.80}$$

COMPROBACIÓN RESTRICCIONES

Origen:

$$1) 75 + X_{12} + X_{13} + 13 + x_{15} = 88$$

$$88 = 88$$

$$2) X_{21} + X_{22} + X_{23} + 40 + X_{25} = 40$$

$$40 = 40$$

$$3) X_{31} + 26 + 35 + 2 + 17 = 80$$

$$80 = 80$$

$$4) X_{41} + 42 + X_{43} + X_{44} + X_{45} = 42$$

$$42 = 42$$

Destino:

$$\begin{aligned}
 5) \quad & 75 + X_{21} + X_{31} + X_{41} = 75 \\
 & \qquad \qquad \qquad 75 = 75 \\
 6) \quad & X_{12} + X_{22} + 26 + 42 = 68 \\
 & \qquad \qquad \qquad 68 = 68 \\
 7) \quad & X_{13} + X_{23} + 35 + X_{43} = 35 \\
 & \qquad \qquad \qquad 35 = 35 \\
 8) \quad & 13 + 40 + 2 + 0 = 55 \\
 & \qquad \qquad \qquad 55 = 55 \\
 9) \quad & X_{15} + X_{25} + 17 + X_{45} = 17 \\
 & \qquad \qquad \qquad 17 = 17
 \end{aligned}$$

3.6 Análisis comparativo con respecto a los costos de transporte

Así como lo representa el cuadro 13, luego de la aplicación del modelo, la cooperativa obtendrá ahorros significativos, en el renglón de los costos de transporte, de los cuatro clientes mayoristas de Q.422.32, mensuales.

CUADRO 13
DE LOS CUATRO CLIENTES MAYORISTAS, SIN Y CON LA APLICACIÓN DEL MODELO

TOTAL COSTO SEMANAL, SIN LA APLICACIÓN DEL MODELO	TOTAL COSTO SEMANAL, CON LA APLICACIÓN DEL MODELO	TOTAL COSTO MENSUAL, SIN LA APLICACIÓN DEL MODELO	TOTAL COSTO MENSUAL, CON LA APLICACIÓN DEL MODELO
Q.1,220.78	Q.1,115.20	Q.4,883.12	Q.4,460.8
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA Q.105.58		DIFERENCIA SIGNIFICATIVA Q.422.32	

fuelle: elaboración propia, investigación de estudio, y datos obtenidos en anexo.

CONCLUSIONES

1. Al realizar este estudio, se verificó que la cooperativa COOPAN, R.L., no aplica procedimientos matemáticos en cumplimiento a la distribución de insumos.
2. De acuerdo a la recopilación de datos, se demuestra que la cooperativa, no tiene un método de solución, donde el tomador de decisiones pueda establecer el mejor plan de distribución.
3. La cooperativa puede obtener un costo óptimo en la distribución de harina, en sus rutas actuales de trabajo, con el uso del método de los pasos secuenciales.
4. La cooperativa no cuenta con el personal capacitado para el desarrollo de este modelo matemático.

RECOMENDACIONES

1. Para que la cooperativa COOPAN, R.L., mantenga mejor control sobre la distribución de insumos, se recomienda que apliquen procedimientos matemáticos, los cuales le permitira al personal encargado, verificar periodicamente.
2. Para que la cooperativa, distribuya los insumos a un costo de envío mínimo, se le recomienda que implemente el uso del modelo de transporte, el cual puede ser verificado y comprobado, ya que para este estudio demostró considerablemente la reducción de los costos unitarios de transporte.
3. De acuerdo al resultado obtenido con la aplicación del método de los pasos secuenciales, se recomienda a la cooperativa, que utilice dicho método, para percibir ahorros significativos en el renglón de transporte.
4. Contratar a personal profesional o instruir a personal administrativo que sea encargado de la aplicación del modelo matemático, para dar seguimiento y mantener el programa óptimo de distribución de insumos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Eppen, G. D., et al. 2000. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. 5ª. Ed. México. Prentice Hall Hispanoamericana, s.a. 702 p.
2. Hillier, F. S. y Lieberman G. J. 2006. Introducción a la Investigación de Operaciones. 8ª. Ed. México. McGraw-Hill Interamericana Editores, s.a. de C.V. 1064 p.
3. Instituto Nacional de Cooperativa –INACOP- “Estatutos de la Cooperativa Integral de Consumo de Pequeños Productores de Pan Popular Responsabilidad Limitada”, Guatemala, C.A. 37 p.
4. Mathur, K. y Solow D. 1996. Investigación de Operaciones. 1a. ed. México. Prentice Hall. 977 p.
5. Monks, J. G., 1991. Administración de Operaciones. México. McGraw-Hill. 412 p.
6. Taha H. A. 1998. Investigación de Operaciones una Introducción. México. Prentice Hall. 916 p.

ANEXO



TESIS MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, R.L. –COOPAN, R.L.-

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela de Administración de Empresas

Tesis de grado

La presente **Guía de Observación**, se hará con el objetivo de conocer los registros contables que generan los costos de transporte, de los socios mayoristas:

Orígenes (direcciones)

Bodegas ubicadas en: 3ra. Avenida "B" 26-42, zona 1; Avenida La Brigada 14-31, zona 7 de Mixco; Avenida Petapa 3ra. Calle 25-30, zona 12; Avenida bolívar 14-42 zona 8.

Destinos (ubicación de los socios)

Zona 5, Zona 12, Zona 19, y el municipio de Santa Catarina Pínula.

Estas son las zonas y municipio en donde esta la ubicación de los socios.

Unidad de medida: (1 quintal)

Sacos: de 100 libras, de harina.

Rutas de camión (cantidad de rutas diarias)

7 Rutas diarias de lunes a sábado, de donde se tiene registrado únicamente 1 ruta al día para abastecer a un socios mayorista, de los cuales son cuatro: lunes, zona 5; martes, zona 19, miércoles, santa Catarina pínula; y viernes, zona 12.

Jornada laboral:

8 horas diarias. No pagan horas extras.



TESIS MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, R.L. –COOPAN, R.L.-

Mantenimiento de camión:

Q.850.00 mensuales, promedio.

Las características del camión son:

Marca Internacional, utiliza diesel.

Modelo 2003, capacidad de 12 toneladas, hace aproximadamente 50 kms. Por galón.

Precio de combustible:

Q. 32.00, precio del galón de diesel.

Depreciación del camión:

Q.5,116.00, mensualmente.

Sueldos del piloto y ayudantes

Sueldo del piloto Mensual Q. 2, 500.00

Sueldo de Ayudante 1 Q. 2, 300.00

Sueldo de Ayudante 2 Q. 2, 300.00

Fecha: _____

Nombre del Alumno: _____ firma:

Nombre del Asesor Lic. _____ firma:



Ficha de observación a los registros:

Rutas diarias, cantidad entregada de quintales a cada uno de los socios, semanalmente.

LUNES	ZONA	QUINTALES
N.1		5
N.2		5
N.3		20
N.4		15
N.5		75
N.6		12
N.6		16
N.7		35
N.7		16
N.8		33
N.8		16
SUMA:		209

MARTES	ZONA	QUINTALES
N.1		7
N.1		7
N.2		19
N.2		27
N.3		19
N.3		25
N.4		19
N.4		27
N.5		19
N.5		31
N.6		5
N.6		30
N.7		5
N.7		8
SUMA:		155

MIÉRCOLES	ZONA	QUINTALES
N.1		14
N.1		28
N.2	Sta.Catarina Pínula	55
N.3	Sta.Catarina Pínula	33
N.4	Sta.Catarina Pínula	47
N.5		5
N.5		11
SUMA:		174

JUEVES	ZONA	QUINTALES
N.1		5
N.1		62
N.2		5
N.2		23
N.3		5
N.3		15
N.4		5
N.4		4
N.5		13
N.5		31
N.6		13
N.6		2
N.7		13
N.7		25
N.8		1
N.8		26
SUMA:		188

VIERNES	ZONA	QUINTALES
N.1		11
N.1		10
N.2		11
N.2		11
N.3		12
N.3		12
N.4		12
N.4		31
N.5		12
N.5		17
N.6		12
N.6		20
N.7		12
N.7		68
N.8		12
N.8		16
N.9		12
N.9		10
N.10		12
N.10		13
SUMA:		208

SÁBADO	ZONA	QUINTALES
N.1		1
N.1		15
N.2		1
N.2		5
N.3		1
N.3		27
N.4		5
N.4		31
N.5		18
N.5		15
N.6		5
N.6		13
SUMA:		106

* cálculo de la demanda de los clientes mayoristas, en promedio.



Ficha de observación a los registros:

Despliegue de las rutas a los clientes mayoristas por semana.

Semana	zona 5	zona 12	zona 19	Santa Catarina Pinula
1	75	68	35	55
2	67	70	32	60
3	63	75	38	64
4	72	76	45	65
Total	277	289	150	244

Quintales entregados, promedio en un mes.



TESIS MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, R.L. –COOPAN, R.L.-

COSTOS POR KILOMETRO RECORRIDO POR RUTA

Ruta	Detalle de la ruta	Kilómetros	Factor	Costos por km. recorrido
1.	Zona 1 a zona 5	9.8 *	0.64 =	6.27
2.	Zona 1 a zona 12	23.8 *	0.64 =	15.23
3.	Zona 1 a zona 19	18.6 *	0.64 =	11.90
4.	Zona 1 a S.C.P.	25 *	0.64 =	16.00
5.	Zona 12 a zona 5	20.8 *	0.64 =	13.31
6.	Zona 12 a zona 12	26.6 *	0.64 =	17.02
7.	Zona 12 a zona 19	25.8 *	0.64 =	16.51
8.	Zona 12 a S.C.P.	30.2 *	0.64 =	19.33
9.	Zona 7 a zona 5	30 *	0.64 =	19.20
10.	Zona 7 a zona 12	33.4 *	0.64 =	21.38
11.	Zona 7 a zona 19	3.6 *	0.64 =	2.30
12.	Zona 7 a S.C.P.	37 *	0.64 =	23.68
13.	Zona 8 a zona 5	12.2 *	0.64 =	7.81
14.	Zona 8 a zona 12	9.6 *	0.64 =	6.14
15.	Zona 8 a zona 19	14.6 *	0.64 =	9.34
16.	Zona 8 a S.C.P.	<u>21</u> *	0.64 =	<u>13.44</u>
	Totales	342		218.86

El factor es el resultado de la división entre el precio del combustible, con los kilómetros recorridos por galón del camión:

$$32 / 50 = 0.64$$

Costo total semanal de los cuatro socios mayoristas:

Costo fijo (de los 4 socios, Q.62.62 * 16 rutas)	Q.1,001.92
Costo variable en combustible (consumo * km.)	<u>218.86</u>
Costo total de transporte (4 socios)	Q.1,220.78



TESIS MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE INSUMOS, PARA LA COOPERATIVA INTEGRAL DE CONSUMO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAN POPULAR, R.L. –COOPAN, R.L.-

DETALLE DE LOS COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE

Ruta	Costo fijo en Q.	Costo variable en Q.	Total costo semanal en Q.	Total costo mensual en Q.	Quintales entregados en el mes	Costo por quintal
1	62.62	6.27	68.89	275.56	277	0.9948
2	62.62	15.23	77.85	311.40	289	1.0775
3	62.62	11.90	74.52	298.08	150	1.9872
4	62.62	16.00	78.62	314.48	244	1.2888
5	62.62	13.31	75.93	303.72	277	1.0964
6	62.62	17.02	79.64	318.56	289	1.1022
7	62.62	16.51	79.13	316.52	150	2.1101
8	62.62	19.33	81.95	327.80	244	1.3434
9	62.62	19.20	81.82	327.28	277	1.1815
10	62.62	21.38	84.00	336.00	289	1.1626
11	62.62	2.30	64.92	259.68	150	1.7312
12	62.62	23.68	86.30	345.20	244	1.4147
13	62.62	7.81	70.43	281.72	277	1.0170
14	62.62	6.14	68.76	275.04	289	0.9516
15	62.62	9.34	71.96	287.84	150	1.9189
16	62.62	13.44	76.06	304.24	244	1.2468
Σ	1,001.92	218.86	1,220.78	4,883.12		

Fuente: datos proporcionados por la cooperativa, cifras expresadas en quetzales.