



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Modelo matemático para optimizar el costo del transporte pesado de carga agrícola, utilizando programación lineal, para la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera Sociedad Anónima.

PATRICIA MERCEDES CEPEDA SILVA

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN MATEMÁTICA MENCIÓN MODELACIÓN Y
DOCENCIA**

Riobamba - Ecuador
Mayo 2022

©2022, Patricia Mercedes Cepeda Silva.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El **Trabajo de Titulación Modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, denominado: Modelo matemático para optimizar el costo del transporte pesado de carga agrícola, utilizando programación lineal, para la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera Sociedad Anónima., de responsabilidad de la señora Patricia Mercedes Cepeda Silva, ha sido minuciosamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA, Ph.D.
PRESIDENTE



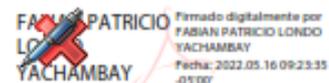
Dr. VICENTE MARLON VILLA VILLA, Ph. D.
DIRECTOR



Ing. JUAN ALBERTO AVALOS REYES; MsF.
MIEMBRO



Ing. FABIÁN PATRICIO LONDO YACHAMBAY,
Mag.
MIEMBRO



Riobamba, mayo 2022

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Patricia Mercedes Cepeda Silva soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

PATRICIA MERCEDES CEPEDA SILVA

No. Cédula 020210420-4

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Patricia Mercedes Cepeda Silva, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

PATRICIA MERCEDES CEPEDA SILVA

No. Cédula 020210420-4

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al ser supremo por darme la oportunidad de transitar por este mundo lleno de retos por cumplir y metas que superar, hoy finaliza una más de ellas en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera muy especial al equipo de trabajo de esta investigación, por la predisposición de formar parte de la misma, mediante su dirección y asesoría, basta experiencia, apoyo y confianza supieron encaminar cada uno de los esfuerzos realizados en este trabajo.

Patricia Cepeda Silva

ÍNDICE

RESUMEN	xix
SUMMARY	xx
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Formulación del problema	2
1.2 Preguntas directrices o específicas de la investigación.....	2
1.3 Justificación de la investigación	2
1.3.1 Justificación teórica	2
1.3.2 Justificación metodológica.....	3
1.3.3 Justificación práctica.....	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis	4
CAPÍTULO II	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes del Problema.....	5
2.2 Bases Teóricas	7
2.2.1 Modelo.....	7
2.2.2 Modelos matemáticos	8
2.2.3 El Modelo de Transporte	10
2.2.3.1 Definición del Modelo de Transporte.....	10
2.2.3.2 Variaciones en el modelo de transporte.....	11
2.2.3.3 Métodos de Transporte	11
2.2.4 Transporte	15
2.2.4.1 Transporte terrestre de carga.....	15

2.2.4.2	Sistema vial ecuatoriano	16
2.2.4.3	Condiciones geográficas	18
2.2.4.4	Peajes	19
2.2.4.5	Seguro de carga del vehículo	19
2.2.4.6	Escenario.....	20
2.2.4.7	Tipo de carga	25
2.2.4.8	Tipos de vehículos	25
2.2.4.9	Clase de Vehículo de Carga.....	26
2.2.5	Costos.....	26
2.2.5.1	Costos del Transporte	26
2.2.5.2	Clasificación de los costos	27
2.2.5.2.1	Costos fijos.....	27
2.2.5.2.2	Costos variables.....	34
2.2.6	Tarifas en el transporte.....	46
2.2.6.1	Tarifas relacionadas con el volumen	46
2.2.6.2	Tarifas relacionadas con las distancias	46
2.2.6.3	Tarifas relacionadas con la demanda	47
2.2.7	Software	47
2.2.8	Simulación	48
CAPÍTULO III		49
3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	49
3.1	Metodología	49
3.2	Población de Estudio.....	49
3.3	Técnicas de recolección de datos	49
CAPÍTULO IV		50
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1	Resultados	50

4.2	Discusión de Resultados	67
	CAPÍTULO V	69
5	PROPUESTA.....	69
5.1.1	Modelado Matemático del Sistema de Transporte.....	69
5.1.2	Solución Básica para el Costo del Transporte vehículo de 18 toneladas	81
5.1.3	Validación del Modelo Matemático con WINQSB (Herramienta Network Modeling) vehículo 18 toneladas.....	83
5.1.4	Interpretación de los resultados.....	89
5.1.5	Solución Básica para el Costo del Transporte vehículo de 24 toneladas	89
5.1.6	Validación del Modelo Matemático con WINQSB (Herramienta Network Modeling) vehículo 24 toneladas.....	91
5.1.7	Interpretación de los resultados obtenidos de WinQSB.....	97
	CONCLUSIONES	98
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Representación matricial del método esquina noroeste	12
Tabla 2-2: Red vial nacional segun categoria de camino	16
Tabla 3-2: Vías primarias en Ecuador.....	17
Tabla 4-2: Datos geográficos de las rutas por las que recorren los productos agrícolas	18
Tabla 5-2: Tarifas de los peajes.....	19
Tabla 6-2: Tipos de vehículos de carga para la transportación de productos agrícolas	26
Tabla 7-2: Clase de Vehículo de Carga.....	26
Tabla 8-2: Clasificación de los Costos.....	27
Tabla 9-2: Cálculo Aporte patronal.....	28
Tabla 10-2: Cálculo de los Fondos de reserva	28
Tabla 11-2: Depreciación vehículo de 18 toneladas	30
Tabla 12-2: Depreciación vehículo de 24 toneladas	31
Tabla 13-2: Amortización de la carpa vehículo 18 toneladas	31
Tabla 14-2: Amortización del extintor	31
Tabla 15-2: Amortización artículos varios.....	32
Tabla 16-2: Amortización de la carpa.....	32
Tabla 17-2: Amortización del extintor	32
Tabla 18-2: Amortización artículos varios.....	33
Tabla 19-2: Cantidad de combustible por tipo de vehículo.....	34
Tabla 20-2: Precio de combustible.....	36
Tabla 21-2: Parámetros de los Neumáticos	37
Tabla 22-2: Consumo de llantas ruta Riobamba - Guayaquil	38
Tabla 23-2: Consumo de llantas ruta Riobamba - Machala	38
Tabla 24-2: Consumo de llantas ruta Riobamba – Huaquillas	38
Tabla 25-2: Consumo de llantas ruta Cajabamba – Guayaquil	39
Tabla 26-2: Consumo de llantas ruta Cajabamba – Machala.....	39

Tabla 27-2: Consumo de llantas ruta Cajabamba – Huaquillas	39
Tabla 28-2: Consumo de llantas ruta Guamote – Guayaquil	40
Tabla 29-2: Consumo de llantas ruta Guamote – Machala	40
Tabla 30-2: Consumo de llantas ruta Guamote – Huaquillas.....	40
Tabla 31-2: Descripción mantenimiento semestral vehículo 18 toneladas	41
Tabla 32-2: Descripción mantenimiento semestral vehículo 24 toneladas	42
Tabla 33-2: Servicio de lavado – engrase vehículos 18 y 24 toneladas	43
Tabla 34-2: Precio de las Baterías.....	43
Tabla 35-2: Matriz de distancias ruta Riobamba - Guayaquil.....	44
Tabla 36-2: Matriz de distancias ruta Riobamba – Machala.....	44
Tabla 37-2: Matriz de distancias ruta Riobamba – Huaquillas	44
Tabla 38-2: Matriz de distancias ruta Cajabamba – Guayaquil	44
Tabla 39-2: Matriz de distancias ruta Cajabamba – Machala	45
Tabla 40-2: Matriz de distancias ruta Cajabamba – Huaquillas.....	45
Tabla 41-2: Matriz de distancias ruta Guamote – Guayaquil.....	45
Tabla 42-2: Matriz de distancias ruta Guamote – Machala.....	46
Tabla 43-2: Matriz de distancias ruta Guamote – Huaquillas	46
Tabla 1-4: Sexo.....	50
Tabla 2-4: Edad.....	51
Tabla 3-4: Conocimiento sobre el cálculo de los costos del transporte	52
Tabla 4-4: Importancia del modelo matemático.....	53
Tabla 5-4: Elementos del costo	54
Tabla 6-4: Bienes que transporta la compañía	55
Tabla 7-4: Importancia del tiempo de salida y llegada de los bienes.....	56
Tabla 8-4: Volumen de carga de los vehículos de la compañía	57
Tabla 9-4: Frecuencia de viajes.....	58
Tabla 10-4: Tipo de combustible.....	59
Tabla 11-4: Oferta.....	60

Tabla 12-4: Demanda	61
Tabla 13-4: Tiempo de llegada al destino	62
Tabla 14-4: Tiempo maximo de traslado de productos agrícolas a los distintos mercados	63
Tabla 15-4: Productos que generalmente se transportan.....	64
Tabla 16-4: Costo que se cobra por transportar los productos agrícolas.....	65
Tabla 1-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Guayaquil	69
Tabla 2-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Machala.....	70
Tabla 3-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Huaquillas	70
Tabla 4-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajababamba – Guayaquil.....	71
Tabla 5-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajababamba – Machala.....	72
Tabla 6-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajababamba – Huaquillas	72
Tabla 7-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Guayaquil.....	73
Tabla 8-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Machala.....	74
Tabla 9-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Huaquillas	74
Tabla 10-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Guayaquil	75
Tabla 11-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Machala	76
Tabla 12-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Huaquillas	76
Tabla 13-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajabamba – Guayaquil.....	77
Tabla 14-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajabamba – Machala	77
Tabla 15-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajabamba – Huaquillas.....	78
Tabla 16-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Guayaquil.....	79
Tabla 17-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Machala.....	79
Tabla 18-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Huaquillas	80
Tabla 19-5: Resumen de costos por viaje vehículo 18 toneladas.....	81
Tabla 20-5: Resumen de costos por viaje vehículo 24 toneladas.....	81
Tabla 21-5: Matriz de cantidades.....	82
Tabla 22-5: Matriz de costos por tonelada	82
Tabla 23-5: Matriz de cantidades.....	90

Tabla 24-5: Matriz de costos por tonelada 90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Sexo	50
Gráfico 2-4: Edad.....	51
Gráfico 3-4: Conocimiento sobre el cálculo de los costos del transporte	52
Gráfico 4-4: Importancia del Modelo Matemático.....	53
Gráfico 5-4: Elementos del Costo	54
Gráfico 6-4: Bienes que transporta la compañía	55
Gráfico 7-4: Importancia del tiempo de salida y llegada de los bienes.....	56
Gráfico 8-4: Volumen de carga de los vehículos de la compañía	57
Gráfico 9-4: Frecuencia de viajes.....	58
Gráfico 10-4: Tipo de combustible	59
Gráfico 11-4: Oferta.....	60
Gráfico 12-4: Demanda.....	61
Gráfico 13-4: Tiempo de llegada al destino	62
Gráfico 14-4: Tiempo maximo de traslado de productos agrícolas a los distintos mercados	63
Gráfico 15-4: Productos agrícolas que generalmente se transportan	64
Gráfico 16-4: Costo de transporte	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Representación del modelo de transporte con nodos y arcos	11
Figura 2-2: Red vial nacional ecuatoriana.....	17
Figura 3-2: Canal logístico de la transportación de carga agrícola	20
Figura 4-2: Ruta Riobamba – Guayaquil	21
Figura 5-2: Ruta Riobamba – Machala	21
Figura 6-2: Ruta Riobamba – Huaquillas.....	22
Figura 7-2: Ruta Cajabamba – Guayaquil.....	22
Figura 8-2: Ruta Cajabamba – Machala.....	23
Figura 9-2: Ruta Cajabamba – Huaquillas	23
Figura 10-2: Ruta Guamote – Guayaquil	24
Figura 11-2: Ruta Guamote – Machala	24
Figura 12-2: Ruta Guamote – Huaquillas	25
Figura 13-2: Elementos para el cálculo de costos variables.....	34
Figura 14-2: Tipos de neumáticos: D (Direccional), T (Tracción) y EL (Ejes libres)	37
Figura 1-5: Ingreso de datos.....	83
Figura 2-5: Selección del método a aplicar	84
Figura 3-5: Resultado del método esquina noroeste	84
Figura 4-5: Ingreso de datos.....	85
Figura 5-5: Selección del método a aplicar	85
Figura 6-5: Resultado del método costos mínimos	86
Figura 7-5: Ingreso de datos.....	86
Figura 8-5: Selección del método a aplicar	87
Figura 9-5: Resultado del método Vogel	87
Figura 10-5: Ingreso de datos.....	88
Figura 11-5: Selección del método a aplicar	88
Figura 12-5: Resultado del método Russel.....	89

Figura 13-5: Ingreso de datos.....	91
Figura 14-5: Selección del método a aplicar	92
Figura 15-5: Resultado del método esquina noroeste	92
Figura 16-5: Ingreso de datos.....	93
Figura 17-5: Selección del método a aplicar	93
Figura 18-5: Resultado del método costos mínimos	94
Figura 19-5: Ingreso de datos.....	94
Figura 20-5: Selección del método a aplicar	95
Figura 21-5: Resultado del método Vogel	95
Figura 22-5: Ingreso de datos.....	96
Figura 23-5: Selección del método a aplicar	96
Figura 24-5: Resultado del método Russel.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Encuesta dirigida a los socios de la Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.	1122
Anexo B: Carta de auspicio.....	1724
Anexo C: Vehículos de la compañía	1205

RESUMEN

El objetivo fue diseñar un modelo matemático para optimizar el costo del transporte pesado de carga agrícola, utilizando programación lineal, para la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera Sociedad Anónima. El modelo se basó en el estudio de costos fijos y variables en los cuales se ponderó la distancia, el volumen de carga, el tiempo de llegada y salida, lubricantes y combustibles y demás variables que intervienen en la fijación del precio del transporte. El trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y su diseño de carácter no experimental con corte transversal, se emplearon los métodos, inductivo, deductivo y el sistémico. Para la recolección de la información se utilizó como técnica la encuesta y como instrumento el cuestionario que cumplieron con las cualidades de validez y confiabilidad. Con una población de 80 socios de la compañía y una muestra de 66, se evidenció que el 65% de los encuestados desconocen sobre el cálculo del costo real del transporte y el 76% consideraron necesario el modelo matemático en la definición del cálculo del costo en esta área económica, puesto que la forma habitual de calcularlo era en función del precio de la competencia, así lo indicó el 30% de los transportistas. Se concluye que: un mayor ajuste en los costos se alcanza con los métodos de Vogel y Russel logro que se validó a través del sistema WINQSB, Heramienta *Network Modeling*.

Palabras clave: < MODELO MATEMÁTICO>, <PROGRAMACIÓN LINEAL>, <COSTOS>, <PRECIO>, <TRANSPORTE PESADO>, < WINQSB (SOFTWARE)>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente
por LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766
974, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2022.02.15
17:09:06 -05'00'



0012-DBRA-UPT-IPEC-2022

SUMMARY

The objective was to design a mathematical model to optimize the cost of transporting heavy truckloads of agricultural products, utilizing linear programming, for the interprovincial transportation company “Jaime Roldós Aguilera Anonymous Society.” The model was based on the study of fixed costs and variables by which we analyzed the distance, cargo volume, arrival and departure time, fuel and lubricants, and other variables that intervene in the fixation of the cost of transportation. The investigative work had a quantitative and descriptive focus and its non-experimental character design with transverse shortcuts; inductive, deductive, and systemic methods were employed. To collect information, surveys and questionnaires were used as a technique as well as an instrument to provide valid and trustworthy data. With a population of 80 associates from the company and a sample of 66, it was evidenced that 65% of those surveyed were ignorant about the true calculated cost of transportation, and 76% considered that the mathematical model for defining the calculated cost in this economic area was necessary, given that the typical form of calculating it was by simply comparing it with the competition, as indicated by 30% of those who transport these goods. In conclusion: a major change in expenses is reached with the methods of Vogel and Russel which is validated by the system WINQSB, Herramienta Network Modeling.

Key Words: <MATHMATICAL MODEL>, <LINEAR PROGRAMMING>, <COST>, <PRICE>, <HEAVY TRUCKLOADS>, <WINQSB (SOFTWARE)>

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las operaciones que se llevan a cabo para realizar la transportación de carga agrícola en el comercio interno, el costo de transporte es uno de los más importantes. Zamora y Pedraza (2013) afirman que este se ha convertido en una actividad de suma relevancia dentro de cada operación de transporte en el contexto interno y externo, consolidándose como una variable de gran importancia en el alcance de los niveles de competitividad de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A., en el mercado; siendo necesario preguntarnos ¿Cómo el modelo matemático incide en la optimización del costo del transporte pesado de carga agrícola?, ¿Cómo afectan los costos de transportación de carga agrícola en los precios de los productos que se comercializan en los mercados mayoristas? ¿Cómo se estructuran los costos de transporte de carga desde las ciudades de Riobamba, Cajabamba y Guamote hacia Guayaquil, Machala y Huaquillas?, ¿Qué variables fundamentales se utilizan para optimizar el costo del transporte de cierta cantidad de bienes, desde las ciudades de origen hacia las ciudades destino?, y ¿De qué forma se proratea el costo de transporte a la carga a ser transportada de modo que no afecte el valor del bien en el punto de destino?, preguntas fundamentales puesto que el trabajo investigativo que se presenta tiene como objeto diseñar un modelo matemático para el sector transportador de carga agrícola empleando sistemas de programación lineal, esquina noreste el cual comprende un conjunto de pasos secuenciales que busca las distintas iteraciones que provoca el costo del transporte a través de éste método, entre otros métodos de programación lineal.

El desarrollo de la investigación lo integran cinco capítulos, en el primero se establece la formulación, objetivos y justificación de la investigación, un segundo capítulo trata de la construcción del marco teórico referencial como base conceptual para orientar la propuesta. El tercer capítulo orienta la investigación a través de métodos, técnicas y procedimientos que se emplean para el desarrollo de la investigación en la construcción del modelo matemático. Por su parte, en el cuarto capítulo aborda los resultados producto de la aplicación de los instrumentos aplicados para la recolección de datos y finalmente en el quinto capítulo se desarrolla la propuesta, así como la validación de la misma a través del sistema WINQSB, herramienta *Network Modeling*.

1.1 Formulación del problema

¿Cómo el modelo matemático incide en la optimización del costo del transporte pesado de carga agrícola de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera, Sociedad Anónima?

1.2 Preguntas directrices o específicas de la investigación

¿Cómo afectan los costos de transportación de carga agrícola en los precios de los productos que se comercializan en los mercados mayoristas?

¿Cómo se estructuran los costos de transporte de carga desde las ciudades de Riobamba, Cajabamba y Guamote hacia Guayaquil, Machala y Huaquillas?

¿Qué variables fundamentales se utilizan para optimizar el costo del transporte de cierta cantidad de bienes, desde las ciudades de Riobamba, Cajabamba y Guamote hacia Guayaquil, Machala y Huaquillas?

¿De qué forma se prorratea el costo de transporte a la carga a ser transportada de modo que no afecte el valor del bien en el punto de destino?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación teórica

El trabajo investigativo que se presenta tuvo como objeto diseñar un modelo matemático para optimizar el costo del transporte del sector transportador de carga agrícola empleando programación lineal, para la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera, Sociedad Anónima.

La motivación del presente trabajo investigativo nace del conjunto de circunstancias adversas que mantiene el sector transportador de carga agrícola del cantón Riobamba, siendo este sector uno de los principales generadores de empleo en la localidad y el país.

Según datos publicados en la revista EKOS, el transporte es uno de los sectores que más participa en el encadenamiento del sector productivo general. En el país, la actividad de transporte mantiene el 13% del total de empresas de la economía, y sus ingresos totales representan el 4% del sector

privado. Su aporte al PIB es del 5,2%. Al cierre del tercer trimestre de 2020, este sector reporta un crecimiento del 2,1%, lo que demuestra un crecimiento en su actividad respecto al mismo periodo en el 2019.

El costo de transporte constituye el punto neurálgico al momento de establecer el precio de un producto, puesto que es el único costo que se lo añade al mismo, siendo necesario contar con un costo de transporte económico para que los precios de los productos no pierdan competitividad en el mercado; es decir, compitan con los productos de la localidad en la misma línea. De ahí la importancia práctica de contar con un modelo matemático que facilite el cálculo de los costos de transportar cierta cantidad de bienes desde un origen o varios orígenes hacia un punto o varios puntos de distribución. (Avalos, 2017)

1.3.2 Justificación metodológica

Desde un punto de vista metodológico fue necesario el uso de herramientas de programación lineal, mismas que han permitido y han facilitado el cálculo de aproximaciones sucesivas de costos hasta llegar al costo mínimo, como lo aclara (Guerrero, 2017) en su libro Programación Lineal Aplicada.

1.3.3 Justificación práctica

Desde la perspectiva de los beneficiarios, se justificó la realización del modelo porque era necesario contar con costos en la transportación que se constituyan en óptimos y garanticen el traslado y comercialización de bienes en condiciones naturales para satisfacer las necesidades de los consumidores y clientes, así como garantizar rentabilidad a quienes realizan la prestación del servicio de transporte para carga agrícola.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un modelo matemático para optimizar el costo del transporte pesado de carga agrícola, utilizando programación lineal, para la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera, Sociedad Anónima.

1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Realizar un diagnóstico estratégico de la situación actual del transporte pesado de carga agrícola de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.
2. Proponer un modelo matemático que responda a los requerimientos del sistema de transporte de carga pesada agrícola de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A. para la optimización de su costo.
3. Validar el modelo matemático por medio del software (WINQSB) con el objeto de evidenciar su efectividad en la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

1.5 Hipótesis

El diseño de un modelo matemático a través de los métodos de programación lineal, Vogel y Russel, permitirá obtener una solución óptima en la minimización de los costos de transporte de carga pesada de productos agrícolas.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

A nivel internacional se atiende los criterios de manera parcial de tres autores como orientadores para la investigación presentada:

Cos (2013). *Utilización del modelo de transporte para determinar la distribución óptima de los productos en una comercializadora de absorbentes*. (Guatemala). El objetivo de esta investigación es conocer y evaluar el funcionamiento de las áreas de estudio por medio de un diagnóstico, que permita comprobar las causas que inciden en el funcionamiento del transporte de una comercializadora de absorbentes, a través de la información proporcionada por la investigación documental y de campo y, sobre esa base, formular una propuesta técnica y viable para minimizar costos de transporte, llegando a la conclusión que al analizar las rutas que actualmente existen, se evidencia que las mismas no están ordenadas siguiendo un criterio de eficiencia y eficacia, es decir, minimizar los costos de distribución.

Osorio (2016), en su trabajo titulado *Programación lineal para la distribución de viajes en una empresa de transportes* (Perú), presenta como objetivo mejorar la rentabilidad en la distribución de viajes en una empresa de transportes. En este trabajo se concluye que el estudio de investigación desarrolló un modelo de programación lineal para un problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada de acuerdo a los resultados obtenidos, el modelo propuesto permite optimizar la rentabilidad hasta un 11% de lo recaudado en un periodo de una semana.

Barón (2018). *Modelo para la optimización de transporte de transformadores de distribución para los distribuidores de Colombia*, (Colombia), tiene como objetivo identificar un modelo de transporte como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, ajustarla e implementarla con el fin de mejorar los tiempos de viaje del transporte de transformadores de distribución, en Colombia; investigación en la que se concluye que con la implementación del modelo, la función objetivo consiste en la minimización de los tiempos promedios de entrega, esto de acuerdo a las necesidades y expectativas de la empresa en donde se busca reducir los tiempos de entrega a los distribuidores de Colombia y así obtener una mejora en el nivel del servicio y en el volumen de ventas.

A nivel nacional se asumen criterios u orientaciones fundamentales de cinco autores para poder guiar la investigación:

(Escalante, y otros, 2014) en su tesis titulada *Análisis del sector del servicio de transporte pesado en Guayaquil y la implementación de un sistema logístico* (Ecuador), tiene como objetivo determinar la viabilidad de la aplicación de un sistema logístico al sector de transporte de carga terrestre en Guayaquil, aplicando normas de calidad que admitan ofrecer un servicio óptimo y eficaz de entrega puerta a puerta, trabajo en el que se llega a la siguiente conclusión: Se empleó una metodología de carácter exploratorio, a través de entrevistas y encuestas, se pudo identificar las principales falencias que tiene el actual servicio de transporte pesado en la ciudad de Guayaquil.

La investigación realizada por (Montenegro, 2015) en el objetivo de su trabajo pone de manifiesto costear el servicio de transporte de mercadería por km de recorrido para la empresa AGENCOMEX S.A con el fin de mejorar la toma de decisiones y determinar su precio de venta, que una vez desarrollado la contabilidad de costos resulta ser una herramienta muy útil para las empresas de transporte de carga pesada como AGENCOMEX S.A., ya que permite obtener información de los procesos y los costos en los que se incurre al realizan el servicio, permitiendo a la empresa detectar falencias y oportunidades de mejora de los procesos para optimizar sus recursos y desarrollar estrategias.

La investigación *Estudio y aplicación de un modelo de transporte terrestre de carga pesada y mapeo óptimo de embarque* (Ecuador), presentado por (Rivadeneira, y otros, 2016), entre sus objetivos a alcanzar se encuentran determinar un modelo para optimización de recursos y mapeo óptimo de embarque del transporte de carga pesada terrestre, desarrollándolo a través de sus objetivos específicos llegando a la conclusión que las empresas no cuentan con un departamento de planificación que realicen un análisis exhaustivo, para la programación de recursos y asignación de flota, lo que conlleva al desconocimiento de las variables fundamentales que inciden en la transportación, por lo tanto, la toma de decisiones es poco acertada y la utilización de los recursos de igual manera.

(Cabeza, y otros, 2019) en su trabajo de titulación *Costo del servicio de transporte pesado y su impacto financiero en Transvirmo S.A.* (Ecuador), muestra el siguiente objetivo determinar el valor real del servicio que presta la compañía TRANSVIRMO S.A., para una adecuada toma de decisiones y concluye que realizando el costeo basado en actividades se logró identificar los recursos e insumos que se ven involucrados en el giro operativo del negocio, logrando tener

control sobre los costos incurridos en el negocio optimizando la situación financiera de TRANSVIRMO S.A.

(Villamarin, y otros, 2019) en su artículo que se titula: *Modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal*, tiene como objetivo determinar un modelo matemático de transporte usando programación lineal, finalizado el estudio se concluye que para obtener los resultados esperados utilizando cualquiera de los métodos de programación lineal, lo más importante es realizar una adecuada descripción del problema y una identificación completa de las restricciones asociadas.

Concluyéndose que todos los trabajos revisados aportaron con estrategias que van significativamente en beneficio tanto para quien provee el servicio de transporte, como para quien lo recibe.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Modelo

Al hablar de modelos podemos considerar que ésta palabra tiene distintas interpretaciones. En este sentido, es importante destacar lo que expresa el profesor Sixto Ríos: “...*un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones, que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica...*”

Si consideramos que detrás de todo fenómeno económico hay un conjunto de ecuaciones que son capaces de determinar causas y efectos que se provocan a partir de determinado fenómeno, en este punto estaremos en capacidad de distinguir ciertos procesos, encontrar las relaciones que existen entre ellos y construir ecuaciones que lo describan, a ellas las llamaremos modelo matemático del fenómeno.

Naturalmente, desde un mismo fenómeno se puede construir modelos matemáticos que difieren entre sí pero que ayudan o contribuyen a su solución cuya efectividad estará en concordancia con el grado de conocimiento de los expertos frente al fenómeno investigado, dilucidándose en él las fases propias de la construcción de un modelo:

1. Fenómenos a modelizar de la realidad
2. Construcción del modelo
3. Resolución del modelo

4. Validación del modelo

2.2.2 Modelos matemáticos

En la construcción de un modelo matemático es necesario considerar la abstracción del sujeto de estudio, para ello se debe establecer ciertas afirmaciones o hipótesis, identificar las variables y desarrollar las matemáticas adecuadas para poder resolver el problema como primera fase del que muy pronto será el sistema; seguidamente es necesario pasar a la fase de interpretación que consiste en un análisis crítico de los resultados obtenidos; es decir, tener en claro que los componentes del modelo (parámetros, variables) y su comportamiento pueden estar relacionados con el comportamiento real del sistema que se desea modelar. (Avalos, 2017)

1. Pasos para la generación de un modelo

Los pasos necesarios para la construcción de un modelo se sintetizan en siete:

1. El primero orienta a preguntarnos, ¿cuál es la información que realmente necesitamos?, ¿a qué se reduce ahora el problema?
2. Descripción cualitativa del modelo, se debe iniciar por el más simple que describa el comportamiento económico del sistema.
3. Descripción cuantitativa del modelo, tenemos que definir las variables y ver la manera en que están relacionadas.
4. Introducción de las ecuaciones del modelo, se escriben las ecuaciones, con la ayuda de un diagrama o de una tabla.
5. Análisis de las ecuaciones con la finalidad de dar respuesta a las cuestiones planteadas y encontrar la solución general.
6. Volver a examinar las hipótesis, en este punto se pretende simplificar el modelo, en caso de no dar respuesta a las preguntas iniciales, se debe regresar a los pasos (3), (4) y (5).
7. Relacionar los resultados encontrados con hechos conocidos, donde dependiendo del caso de estudio puede dar apertura a las siguientes preguntas, ¿se ha contestado al aspecto económico?, ¿están los resultados conforme a la percepción?, ¿confirman los datos o los experimentos dichos resultados? (Avalos, 2017)

2. Clasificación de los modelos matemáticos

Los modelos matemáticos pueden clasificarse en:

a. **Modelos Deterministas:** El investigador está ante un modelo determinista cuando a cada valor de la variable independiente le corresponde otro valor de la variable dependiente. Resultan útiles en los sistemas que evolucionan con el tiempo, como son los sistemas dinámicos llegando a conocer el estado del sistema luego de transcurrido un lapso de tiempo una vez que se ha otorgado valores a los distintos parámetros que aparecen en el modelo.

De manera puntual, las matemáticas utilizadas para la evaluación de los modelos deterministas son:

1. Ecuaciones en diferencias.
2. Teoría de bifurcaciones.
3. Ecuaciones diferenciales (ordinarias y parciales).
4. Análisis numérico. (Carro, 2014)

b. **Modelos Probabilísticos:** Por su parte, si al modelo logístico $y'(t) = ry(t)(1 - y(t)/k)$, el parámetro r varía aleatoriamente, en este caso se sustituyen los valores constantes por otros valores que muestran probabilidad de cambio, por lo tanto, estamos ante un modelo probabilístico. Ejemplo:

1. Procesos estocásticos. (Carro, 2014)

c. Modelos Descriptivos - Heurísticos

1. Descriptivos o de optimización. - En investigación de operaciones, los modelos son comúnmente iterativos por naturaleza por cuanto se desarrollan por aproximaciones sucesivas y cada una de ellas se acerca a una solución básica – factible.
2. Heurísticos. - El modelo emplea reglas de carácter intuitivo para orientar la trayectoria más probable hacia una solución de un problema.

d. Modelos Mixtos:

1. Ecuaciones diferenciales estocásticas.

e. **Modelos Discretos Matriciales:** Son los más frecuentes cuando el sistema que estamos modelando está dividido en una serie de clases. En un momento dado, el estado del sistema puede

representarse por un vector. El paso de una etapa a otra se realiza a través de una matriz conocida con el nombre de matriz de transición.

En particular, y de una manera muy general desde el punto de vista de la Biología, podemos clasificar los modelos matemáticos en los siguientes grupos:

1. Modelos en bioquímica.
2. Modelos de la evolución de una población.
3. Modelos en fisiología (de animales, de plantas).
4. Modelos en la genética.
5. Modelos en la creación de patrones.
6. Modelos en la epidemiología.
7. Modelos en las migraciones. (Carro, 2014)

2.2.3 El Modelo de Transporte

El modelo de transporte es una clase especial de programación lineal dentro de los modelos descriptivos o de optimización, está relacionado con la transportación de un bien desde sus orígenes (embarque), hacia sus puntos de destino (desembarque), con el objetivo de minimizar el costo total del transporte sin lesionar los límites de la oferta y la demanda. (Taha, 2017)

El modelo de transporte es un caso particular de los modelos de programación lineal, también se les conoce como problemas de flujo de red ideado para manejar distribución de mercaderías desde varios puntos (origen) hacia lugares de demanda (destinos). (Carro, 2014)

En función a lo descrito por los autores antes indicados, se puede concluir que el modelo de transporte es un modelo de programación lineal capaz de dar solución a innumerables problemas que posean la característica de flujo.

2.2.3.1 Definición del Modelo de Transporte

El circuito que se muestra en la figura 1-2 representa al problema, con m orígenes y n destinos, cada uno representado por un nodo. Las curvas constituyen los trayectos que unen los orígenes con los destinos. La curva (i, j) que une el origen i con el destino j . La cantidad de la oferta en el origen i es a_i y la cantidad de la demanda en el destino j es b_j . El objetivo del modelo es minimizar el costo de transporte total al mismo tiempo que se satisfacen las restricciones de la oferta y la demanda. (Taha, 2017)

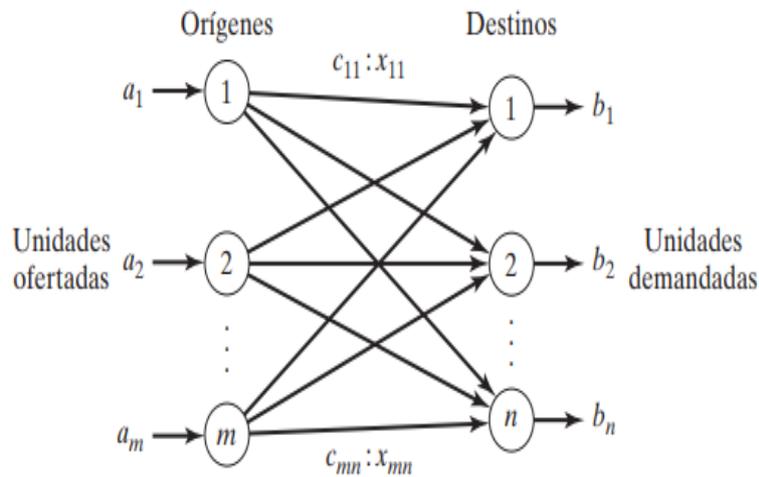


Figura 1-2: Representación del modelo de transporte con nodos y arcos
Fuente: (Taha, 2017)

2.2.3.2 Variaciones en el modelo de transporte

El término modelo de transporte se refiere a un modelo de Programación Lineal (PL) que permite encontrar la forma menos costosa de satisfacer las demandas en n destinos con las ofertas en m orígenes. (Eppen, 2000)

2.2.3.3 Métodos de Transporte

Bajo el criterio de (Valencia, 2018) los métodos de transporte tienen el propósito de minimizar los costos de transportación de una fuente u origen hasta el destino o llegada. Se fundamenta en diversos principios o supuestos:

- a) Se parte de cantidades fijas de unidades que deben distribuirse a diferentes destinos.
- b) El costo de transportación de la unidad del origen a los destinos es proporcional a la cantidad de unidades a distribuir.
- c) La solución es factible cuando la suma de recursos en el origen es igual a las demandas en el destino.

Se reconocen en la literatura los siguientes métodos de transporte:

- Método de la Esquina Noroeste

El método de esquina noroeste se utiliza para la resolución de problemas de transporte y asignación a partir de una solución básica inicial hacia distintas soluciones a través de aproximaciones sucesivas. (Salazar, 2019)

Iniciamos con el bosquejo del problema de manera matricial; es decir, definimos entre filas (que representan la oferta) y columnas (la demanda).

Tabla 1-2: Representación matricial del método esquina noroeste

		Demanda			
Oferta	Esquina Noroeste				

Fuente: (Salazar, 2019)

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Los pasos para solucionar un problema de programación lineal por este método son:

- Paso 1.- Seleccionar la celda de la esquina noroeste (esquina superior izquierda) para un envío.
- Paso 2.- Colocar en esa celda mayor cantidad permitida por la oferta y demanda correspondientes.
- Paso 3.- Actualizar los valores de la oferta y de la demanda que fueron modificados por el paso. (2)
- Paso 4.- Seguir para la celda de la derecha si existe alguna oferta restante y vuelva al paso (2). En caso contrario, siga para la celda inferior y vuelva al paso (2). (Avalos, 2017)

- Método de Costos Mínimos

Se trata de un modelo de aproximaciones sucesivas que en principio ofrece una mejor solución a los problemas de transporte dado que se centraliza en las rutas que generan menor costo. El proceso empieza con la asignación de todo lo viable a la celda con mínimo costo unitario. Seguidamente, la fila o columna satisfechos se anulan, y como consecuencia la oferta y demanda se ajustan. Si se satisfacen en forma simultánea oferta y demanda al mismo tiempo, se anulará una de los dos, igual que en el método de la esquina noroeste. A continuación, se busca la celda que no ha sido anulada con el costo unitario mínimo y se repite el proceso hasta que queda sin anular puntualmente un reglón o una columna. (Taha, 2017)

Para la resolución de este método de programación lineal, se siguen los siguientes pasos:

Paso 1. Seleccionamos de la matriz, el trayecto (celda) de menor costo (al darse un equilibrio, este se rompe arbitrariamente) y se le consigna una cantidad mayor de unidades posible en función a las restricciones de oferta o demanda. Seguidamente se procede a ajustar la oferta y demanda de la fila y/o columna satisfecha, restándole la cantidad asignada a esa posición.

Paso 2. En este punto, procedemos a eliminar la fila o destino cuya oferta o demanda sea 0, de darse el caso en el que ambas son cero, se elige de modo arbitrario cual eliminar, y la sobrante se deja con demanda u oferta cero (0).

Paso 3. Llegado a este paso existen dos alternativas, la primera hace referencia a un solo renglón o columna, de darse el caso, se ha llegado al final del método; por el contrario, si queda más de un renglón o columna, se debe iniciar nuevamente el paso 1. (Salazar, 2019)

- Método de Vogel

Considerado como el método de aproximación que brinda mayor certeza al momento de resolver problemas de bajo costo, capaz de alcanzar soluciones reales y más acertadas, en razón de tener una versión actualizada respecto al método de costos mínimos y esquina noroeste.

El método se basa en el concepto de ganancia, la estrategia Vogel reside en ir asignando valores a las celdas con menor costo, de manera que las posibles filas o columnas que puedan saturarse sea la de mayor ganancia. (Leyes, 2016)

Los pasos que requiere la aplicación del método son:

Paso 1. Asignar en cada fila y columna una medida de penalización que reste los costos menores en filas y columnas.

Paso 2. En este paso seleccionamos la fila o columna con el número mayor resultado del paso 1, de manera arbitraria se deben romper los resultados iguales, entregando todos los valores posibles a la variable que tenga el mínimo costo en la fila seleccionada.

Paso 3. Como tercer y último paso, hay que tener en cuenta una serie de reglas finales. Si queda solo una fila se detiene el algoritmo. Si esta tiene valores positivos, hay que determinar las variables básicas de la solución. En caso contrario, se vuelve al punto primero y se reinicia el proceso. (Leyes, 2016)

- Método de Russel

Otro de los métodos de programación lineal empleado para la solución inicial de los problemas de transporte es el método de Russel. El método requiere de amplio conocimiento para al final conseguir una solución óptima; es decir, una solución muy cercana a la esperada esto se logra a medida que se va entendiendo el procedimiento del método Russell, pero debido a esto, no lo hace el método más utilizado en problemas de transporte.

Método similar al Vogel, en cuanto a la aproximación de la solución óptima que generan, sin embargo, menos popular por requerir mayor cantidad de trabajo.

El método calcula antes de cada asignación la cantidad Δ_{ij} para cada casilla libre disponible, conforme a la siguiente ecuación:

$$\Delta_{ij} = \alpha_i + \beta_j - C_{ij}$$

Donde:

Δ_{ij} : Coeficiente del renglón i , columna j

α_i : Costo mayor del renglón i

β_j : Costo mayor de la columna j

C_{ij} : Costo del renglón i , columna j

Para cada renglón de origen i se irá asignando el mayor costo unitario (C_{ij}) de los que quedan en ese renglón. Para cada columna de destino que todavía está bajo consideración, se determina β_j , su mayor costo unitario de los que hay en esa columna. Para cada variable x_{ij} que no haya sido seleccionada en estos renglones o columnas, se calcula: $\Delta_{ij} = C_{ij} - \alpha_i - \beta_j$. Se elige la variable con el mayor valor negativo (en términos absolutos) de Δ_{ij} . (Los empates se pueden romper arbitrariamente).

Los pasos fundamentales que considera Russell en su método para encontrar una solución inicial básica factible, para un problema de transporte, mantienen la siguiente secuencia lógica:

1. Se calcula Δ_{ij} para el total de las celdas vacías de la tabla de transporte.
2. En la celda que haya tenido el mayor valor de Δ_{ij} , se hace la máxima asignación posible. Esto provoca el agotamiento de la oferta del renglón y/o la demanda de la columna. De haber varias celdas empatadas con el máximo valor de Δ_{ij} , arbitrariamente se selecciona una de ellas.
3. Se elimina de la matriz la fila que haya quedado satisfecha en el pasó anterior.
4. Finalmente, se repite el procedimiento (pasos 1 al 3) hasta terminar las asignaciones en toda la tabla. (Izar, 2012)

Los distintos métodos de programación lineal se los puede recrear hoy en día en línea, mediante softwares especializados.

2.2.4 Transporte

El transporte es el medio por el cual se traslada cierta cantidad de bienes desde un punto de origen hasta el lugar de destino. Los criterios de clasificación son:

a. Según los medios

Ferrocarril

Marítimo-fluvial

Por carretera

Aéreo

Multimodal

b. Según la propiedad

Propios y,

Ajenos

c. Según la ubicación de los clientes

Local, regional, nacional, internacional (Mauleón, 2006)

Para el caso objeto de estudio se abordó puntualmente el transporte terrestre de carga.

2.2.4.1 Transporte terrestre de carga

El transporte terrestre de carga es una de las actividades más usuales dentro de la economía ecuatoriana, emplea vehículos de carga liviana y pesada en sentido proveedor-cliente, como cliente-proveedor complementando la cadena de suministros de la región y el país.

2.2.4.2 Sistema vial ecuatoriano

Red Vial Nacional

Comprende el conjunto de carreteras y caminos del Ecuador, mismos que son de propiedad pública sujetos a la normatividad y marco institucional vigente. Está integrado por las redes primaria y secundaria, denominada red nacional; más las redes terciaria y vecinal, llamada red provincial.

En la tabla 2-2 se muestra la red vial según la categoría del camino:

Tabla 2-2: Red vial nacional según categoría de camino

RED VIAL NACIONAL SEGUN CATEGORIA DE CAMINO		
CLASIFICACION DE CAMINOS	LONGITUD KM.	% TOTAL DE LA RED
Caminos primarios	5.608.84	12.98
Caminos secundarios	3.876.42	8.97
Caminos terciarios	11.105.93	25.71
Caminos vecinales	22.153.98	51.29
Caminos locales	452.20	1.05
TOTAL	43.197.37	100.0

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Sin tomar en consideración los caminos locales, la longitud total de la red se aproxima a los 42.800 km, la mayor extensión se encuentra en la Sierra; es decir, la región interandina del país, una de las cuatro en las que se divide el Ecuador.

El 12% de la red vial total está pavimentada y el 57% con superficie de rodadura afirmada; es decir, está integrada por capas que soportan carga pesada. Entre ambos aseguran la movilización continua durante todo el año entre las regiones del país; sin embargo, algo más de la cuarta parte de la red son caminos de tierra, presentan condiciones precarias; la mayor parte pertenece a caminos terciarios y vecinales.

En la figura 2-2 se puede observar la red vial nacional ecuatoriana:

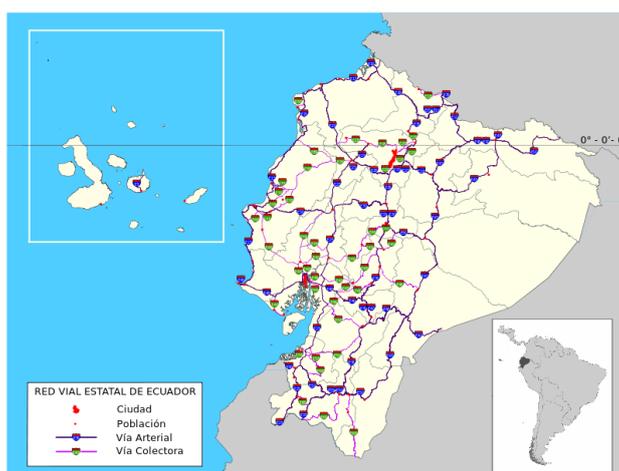


Figura 2-2: Red vial nacional ecuatoriana

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. 2019

Las carreteras primarias o corredores arteriales comprenden rutas que conectan cruces de frontera, puertos y capitales de provincia. En total existen 12 vías, carreteras primarias en Ecuador, registradas con la letra E en la nomenclatura del país, que suman 5.120 km.

Tabla 3-2: Vías primarias en Ecuador

Ruta	Nombre	Tramo	Extensión
E5	Troncal Insular	Baltra-Bellavista-Puerto Ayora	38km
E10	Transversal Fronteriza	San Lorenzo-San Gabriel-Nueva Loja-Pto. El Carmen de Putumayo	453km
E15	Troncal del Pacífico	Mataje-Esmeraldas-Bahía de Caráquez-Manta-Salinas	741km
E20	Transversal Norte	Esmeraldas-Sto. Domingo-Sangolquí-Baeza-Pto. Francisco de Orellana	336km
E25	Troncal de la Costa	Los Bancos-Sto. Domingo-Quevedo-Milagro-Machala-Zapotillo	664km
E25A	Troncal de la Costa Alternativa	Santo Domingo	10KM
E30	Transversal Central	Manta-Portoviejo-Quevedo-Latacunga-Ambato-Puyo	438km
E35	Troncal de la Sierra	Rumichaca-Quito-Ambato-Riobamba-Cuenca-Loja-Macarará	781km
E40	Transversal Austral	Colibrí Salinas-Guayaquil-La Troncal-Azogues-Stgo. de Méndez Pto. Morona	649km
E45	Troncal Amazónica	Gral. Farfán-Nueva Loja-Tena-Puyo-Macas-Zamora	701km
E45A	Troncal Amazónica Alternativa	Nueva Loja-Los Sachas-Pto. Francisco de Orellana-Loreto-Cotundo	85km
E50	Transversal Sur	Huaquillas-Arenillas-Catamayo-Loja-Zamora	224km

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. 2019

De la tabla anterior, se puede indicar que la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A., para el transporte de productos agrícolas hace uso de las vías primarias, en el punto de origen, Riobamba se encuentra en la troncal de la sierra y en el destino a través de la transversal austral, la troncal de la Costa, y la transversal sur, cubriendo una distancia en la ruta Riobamba – Guayaquil de 230, 3 km; Riobamba – Machala, 313, 2 km y Riobamba Huaquillas, 370, 2 km.

2.2.4.3 Condiciones geográficas

La cordillera de los Andes atraviesa al Ecuador de norte a sur, dividiendo al territorio nacional en tres regiones naturales que son: La Costa o Región Litoral, la Sierra o Región Interandina y la Amazonía o Región Oriental, además de valles y llanuras con una variedad de climas, misma que ayuda a la especialización de la producción agrícola. Así mismo, esta geografía diversa trae consigo factores de adversidad para el acceso a las principales ciudades del país convirtiéndose en barreras para el desarrollo de la infraestructura del transporte.

La tabla 4-2, muestra los datos geográficos de las rutas que recorren los productos agrícolas transportados por la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Tabla 4-2: Datos geográficos de las rutas por las que recorren los productos agrícolas

Datos Geográficos Ecuador	
Superficie	256.370 km ²
Población	14.30 millones de hab.(censo INEC 2010)
Clima	Seco Tropical – húmedo Tropical – monzon Tropical – sabanas Mesoterminco – húmedo
Límites	Norte: Colombia Este: Perú Sur: Perú Oeste: Océano Pacífico
Moneda	Dólar estadounidense
Riobamba	
Superficie	990 km ²
Población	156.723 hab. (censo INEC 2010)
Clima	Frío
Límites	Norte: cantones Guano y Penipe Este: cantón Chambo y provincia de Morona Santiago Sur: cantones Colta y Guamote Oeste: provincias de Bolívar y Guayas
Guayaquil	
Superficie	344.5 km ²

Población	2.278.700 hab. (censo INEC 2010)	
Clima	tropical cálido y húmedo	
Límites	Norte: cantones Lomas de Sargentillo, Nobol, Daule, y Samborondon Este: cantones Durán, Naranjal y Balao	Sur: Golfo de Guayaquil y de las provincias de El Oro y del Azuay Oeste: provincia de Santa Elena y el cantón Playas
Machala		
Superficie	66.5 km ²	
Población	600659 hab.	
Clima	Tropical	
Límites	Norte: cantón El Guabo Este: cantones Pasaje y Santa Rosa	Sur: cantón Santa Rosa Oeste: Archipiélago de Jambelí
Huaquillas		
Superficie	72 km ²	
Población	48285 hab.	
Clima	Tropical	
Límites	Norte: cantón Arenillas Este: cantón Arenillas	Sur: República del Perú Oeste: Archipiélago de Jambelí

Fuente: Sistema Nacional de Información.

2.2.4.4 Peajes

Las rutas Riobamba - Guayaquil, Riobamba – Machala y Riobamba – Huaquillas tienen en su recorrido 2 estaciones de peaje, el peaje de El Triunfo y el peaje de Durán – Tambo, mismos que se manejan como se observa en la tabla 5-2:

Tabla 5-2: Tarifas de los peajes

Automóviles o camionetas	\$ 1,00
Buses y camiones (2 ejes)	\$ 2,00
Buses y camiones (3 ejes)	\$ 3,00
Camiones (4 ejes)	\$ 4,00
Camiones (5 ejes)	\$ 5,00
Camiones (6 ejes) o más	\$ 6,00
Motos	\$ 0,20
Remolques livianos	\$ 0,50

Fuente: PANAVIAL

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

2.2.4.5 Seguro de carga del vehículo

En el Ecuador, según lo determina el Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, las compañías de transporte deben contar con un seguro obligatorio para impedir el robo del vehículo o de su carga, el mismo que se constituye como elemento para el normal

ejercicio de las compañías del sector transportador, de esta manera se cubren los posibles riesgos a los que están expuestos al momento de transportar las mercancías.

2.2.4.6 Escenario

Para visualizar las variables que intervienen en el proceso de transporte de carga pesada agrícola en el caso de estudio: Riobamba – Guayaquil, Riobamba – Machala, Riobamba - Huaquillas, Cajabamba – Guayaquil, Cajabamba – Machala, Cajabamba – Huaquillas, Guamote – Guayaquil, Guamote – Machala y Guamote – Huaquillas, se consideró dos elementos fundamentales: punto de origen o carga y punto de destino o descarga, clarificando las variables que forman parte del proceso de transportación, situación que se muestra en la figura 3-2.

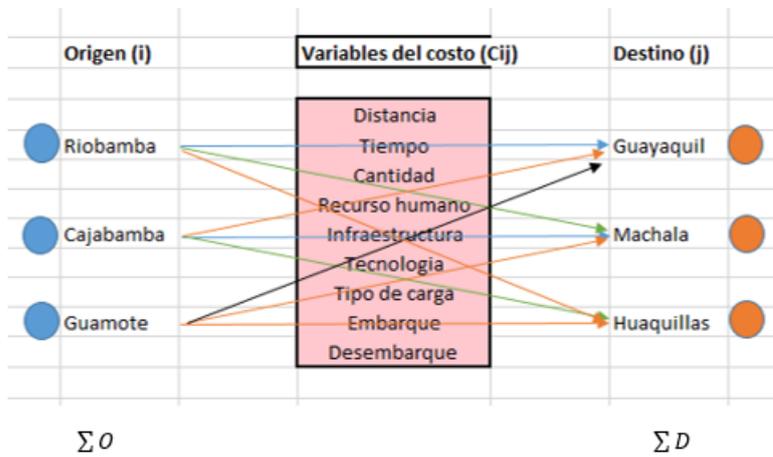


Figura 3-2: Canal logístico de la transportación de carga agrícola

En las figuras 4-2 a la 12-2 se observa el mapa del Ecuador, destacando las rutas Riobamba – Guayaquil, Riobamba – Machala, Riobamba – Huaquillas, Cajabamba – Guayaquil, Cajabamba – Machala, Cajabamba – Huaquillas, Guamote – Guayaquil, Guamote – Machala y Guamote – Huaquillas.

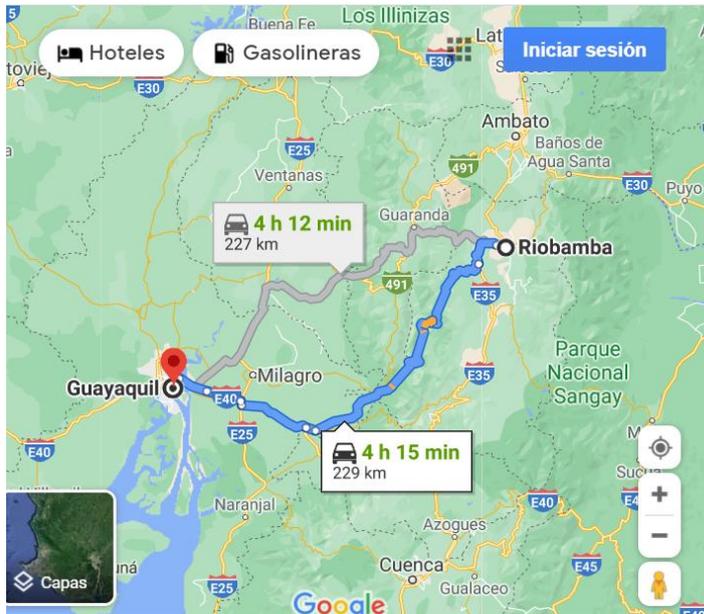


Figura 4-2: Ruta Riobamba – Guayaquil

Fuente: Sistema Nacional de Información

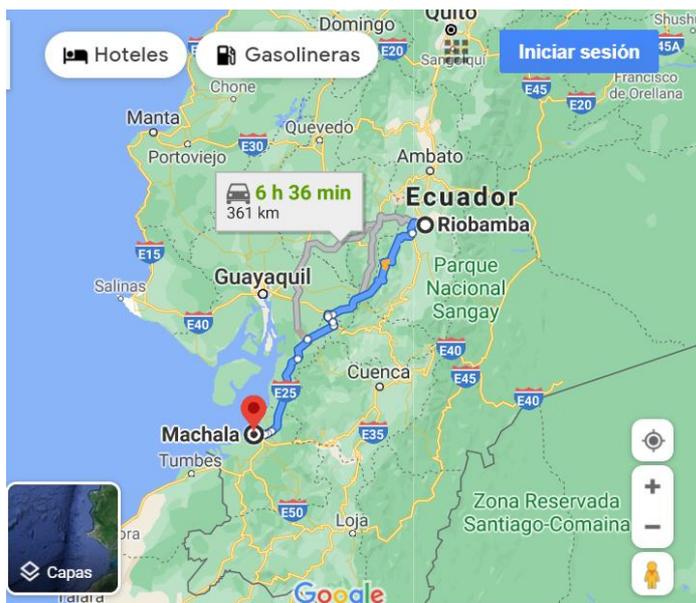


Figura 5-2: Ruta Riobamba – Machala

Fuente: Sistema Nacional de Información

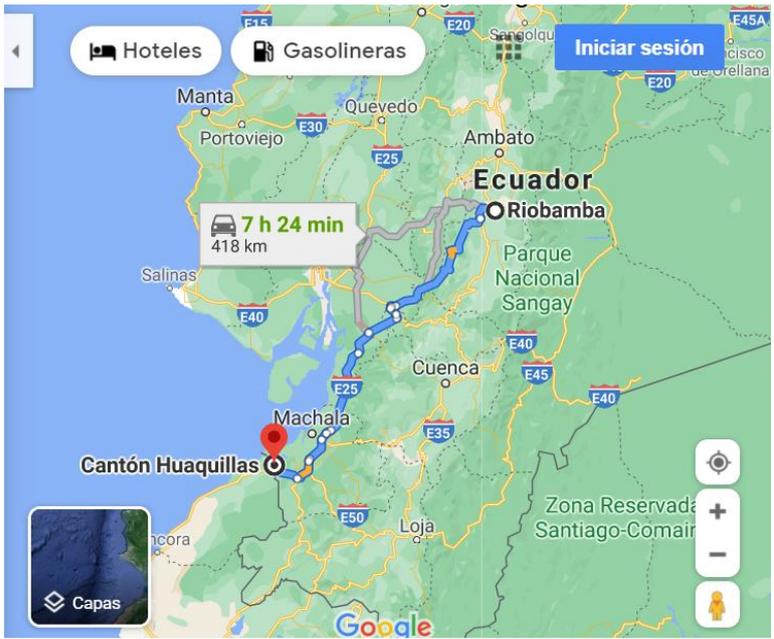


Figura 6-2: Ruta Riobamba – Huaquillas

Fuente: Sistema Nacional de Información

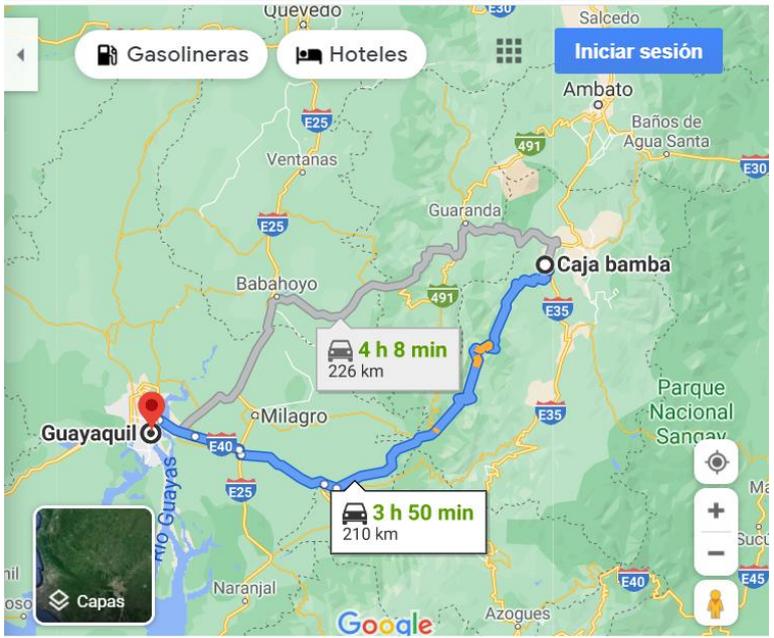


Figura 7-2: Ruta Cajabamba – Guayaquil

Fuente: Sistema Nacional de Información

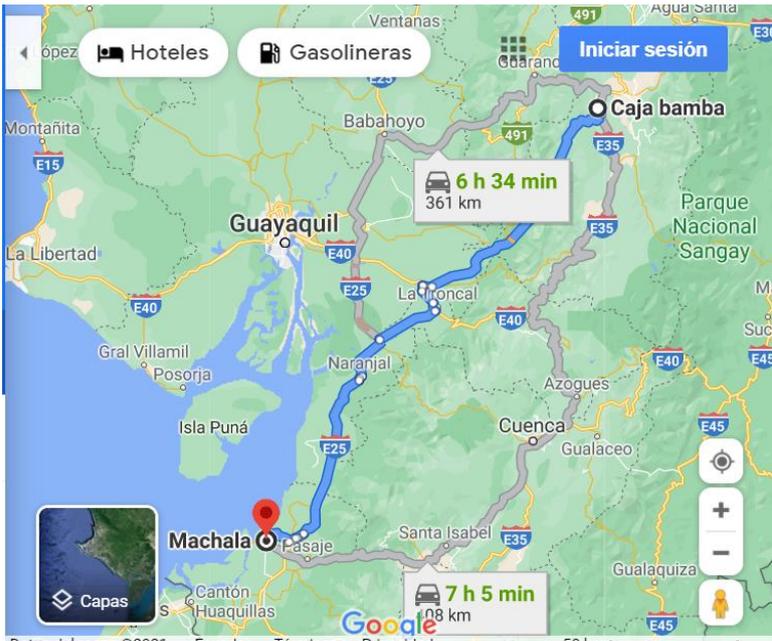


Figura 8-2: Ruta Cajabamba – Machala

Fuente: Sistema Nacional de Información

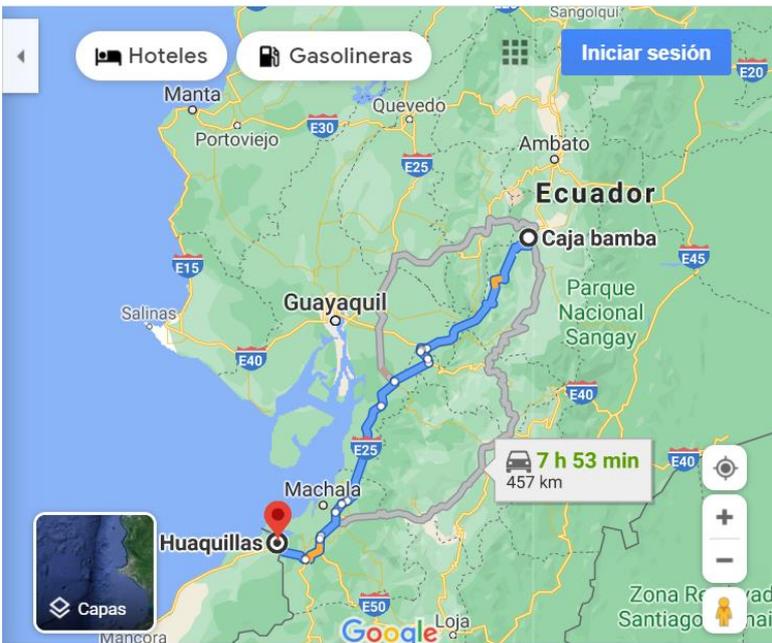


Figura 9-2: Ruta Cajabamba – Huaquillas

Fuente: Sistema Nacional de Información

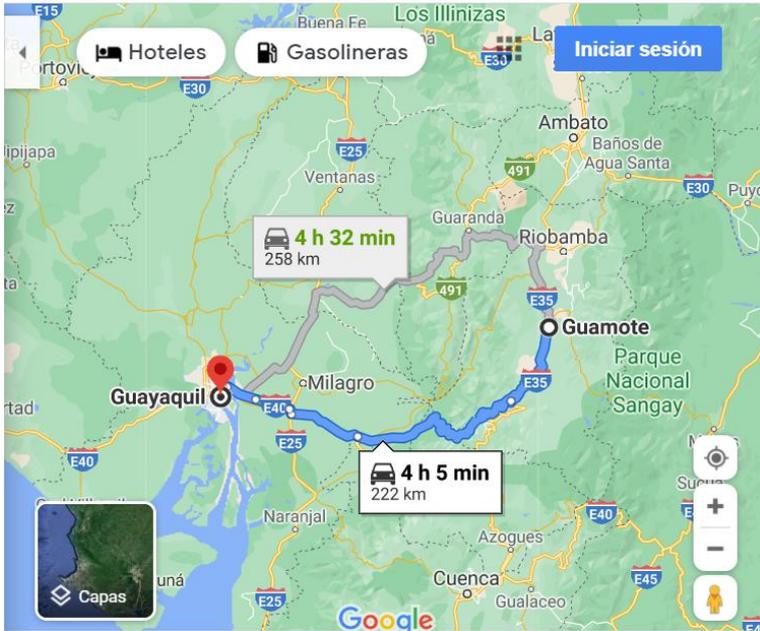


Figura 10-2: Ruta Guamote – Guayaquil

Fuente: Sistema Nacional de Información

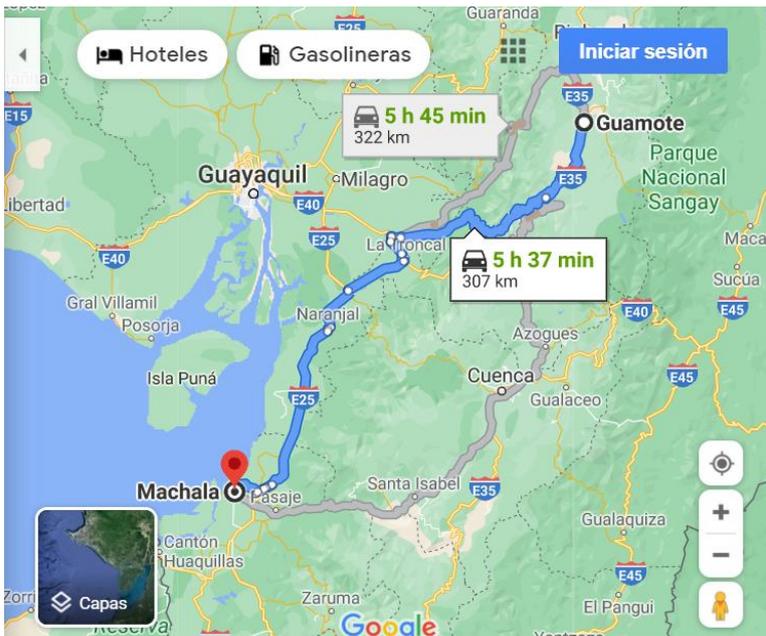


Figura 11-2: Ruta Guamote – Machala

Fuente: Sistema Nacional de Información

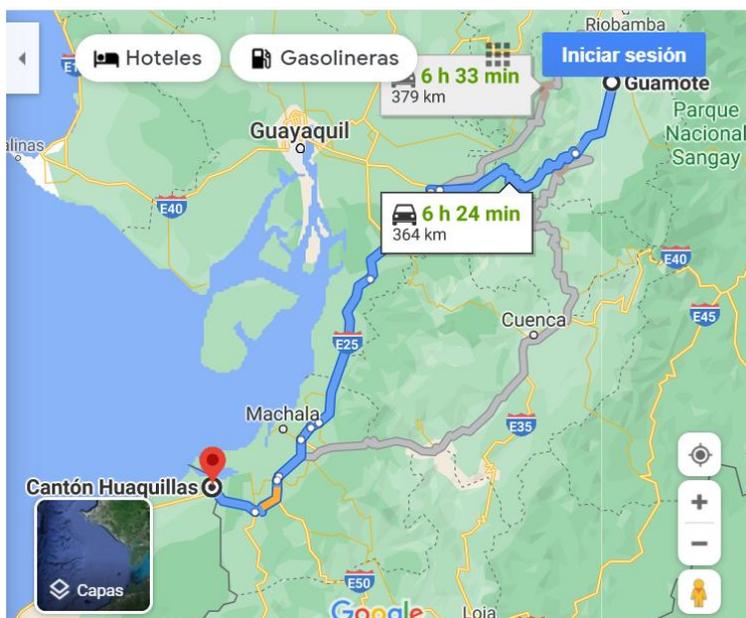


Figura 12-2: Ruta Guamote – Huaquillas

Fuente: Sistema Nacional de Información

2.2.4.7 Tipo de carga

Al hablar de carga, entendemos que es un conjunto de bienes o mercancías que se moviliza desde un punto de origen hacia un punto de destino. Para el caso de estudio, constituyen mercancías transportables los productos agrícolas de la serranía desde los puntos de carga en la provincia de Chimborazo. Entre los tipos de carga se destacan los siguientes:

1. Los de característica general y las de distinta naturaleza que se transportan conjuntamente, aquí se identifican bultos, quintales y cajas de los cuales hablaremos posteriormente.
2. Los perecibles, hortalizas y legumbres, tubérculos, gramíneas, frutas de la serranía, entre otros.

2.2.4.8 Tipos de vehículos

En Ecuador, la transportación de carga es muy importante, con ella se garantiza la distribución de alimentos que requieren las distintas localidades o las ciudades del país. Esta actividad es generadora de economía nacional, semanalmente se mueven alrededor de 162 toneladas de productos agrícolas en las rutas de estudio, tonelaje que se transporta en vehículos de dos y tres ejes, como se detalla en la tabla 6-2.

Tabla 6-2: Tipos de vehículos de carga para la transportación de productos agrícolas

Vehículo	Descripción
Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo	Capacidad de carga 18 toneladas
Camión rígido de tres ejes	Capacidad de carga 24 toneladas

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

2.2.4.9 Clase de Vehículo de Carga

Tabla 7-2: Clase de Vehículo de Carga

Clase del vehículo	Capacidad de Carga (Ton)
 Turbo	3.83
 Turbo	4
 Turbo	4.5
 Sencillo	7.5
 Sencillo	8
 Camión rígido	12
 Camión rígido	18
 Camión rígido	24
 Tracto-Camión	33

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

2.2.5 Costos

2.2.5.1 Costos del Transporte

En el proceso de transportación se incluyen varios costos: combustible, mantenimiento, rodamientos, lubricantes, mano de obra, entre otros. Los costos pueden dividirse en fijos y

variables, los primeros no están relacionados directamente con el volumen de carga, mientras que los segundos tienen que ver directamente con éste; sin embargo, se puede decir que todos los costos son parcialmente fijos y parcialmente variables por cuanto no existe una asignación precisa entre ellos. (Carreño, 2018)

2.2.5.2 Clasificación de los costos

En lo referente a la estructura de costos operativos de transporte de carga por carretera, los propietarios de los vehículos para mantenerlos en capacidad óptima de servicio incurren en costos que se determinan en consideración a factores como son: frecuencia de ocurrencia del costo y el valor asignado a cada costo, que dan como resultado el costo por movilizar una tonelada de carga por kilómetro recorrido.

En la tabla 8-2 se muestran algunas diferencias entre los costos fijos y variables en el transporte:

Tabla 8-2: Clasificación de los Costos

Costos Fijos	Costos Variables
Salario conductor	Precio de Combustible
IESS Aporte patronal	Llantas
Fondos de Reserva	Mantenimiento del vehículo x viaje
Décimo Tercer Sueldo	Baterías
Décimo Cuarto Sueldo	Imprevistos
Vacaciones	
Seguro de vehículo	
Matrícula de vehículo	
Depreciaciones	
Amortizaciones	
Viáticos	
Peajes	

Fuente: (Ballou, 2004)

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

2.2.5.2.1 Costos fijos

Son aquellos costos que no varían en función al volumen de carga, pero que son necesarios para el establecimiento del negocio de la transportación.

- **Salario conductor:** Representa el valor monetario que perciben las personas que conducen los vehículos transportadores de carga del origen al destino, por la labor realizada. Para el caso de estudio se consideró al conductor y relevista del conductor.

Fórmula 1. Salario

$$\begin{aligned} \text{Salario} &= \text{Salario mínimo} + \text{Factor Prestacional} \\ \text{Salario} &= 600 + 300 \\ \text{Salario} &= 900 \end{aligned}$$

Fuente: Ministerio de Trabajo

Salario Básico

En el Ecuador, el salario mínimo vital estipulado para el ejercicio fiscal 2021 es de \$ 400.

- **IESS Aporte patronal:** De acuerdo a la legislación ecuatoriana, en el sector privado el aporte patronal es del 11,15% de la remuneración percibida por el trabajador.

Tabla 9-2: Cálculo Aporte patronal

Remuneración mensual	\$ 900,00
Aporte patronal	11,15%
Valor Aporte patronal mensual	\$ 100,35

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.
Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Para armar la matriz de costos por viaje, se contempló el valor correspondiente por viaje, que representa un aporte de \$ 8,36.

- **Fondos de reserva:** Estos fondos constituyen el trabajo capitalizado que cada trabajador va acumulando a través de los años y que, de acuerdo a la legislación ecuatoriana, los fondos de reserva constituyen el 8,33% de la remuneración percibida por el trabajador.

Tabla 10-2: Cálculo de los Fondos de reserva

Remuneración mensual	\$ 900,00
Aporte patronal	8,33%
Valor Aporte patronal mensual	\$ 74,97

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.
Elaborado por: Cepeda, P. 2022

En cuanto a la matriz de costos por viaje, se tomó el valor correspondiente a un viaje, que representa \$ 6,25.

- **Décimo tercer sueldo:** Beneficio social de ley vigente en el Ecuador desde 1962. Es el resultado de la suma de las remuneraciones percibidas por el trabajo que van desde el 01 de diciembre del ejercicio fiscal anterior al que se pretende calcular hasta el 30 de noviembre del año en que se realiza el cálculo, dividido para 12. Para el caso de estudio, el décimo tercer sueldo es de \$ 900.

De igual forma, para el cálculo de los costos de transporte por viaje se consideró el valor correspondiente a un viaje, considerando que se efectúan 12 viajes al mes, que para el caso de estudio representa \$ 6,25.

- **Décimo cuarto sueldo:** También conocido como bono escolar, es el valor que perciben mensualmente los trabajadores y corresponde a la doceava parte de la remuneración básica mínima unificada, que para el año 2021 equivale a \$ 400.

Respecto a este rubro, para el cálculo de los costos de transporte se consideró el valor correspondiente a un viaje, que representa \$ 2,78.

- **Vacaciones:** Corresponde un derecho que tiene todo trabajador que ha cumplido un año de trabajo con el mismo empleador. Es el resultado de dividir la remuneración durante el año de servicio para veinticuatro (24). En esta variable, el valor proporcional a un viaje es de \$ 3,13.

- **Seguro del vehículo:** Siendo necesario proteger el vehículo y la mercancía transportada, se requiere contratar una póliza de seguros. Por su parte la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera, S.A., salvaguarda a todos sus vehículos asegurados por los diferentes peligros a los que están expuestos en las vías. El importe que la compañía paga por el seguro del vehículo transportador y de la carga es de \$ 1600 anual. De la prima por seguros se estimó un valor mensual de \$ 133,33 mensuales, cuyo costo por viaje representa \$ 11,11.

- **Matrícula del vehículo:** Está constituido en función del valor comercial del vehículo y es extensible para todos los vehículos.

Fórmula 2. Matrícula del vehículo

$$\text{Matrícula del vehículo} = \% \text{ Avaluo} \frac{\text{Marca, tipo de vehículo, capacidad, modelo}}{12}$$

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador

Considerando que el vehículo transportador de carga de 18 toneladas en el mercado tiene un valor comercial de \$ 48990 y el de 24 toneladas de \$ 68990, de acuerdo a la legislación ecuatoriana el Servicio de Rentas Internas establece que el impuesto a los vehículos motorizados constituye el 6% de su valor; por lo tanto, se obtuvo lo siguiente:

Vehículo de 18 toneladas

$$\text{Matrícula del vehículo} = 6\% \frac{48990}{12}$$

$$\text{Matrícula del vehículo} = 244,95$$

Para el vehículo de 18 toneladas, el valor para esta variable de costo por viaje es de \$1,85.

Vehículo de 24 toneladas

$$\text{Matrícula del vehículo} = 6\% \frac{68990}{12}$$

$$\text{Matrícula del vehículo} = 344,95$$

Para el vehículo de 24 toneladas, el valor para esta variable de costo por viaje es de \$2,40.

- **Depreciaciones:** Es la pérdida del valor del automotor a causa del desgaste por su uso. El cálculo de la depreciación se muestra en las tablas 11-2 y 12-2:

Tabla 11-2: Depreciación vehículo de 18 toneladas

Nombre del Activo fijo:	Vehículo 18 toneladas	Depreciación (tipo):	Línea recta
Vida útil:	5 años	(10%) Valor residual:	\$ 4.899,00
Valor del activo (costo):		\$	48.990,00
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 48.990,00
1	\$ 8.818,20	\$ 8.818,20	\$ 40.171,80
2	\$ 8.818,20	\$ 17.636,40	\$ 31.353,60
3	\$ 8.818,20	\$ 26.454,60	\$ 22.535,40
4	\$ 8.818,20	\$ 35.272,80	\$ 13.717,20
5	\$ 8.818,20	\$ 44.091,00	\$ 4.899,00

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 12-2: Depreciación vehículo de 24 toneladas

Nombre del Activo fijo:	Vehículo 24 toneladas	Depreciación (tipo):	Línea recta
Vida útil:	5 años	(10%) Valor residual:	\$ 6.899,00
Valor del activo (costo):	\$ 68.990,00		
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 68.990,00
1	\$ 12.418,20	\$ 12.418,20	\$ 56.571,80
2	\$ 12.418,20	\$ 24.836,40	\$ 44.153,60
3	\$ 12.418,20	\$ 37.254,60	\$ 31.735,40
4	\$ 12.418,20	\$ 49.672,80	\$ 19.317,20
5	\$ 12.418,20	\$ 62.091,00	\$ 6.899,00

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

- **Amortizaciones:** Es el valor monetario que hace referencia al proceso de distribución de gasto en el tiempo de un valor duradero. Entre los elementos del equipo de trabajo que pertenecen al vehículo y forman parte de los activos amortizables tenemos la carpa del vehículo transportador, el extintor y artículos varios, éstos se deben amortizar durante su vida útil. Seguidamente se muestran las amortizaciones de los equipos de trabajo.

Amortizaciones vehículo de 18 toneladas

Tabla 13-2: Amortización de la carpa vehículo 18 toneladas

Nombre del Activo fijo:	Carpa	Amortización (tipo):	Línea recta
Vida útil:	3 años		
Valor del activo (costo):	\$ 1.000,00		
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 1.000,00
1	\$ 333,33	\$ 333,33	\$ 666,67
2	\$ 333,33	\$ 666,67	\$ 333,33
3	\$ 333,33	\$ 1.000,00	\$ -

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 14-2: Amortización del extintor

Nombre del Activo fijo:	Extintor	Amortización (tipo):	Línea recta
Vida útil:	1 año		
Valor del activo (costo):	\$ 12,00		
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 12,00

1	\$	12,00	\$	12,00	\$	-
---	----	-------	----	-------	----	---

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 15-2: Amortización artículos varios

Nombre del Activo fijo:	Artículos varios	Amortización (tipo):	Línea recta
Vida útil:	1 año		
Valor del activo (costo):	\$ 5,00		
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 5,00
1	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ -

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Para el vehículo de 18 toneladas, en cuanto a la variable de costo amortizaciones, el valor proporcional a un viaje por cada uno de los equipos de trabajo, suma \$ 27,90.

Amortizaciones vehículo de 24 toneladas

Tabla 16-2: Amortización de la carpa

Nombre del Activo fijo:	Carpa	Amortización (tipo):	Línea recta
Vida útil:	3 años		
Valor del activo (costo):	\$ 1.200,00		
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 1.200,00
1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 800,00
2	\$ 400,00	\$ 800,00	\$ 400,00
3	\$ 400,00	\$ 1.200,00	\$ -

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 17-2: Amortización del extintor

Nombre del Activo fijo:	Extintor	Amortización (tipo):	Línea recta
Vida útil:	1 año		
Valor del activo (costo):	\$ 12,00		
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 12,00
1	\$ 12,00	\$ 12,00	\$ -

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 18-2: Amortización artículos varios

Nombre del Activo fijo:	Artículos varios	Amortización (tipo):	Línea recta
Vida útil:		1	
Valor del activo (costo):		\$	5,00
N° de periodos	Depr. anual	Depr. acumulada	Valor en libros
0			\$ 5,00
1	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ -

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Para el vehículo de 24 toneladas, en cuanto a la variable de costo amortizaciones, el valor proporcional a un viaje por cada uno de los equipos de trabajo, suma \$ 34,75.

- **Viáticos:** Dentro de este rubro, se considera un valor de \$ 10 para alimentación por viaje más el valor que se paga por parqueadero. En cuanto al parqueadero, seguidamente se hizo el cálculo correspondiente a un viaje por este concepto.

Parqueadero: Por imprevistos en el recorrido del transporte de la carga, se incurre en gastos de parqueo que a decir de los señores transportistas no se realizan con frecuencia, pero son necesarios.

Fórmula 3: Parqueadero

$$\text{Parqueadero} = \text{Valor diario} * \text{número de viajes al mes}$$

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador

Empleando la formula y considerando que los vehículos se transportan con una frecuencia de tres veces por semana se tiene:

$$\text{Parqueadero} = \text{Valor diario} * \text{número de viajes al mes}$$

$$\text{Parqueadero} = 2 * 12 \text{ días}$$

$$\text{Parqueadero} = \$ 24 \text{ al mes}$$

El valor por viaje representa \$ 2, tanto para el vehículo de 18 toneladas como para el vehículo de 24 toneladas.

- **Peajes:** Representa la sumatoria del valor de los peajes de las rutas objeto de estudio.

En las 9 rutas objeto de estudio existen dos peajes cuyas tarifas dependen de la categoría del automotor que recorre las vías. La empresa emplea vehículos de dos y tres ejes, con un costo por peaje de \$ 2 y \$ 3 dolares; respectivamente. Por lo tanto, la sumatoria de los peajes de todo un trayecto ida y vuelta dio como resultado: \$ 8 para los vehículos de dos ejes y \$ 12 dolares para los vehículos de tres ejes.

2.2.5.2.2 Costos variables

Aquellos que involucran cada unidad de bien, producto del giro del negocio. En la figura 13-2 se indican los elementos que se consideraron para el cálculo de éstos costos.

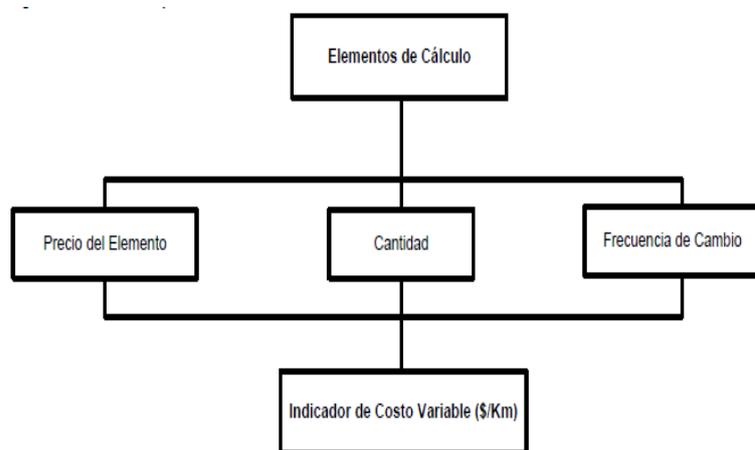


Figura 13-2: Elementos para el cálculo de costos variables

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

- **Precio por consumo de combustible (\$/Km):** Los vehículos de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A., utilizan diésel para el transporte de bienes. El vehículo de 18 toneladas tiene un tanque de combustible con capacidad de 105,8 galones y el de 24 toneladas 106 galones. En la tabla 19-2 se muestra la cantidad de combustible en relación al tipo de vehículo que se empleó en la investigación:

Tabla 19-2: Cantidad de combustible por tipo de vehículo

Configuración	Diesel en \$	Rendimiento por km
Camión rígido de dos ejes (C2)	165,05	12 km por galon
Camión rígido de tres ejes (C3)	165,36	16 km por galon

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2019

- Tipos de combustible:

Diésel: En el país el diesel es el tipo de combustible mas utilizado en el transporte de carga pesada.

Fórmula 4. Indicador de consumo de combustible

$$\text{Indicador de Consumo de Combustible} = \frac{\text{Precio \$/Galón}}{\text{Consumo Km/Galón}}$$

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Aplicando la fórmula, se obtuvo el rendimiento del combustible por kilómetro recorrido, recalcando que éste influyó directamente según la carretera por donde recorre el vehículo transportador de carga agrícola.

Vehículo de 18 toneladas

$$\text{Indicador de Consumo de Combustible} = \frac{\text{Precio \$/Galón}}{\text{Consumo Km/Galón}}$$

$$\text{Indicador de Consumo de Combustible} = \frac{\$ 1,56}{12}$$

$$\text{Indicador de Consumo de Combustible} = 0,13$$

Vehículo de 24 toneladas

$$\text{Indicador de Consumo de Combustible} = \frac{\text{Precio \$/Galón}}{\text{Consumo Km/Galón}}$$

$$\text{Indicador de Consumo de Combustible} = \frac{\$ 1,56}{16}$$

$$\text{Indicador de Consumo de Combustible} = 0,10$$

En cuanto al precio del tipo de combustible que utilizan los vehículos transportadores de mercancías agrícolas, en este caso, los camiones de 18 y 24 toneladas para un viaje a las rutas en estudio, en la tabla 20-2 se especifican las variables determinantes de este costo y el cálculo del valor del recorrido para cada una de las rutas.

Tabla 20-2: Precio de combustible

Ruta	Distancia en km	Costo por galon	Rendimiento del galon para camión C2	Rendimiento del galon para C3	Galones utilizados en la ruta para C2	Galones utilizados en la ruta para C3	Costo por ruta ida y vuelta para vehículo C2	Costo por ruta ida y vuelta para vehículo C3
Riobamba - Guayaquil	235,1	1,56	12	16	19,592	14,694	61,13	45,84
Riobamba - Machala	319,2				26,600	19,950	82,99	62,24
Riobamba - Huaquillas	397,2				33,100	24,825	103,27	77,45
Cajabamba - Guayaquil	215,4				17,950	13,463	56,00	42,00
Cajabamba - Machala	299,5				24,958	18,719	77,87	58,40
Cajabamba - Huaquillas	377,5				31,458	23,594	98,15	73,61
Guamote - Guayaquil	270,6				22,550	16,913	70,36	52,77
Guamote - Machala	354,7				29,558	22,169	92,22	69,17
Guamote - Huaquillas	432,7				36,058	27,044	112,50	84,38

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

- **Consumo de llantas (\$/Km):** Este se genera por el desgaste del caucho de la llanta por el roce con el asfalto.

Fórmula 5. Indicador de consumo de llantas

$$\text{Indicador de Consumo de Llantas} = \sum \frac{\text{No llantas} * \text{Precio llanta}}{\text{Duración llanta en Km}}$$

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

En la figura 14-2 se visualiza de manera gráfica los tipos de neumáticos de un vehículo transportador de carga.



Figura 14-2: Tipos de neumáticos: D (Direccional), T (Tracción) y EL (Ejes libres)

En la tabla 21-2 se detallan los parámetros de las llantas de un vehículo transportador de carga pesada.

Tabla 21-2: Parámetros de los Neumáticos

Parámetro	Tipo de Neumático	Durabilidad en km
Con parámetro Radial	Direccional	70000 Km
	Tracción	70000 Km
	Ejes Libres	120000 Km
Con parámetro Convencional	Direccional	30000 Km
	Tracción	37375 Km
	Ejes Libres	62000 Km

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Los camiones de la compañía de transporte utilizan el tamaño de neumáticos radial. Para el camión modelo HFC 1252 KR1 se utilizan 10 llantas. El precio de las llantas es de \$ 600.00 cada una, lo que nos da un total de \$ 6.000,00. Considerando que el desgaste de las llantas es variable, el cálculo por viaje se detalla en las tablas 22-2 a la – 30-2, para cada una de las rutas:

Tabla 22-2: Consumo de llantas ruta Riobamba - Guayaquil

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	235,1	\$ 8,06
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	235,1	\$ 16,12
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	235,1	\$ 9,40
TOTAL							\$ 33,59

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 23-2: Consumo de llantas ruta Riobamba - Machala

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	319,2	\$ 10,94
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	319,2	\$ 21,89
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	319,2	\$ 12,77
TOTAL							\$ 45,60

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 24-2: Consumo de llantas ruta Riobamba – Huaquillas

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	397,2	\$ 13,62
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	397,2	\$ 27,24
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	397,2	\$ 15,89
TOTAL							\$ 56,74

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 25-2: Consumo de llantas ruta Cajabamba – Guayaquil

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	215,4	\$ 7,39
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	215,4	\$ 14,77
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	215,4	\$ 8,62
TOTAL							\$ 30,77

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 26-2: Consumo de llantas ruta Cajabamba – Machala

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	299,5	\$ 10,27
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	299,5	\$ 20,54
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	299,5	\$ 11,98
TOTAL							\$ 42,79

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 27-2: Consumo de llantas ruta Cajabamba – Huaquillas

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	377,5	\$ 12,94
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	377,5	\$ 25,89
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	377,5	\$ 15,10
TOTAL							\$ 53,93

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 28-2: Consumo de llantas ruta Guamote – Guayaquil

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	270,6	\$ 9,28
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	270,6	\$ 18,56
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	270,6	\$ 10,82
TOTAL							\$ 38,66

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 29-2: Consumo de llantas ruta Guamote – Machala

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	354,7	\$ 12,16
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	354,7	\$ 24,32
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	354,7	\$ 14,19
TOTAL							\$ 50,67

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 30-2: Consumo de llantas ruta Guamote – Huaquillas

Llantas	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Duracion (km)	Desgaste por km en \$	Distancia recorrida	Desgaste ida y vuelta en \$
Direccional	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 70.000,00	\$ 0,02	432,7	\$ 14,84
Traccion	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 70.000,00	\$ 0,03	432,7	\$ 29,67
Ejes Libres	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00	\$ 120.000,00	\$ 0,02	432,7	\$ 17,31
TOTAL							\$ 61,81

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Mantenimiento (\$/Km): El mantenimiento del vehículo transportador es un indicador que hace referencia al costo que se paga con fines de conservar el equipo automotor. Este incluye factores que van mucho más allá del cambio de combustible, entre los que se tiene, se enuncian los siguientes: motor, suspensión, tráiler, rodamientos, caja de velocidad, diferencial, embrague, dirección, frenos, eléctricos, inyección, entre otros. Dicho mantenimiento se realiza de manera semestral, lo que implica un mantenimiento bi anual, mismo que se especifica para cada uno de los vehículos transportadores de carga agrícola en las tablas 31-2 y 32-2.

Tabla 31-2: Descripción mantenimiento semestral vehículo 18 toneladas

No. De unidades	Detalle	Costo Unitario	Costo Total
2	Pasadores para barra de dirección	\$ 1,50	\$ 3,00
1	Canastilla negra	\$ 30,00	\$ 30,00
3	Cambio de Canastilla	\$ 58,00	\$ 174,00
1	Retenedor delantero de caja	\$ 28,00	\$ 28,00
1	Limpieza y calibración del plato de embrague	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Hidraulicos y cambio	\$ 7,00	\$ 7,00
1	Rulimán de embrague	\$ 28,00	\$ 28,00
2	O-ring secador de aire	\$ 7,00	\$ 14,00
1	O-ring del freno de maquina (limpieza y lubricación)	\$ 19,00	\$ 19,00
1	Limpieza de secador de aire	\$ 17,00	\$ 17,00
1	Instalación de rodela en los dos paquetes delanteros	\$ 22,00	\$ 22,00
4	Rodelas en paquetes delanteros	\$ 6,00	\$ 24,00
1	Arreglo barra de dirección	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Calibración de válvulas	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Aditivo	\$ 12,00	\$ 12,00
1	Codificar Computadora	\$ 18,00	\$ 18,00
1	Mano de obra del secador de aire	\$ 18,00	\$ 18,00
1	Fijador de roscas líquido	\$ 6,00	\$ 6,00
1	Manguera rulimán embrague	\$ 28,00	\$ 28,00
1	Manguera desfogue	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Cambio de O-ring governor (anillo de goma utilizado como un sello)	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Suministros	\$ 10,00	\$ 10,00
Subtotal		\$ 558,00	\$ 558,00
12% IVA		\$ 66,96	\$ 66,96
Total		\$ 624,96	\$ 624,96

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Dado que el mantenimiento se realiza dos veces al año, a la compañía el mantenimiento de un vehículo con capacidad de 18 toneladas anualmente le cuesta \$ 1249,92, de manera mensual esta variable de costo representa para la compañía \$ 104, 16 y como el vehiculo se moviliza 3 veces por semana; es decir, 12 veces al mes esto representa \$ 8,68.

Tabla 32-2: Descripción mantenimiento semestral vehículo 24 toneladas

No. De unidades	Detalle	Costo Unitario	Costo Total
2	Pasadores para barra de dirección	\$ 18,00	\$ 36,00
1	Canastilla negra	\$ 31,00	\$ 31,00
3	Cambio de Canastilla	\$ 59,00	\$ 177,00
1	Retenedor delantero de caja	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Limpieza y calibración del plato de embrague	\$ 16,00	\$ 16,00
1	Hidraulicos y cambio	\$ 8,00	\$ 8,00
1	Rulimán de embrague	\$ 30,00	\$ 30,00
2	O-ring secador de aire	\$ 8,00	\$ 16,00
1	O-ring del freno de maquina (limpieza y lubricación)	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Limpieza de secador de aire	\$ 18,00	\$ 18,00
1	Instalación de rodela en los dos paquetes delanteros	\$ 24,00	\$ 24,00
4	Rodela en paquetes delanteros	\$ 6,00	\$ 24,00
1	Arreglo barra de dirección	\$ 26,00	\$ 26,00
1	Calibración de válvulas	\$ 32,00	\$ 32,00
1	Aditivo	\$ 14,00	\$ 14,00
1	Codificar Computadora	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Mano de obra del secador de aire	\$ 18,00	\$ 18,00
1	Fijador de roscas líquido	\$ 6,00	\$ 6,00
1	Manguera rulimán embrague	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Manguera desfogue	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Cambio de O-ring governor (anillo de goma utilizado como un sello)	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Suministros	\$ 10,00	\$ 10,00
Subtotal		\$ 616,00	
12% IVA		\$ 73,92	
Total		\$ 689,92	

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Dado que el mantenimiento se realiza dos veces al año, a la compañía el mantenimiento de un vehículo con capacidad de 24 toneladas anualmente le cuesta \$ 1379,84, de manera mensual esta variable de costo representa para la compañía \$ 114, 99 y como el vehiculo se moviliza 3 veces por semana; es decir, 12 veces al mes esto representa \$ 9,58.

A esta variable hay que sumarle el mantenimiento mensual que se realiza a los vehículos transportadores por concepto de lavado y engrase.

Tabla 33-2: Servicio de lavado – engrase vehículos 18 y 24 toneladas

No. De unidades	Detalle	Costo Unitario	Costo Total
1	Aceite sintético motor	\$ 22,00	\$ 22,00
1	Aceite caja	\$ 11,00	\$ 11,00
1	Aceite transmisión	\$ 4,58	\$ 4,58
1	Aceite dirección	\$ 9,00	\$ 9,00
3	Filtros de Aceite	\$ 9,45	\$ 28,35
3	Filtros de Combustible	\$ 11,99	\$ 35,97
1	Filtro de agua	\$ 12,99	\$ 12,99
1	Filtro de aire	\$ 7,99	\$ 7,99
1	Lavado, pulverizado y engrasado	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Mano de obra	\$ 18,00	\$ 18,00
Subtotal		\$	169,88
12% IVA		\$	20,39
Total		\$	190,27

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de mantenimiento mensual por vehículo es de \$ 190,27, sabiendo que los mismos realizan 12 viajes mensuales, el costo por viaje representa \$ 15,86.

- **Baterías:** Se emplean dos baterías al año marca BOSCH, cotizado el costo de las baterías, su costo asciende a \$ 130 cada una, dándonos un total de \$ 260.

Tabla 34-2: Precio de las Baterías

Baterías	Cantidad	Precio Unitario	Total
BOSCH 30H HD	2	\$ 130,00	\$ 260,00

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

- **Imprevistos:** Son aquellos costos no pronosticados pero que pueden ocurrir en el trayecto de la ruta del vehículo transportador. Para el cálculo de los mismos, se estima el 10 % del costo total.

Fórmula 6. Indicador de imprevistos

$$\text{Indicador de Imprevistos} = \% \sum \text{Costos Totales}$$

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

El cálculo por imprevistos se integró directamente en la tabla de costos por viaje, en razón que no representa un calculo de mayor complejidad.

Distancia

La carretera de las rutas en estudio (Riobamba – Guayaquil, Riobamba – Machala, Riobamba – Huaquillas, Cajabamba – Guayaquil, Cajabamba – Machala, Cajabamba – Huaquillas, Guamote – Guayaquil, Guamote – Machala y Guamote - Huaquillas) tiene en general un buen estado, por donde se moviliza gran afluencia de tráfico pesado, con la presencia de dos peajes. La distancia por cada una de las rutas se muestra en las tablas 35-2 a la 43-2:

Tabla 35-2: Matriz de distancias ruta Riobamba - Guayaquil

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Riobamba	Cajabamba	19.7	19.7
Cajabamba	Pallatanga	70	89.7
Pallatanga	Cumandá	38,9	128.6
Cumandá	El Triunfo	38	166.6
El Triunfo	Duran	52.4	219
Duran	Guayaquil	16.1	235.1

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 36-2: Matriz de distancias ruta Riobamba – Machala

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Riobamba	Cajabamba	19.7	19.7
Cajabamba	Pallatanga	70	89.7
Pallatanga	Cumandá	38,9	128.6
Cumandá	El Triunfo	38	166.6
El Triunfo	Naranjal	60.9	227.5
Naranjal	Machala	91.7	319.2

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 37-2: Matriz de distancias ruta Riobamba – Huaquillas

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Riobamba	Cajabamba	19.7	19.7
Cajabamba	Pallatanga	70	89.7
Pallatanga	Cumandá	38,9	128.6
Cumandá	El Triunfo	38	166.6
El Triunfo	Naranjal	60.9	227.5
Naranjal	Machala	91.7	319.2
Machala	Santa Rosa	32.7	351.9
Santa Rosa	Huaquillas	45.3	397.2

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 38-2: Matriz de distancias ruta Cajabamba – Guayaquil

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Cajabamba	Pallatanga	70	70
Pallatanga	Cumandá	38,9	108.9
Cumandá	El Triunfo	38	146.9
El Triunfo	Duran	52.4	199.3
Duran	Guayaquil	16.1	215.4

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 39-2: Matriz de distancias ruta Cajabamba – Machala

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Cajabamba	Pallatanga	70	70
Pallatanga	Cumandá	38,9	108.9
Cumandá	El Triunfo	38	146.9
El Triunfo	Naranjal	60.9	207.8
Naranjal	Machala	91.7	299.5

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 40-2: Matriz de distancias ruta Cajabamba – Huaquillas

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Cajabamba	Pallatanga	70	70
Pallatanga	Cumandá	38,9	108.9
Cumandá	El Triunfo	38	146.9
El Triunfo	Naranjal	60.9	207.8
Naranjal	Machala	91.7	299.5
Machala	Santa Rosa	32.7	332.2
Santa Rosa	Huaquillas	45.3	377.5

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 41-2: Matriz de distancias ruta Guamote – Guayaquil

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Guamote	Alausí	70	70
Alausí	Chunchi	36	106
Chunchi	El Triunfo	96.1	202.1
El Triunfo	Duran	52.4	254.5
Duran	Guayaquil	16.1	270.6

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 42-2: Matriz de distancias ruta Guamote – Machala

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Guamote	Alausí	70	70
Alausí	Chunchi	36	106
Chunchi	El Triunfo	96.1	202.1
El Triunfo	Naranjal	60.9	263
Naranjal	Machala	91.7	354.7

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 43-2: Matriz de distancias ruta Guamote – Huaquillas

Punto de carga (origen)	Punto de descarga (destino)	Distancia del punto de carga al punto de descarga	Distancia acumulada en km
Guamote	Alausí	70	70
Alausí	Chunchi	36	106
Chunchi	El Triunfo	96.1	202.1
El Triunfo	Naranjal	60.9	263
Naranjal	Machala	91.7	354.7
Machala	Santa Rosa	32.7	387.4
Santa Rosa	Huaquillas	45.3	432.7

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

2.2.6 Tarifas en el transporte

Bajo el criterio de (Anaya, 2015), las tarifas en el transporte son el resultado de la fijación de precios que los transportistas negocian por sus servicios, entre las que se tiene: las relacionadas con el volumen, las distancias y la demanda.

2.2.6.1 Tarifas relacionadas con el volumen

En su mayoría, el costo de servicio de transporte se encuentra relacionado con el tamaño de su carga a enviarse. Las tarifas en general son el reflejo de la economía en este sector, puesto que, si el volumen a transportarse es alto, su costo se ve reducido caso contrario este tiende a elevarse. (Anaya, 2015)

2.2.6.2 Tarifas relacionadas con las distancias

Tarifas que pueden ser totalmente invariables con la distancia o directamente variables con la misma, entre ellas encontramos:

- a. Tarifas uniformes: Determina que la tarifa de transporte para todas las distancias de origen a destino son las mismas.
 - b. Tarifas proporcionales: Las tarifas proporcionales consisten en establecer un acuerdo en la tarifa y los costos del servicio.
 - c. Tarifas graduales: Las tarifas graduales mantienen una estructura en función a la distancia; es decir, a mayor recorrido en el envío, los costos fijos y variables se prorratan sobre un mayor trayecto.
 - d. Tarifas generales: Tarifas sencillas que abarca un área extensa en el origen, el destino o ambos.
- (Anaya, 2015)

2.2.6.3 Tarifas relacionadas con la demanda

Se presentan dos escenarios en el servicio de transporte para un administrador: los económicos propios del administrador y los de servicios alternativos de transporte a disposición. (Anaya, 2015)

2.2.7 *Software*

De acuerdo a (Castellano, 2010) un software es el conjunto de instrucciones y datos en formato binario que se puede almacenar en la memoria principal de un pc, el mismo indica al equipo qué debe y cómo hacerlo. El software es la parte lógica del sistema informático que dirige al hardware, un ejemplo básico es el software de aplicación e interpretación gerencial WINQSB (Quantitative Systems for Business – Sistema Cuantitativo para Negocios), desarrollado y mantenido por Yih-Long Chang.

WinQSB, sistema interactivo que facilita la toma de decisiones, contiene herramientas versátiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa. El sistema comprende distintos módulos, uno de ellos destaca en sus aplicabilidades, *Network Modeling* (NET) que incluye programas específicos para resolver el problema del transbordo, el problema del transporte, el de asignación, el problema del camino más corto, flujo máximo, árbol generador, y problema del agente viajero. (Carro, 2014)

El software contiene los algoritmos de solución de problemas de investigación de operaciones y gerencia, mismo que se utilizará como base en la modelación del problema de transporte de carga.

2.2.8 Simulación

La simulación es una técnica numérica para la realización de experimentos en un computador, en ella se considera toda la teoría relacionada con procesos, aquí se considera situaciones reales que cambian por otras creadas artificialmente.

En los últimos años, la simulación de procesos ha llegado a ser una herramienta adecuada y oportuna de apoyo para el diseño, caracterización, optimización y monitoreo del funcionamiento de procesos industriales. Para aplicar estas simulaciones existen en la actualidad una gran variedad de simuladores de procesos.

En el ámbito del sector del transporte, los sistemas de movilización se pueden considerar como un proceso crítico para las empresas manufactureras, ya que éstas deben trasladar las materias primas y los productos terminados desde sus orígenes hacia sus destinos. El sistema definitivo se da con la participación de los siguientes modelos:

- a. Modelo Conceptual: Análisis del desempeño del sistema de transporte que se está utilizando en el traslado de mercancías.
- b. Modelo Computacional: El enfoque de mejoramiento del sistema de transporte en el sector de la transportación terrestre de carga.

A partir de los resultados de la simulación del modelo de transporte se realizó un análisis del estado actual de algunas variables de salida o respuesta del sistema de transporte como:

- a. Cantidad de servicios de transporte programados y cantidad obtenida
- b. Tiempo promedio de traslado
- c. Cantidad de productos en cola en centros de acopio
- d. Tiempo promedio en cola en centros de acopio
- e. Capacidad utilizada en el vehículo de carga

Los resultados obtenidos del modelo de transporte se comparan con los estándares en el mercado de la transportación. (Martinez, 2020 p. 15):

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, el tipo es descriptivo y su diseño es de carácter no experimental de corte transversal. Los métodos empleados son el inductivo, deductivo y el sistémico.

3.2 Población de Estudio

La población o universo de estudio esta constituida por 80 socios de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera Sociedad Anónima., que prestan sus servicios en el traslado de mercancías desde Riobamba hacia distintos mercados en el país, para el caso se tomó una muestra representativa de los socios de la compañía que fue de 66, siendo esa cantidad de socios con los que se trabajó en el desarrollo del modelo matemático. Se utilizó el muestreo probabilístico simple.

La muestra fue definida mediante la fórmula de población finita, dispuesta a continuación:

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot (e/k)^2 + (p \cdot q)}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población de estudio

p = (0,5) Probabilidad de ocurrencia

q = (0,5) Probabilidad de no ocurrencia

e = (5%) Margen de error

z = (1,96) Nivel de confianza

3.3 Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en este estudio fue la encuesta y su instrumento el cuestionario, que cumplieron con las cualidades de confiabilidad y validez, permitieron recopilar información de 66 socios de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera Sociedad Anónima.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Encuesta dirigida a los socios de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

1. Sexo

Tabla 1-4: Sexo

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	51	78%
Femenino	15	22%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

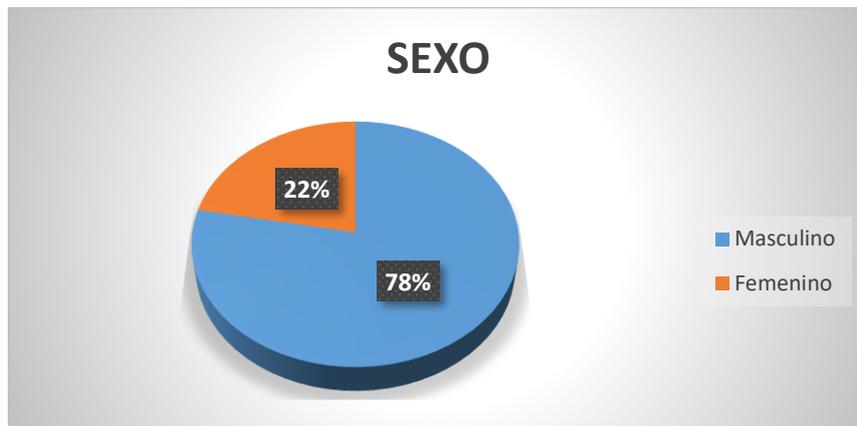


Gráfico 1-4: Sexo

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

De los socios encuestados el 78% son de género masculino, mientras que el 22% pertenecen al género femenino.

2. Edad

Tabla 2-4: Edad

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
De 20 a 30 años	3	5%
De 31 a 40 años	13	20%
De 41 a 50 años	40	60%
De 51 a 60 años	8	12%
Más de 60 años	2	3%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

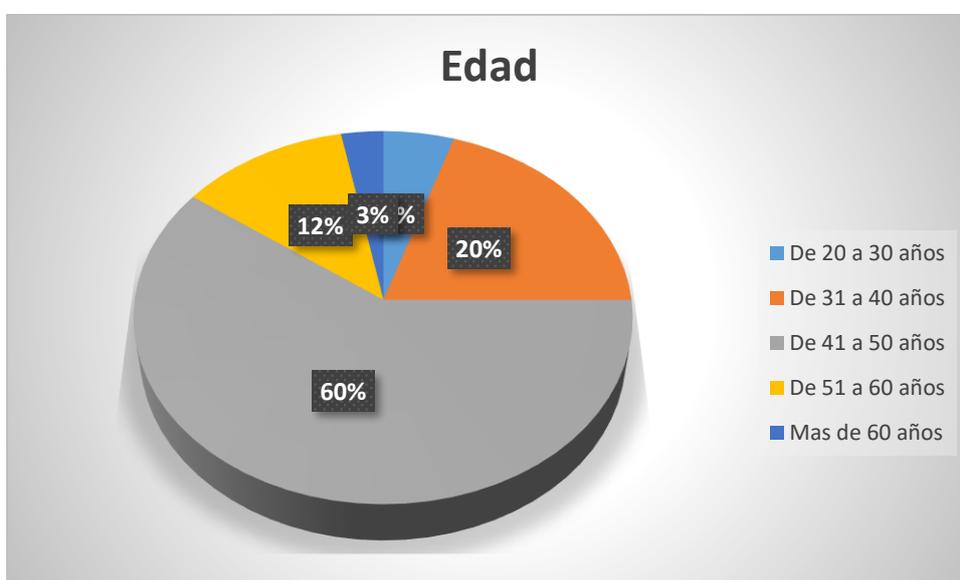


Gráfico 2-4: Edad

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

En cuanto a la edad de los socios, esta se encuentra entre los 41 a 50 años, seguido por un grupo de jóvenes transportistas que oscilan en su edad entre los 31 a 40 años.

3. ¿Conoce a ciencia cierta el cálculo del costo del transporte de las mercancías hacia los distintos destinos?

Tabla 3-4: Conocimiento sobre el cálculo de los costos del transporte

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	23	35%
No	13	20%
Desconozco	30	45%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

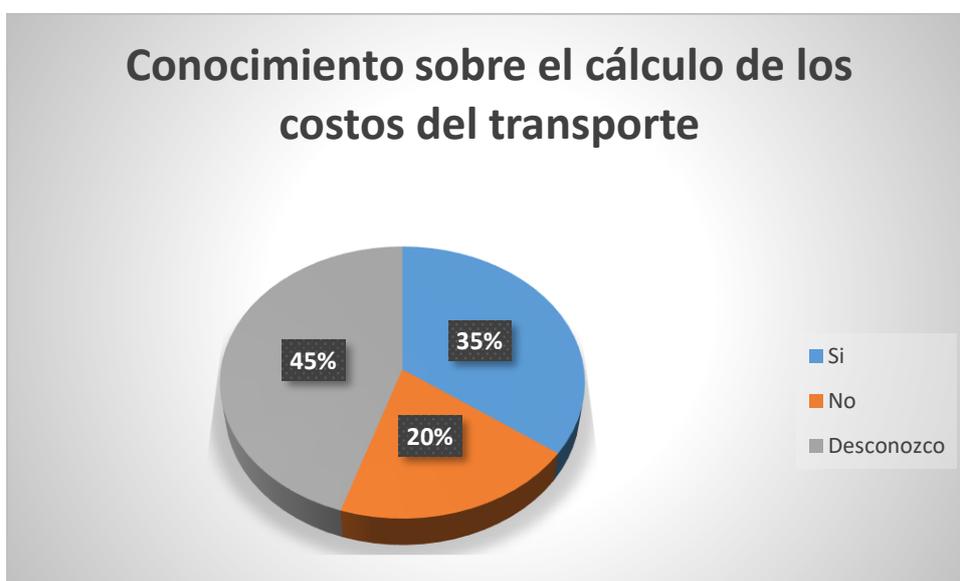


Gráfico 3-4: Conocimiento sobre el cálculo de los costos del transporte

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El 65% de los transportistas no conocen sobre el cálculo de los costos del transporte, utilizan los referenciales del mercado, mientras que el 35% conocen como se originan éstos costos.

4. ¿Considera necesario un modelo matemático para el cálculo de los costos del transporte?

Tabla 4-4: Importancia del modelo matemático

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	50	76%
No	16	24%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

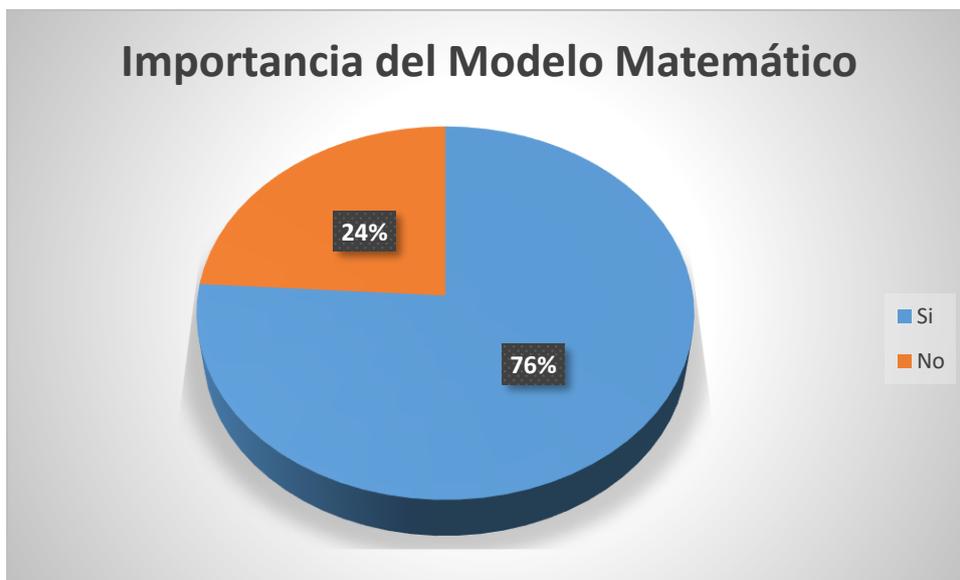


Gráfico 4-4: Importancia del Modelo Matemático

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El 76% los socios de la compañía consideraron necesario contar con un modelo que clarifique los costos de la transportación.

5. ¿Qué elementos considera importantes en el establecimiento del costo del transporte?

Tabla 5-4: Elementos del costo

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Combustibles y lubricantes	3	4%
Llantas	3	4%
Estibación	0	0%
Capacidad de carga	7	10%
Variedad de carga	9	14%
Tipo de caga	15	22%
Distancia recorrida	7	10%
Salario del conductor y ayudante	4	6%
Alimentación	0	0%
Peajes	0	0%
Precio de competidores	20	30%
Otros	0	0%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022



Gráfico 5-4: Elementos del Costo

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

La opinión de la mayoría de los socios de la compañía con respecto al costo está en torno al precio de los competidores como uno de los elementos fundamentales del costo, sin embargo, un grupo menor de ellos identificaron varios elementos como constructores del costo, el tipo de carga, la variedad de carga, la distancia recorrida, el salario del conductor y del ayudante, los combustibles y lubricantes y llantas.

6. ¿Qué bienes traslada con frecuencia la compañía?

Tabla 6-4: Bienes que transporta la compañía

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Productos agrícolas	30	45%
Materias primas	13	20%
Productos maderables	7	10%
Productos industriales	13	20%
Productos industrializados	3	5%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

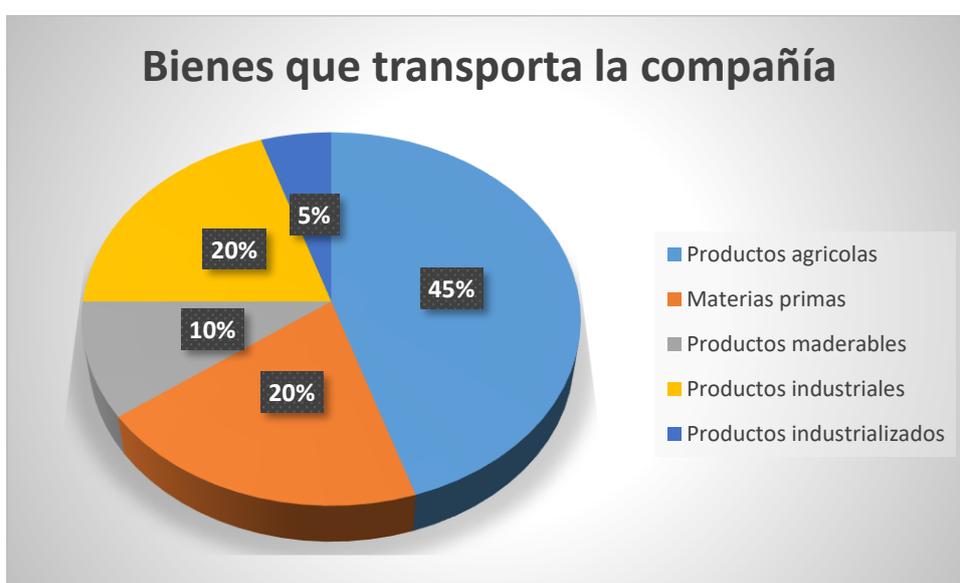


Gráfico 6-4: Bienes que transporta la compañía

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

A criterio de los socios transportistas, los productos que con más frecuencia se trasladan son los agrícolas con un 45%, un disperso grupo señala que son las materias primas, los productos maderables y los productos industrializados.

7. ¿En la compañía se considera importante el tiempo de salida y llegada de los bienes transportados?

Tabla 7-4: Importancia del tiempo de salida y llegada de los bienes

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	54	82%
No	12	18%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

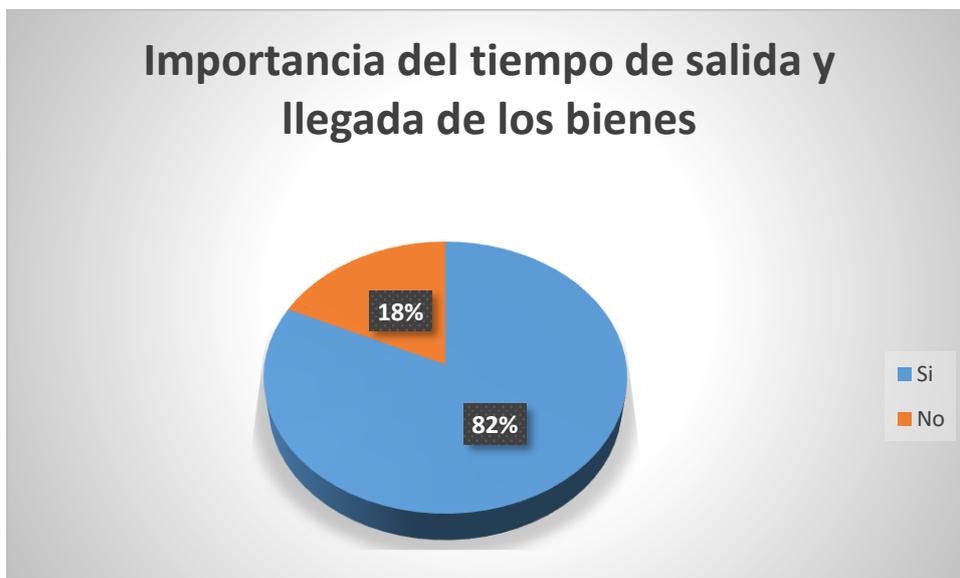


Gráfico 7-4: Importancia del tiempo de salida y llegada de los bienes

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El 82% de los socios consideraron que es muy importante el tiempo de salida y llegada de las mercancías a su punto de destino.

8. ¿Qué volumen de carga poseen los vehículos de la compañía?

Tabla 8-4: Volumen de carga de los vehículos de la compañía

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
3.83 ton	1	2%
4 ton	1	2%
4.5 ton	3	5%
7.5 ton	5	7%
8 ton	7	10%
De 12 y 18 ton	40	60%
24 ton	9	14%
Todas las anteriores	0	0%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

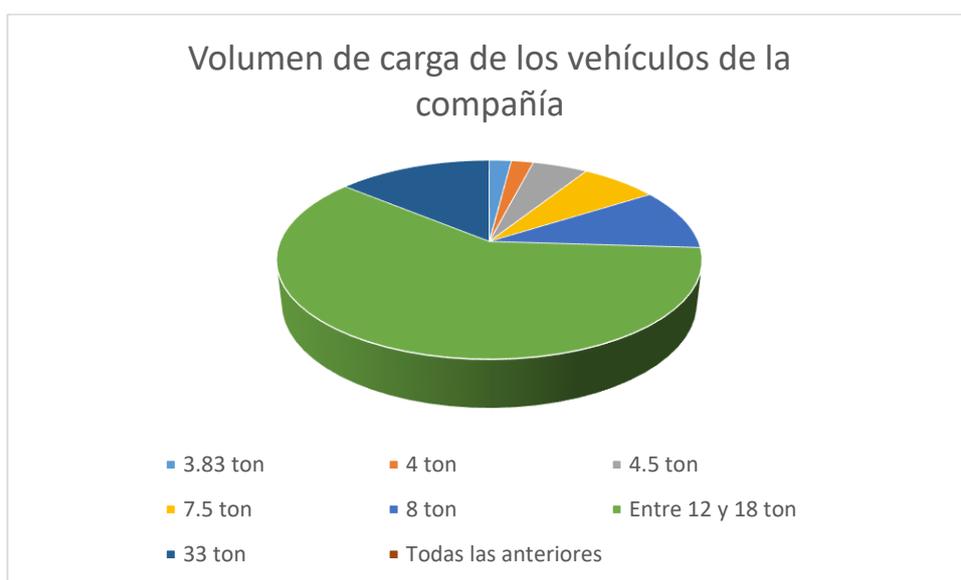


Gráfico 8-4: Volumen de carga de los vehículos de la compañía

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El volumen de carga que posee la compañía a criterio del 60% de socios oscila entre 12 y 18 toneladas; sin embargo, en la compañía existen diversas capacidades de carga como lo afirman un grupo minoritario de socios.

9. ¿Con qué frecuencia realiza Usted los viajes?

Tabla 9-4: Frecuencia de viajes

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
1 vez por semana	0	0%
2 veces por semana	5	7%
3 veces por semana	56	85%
Más de tres veces a la semana	5	8%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

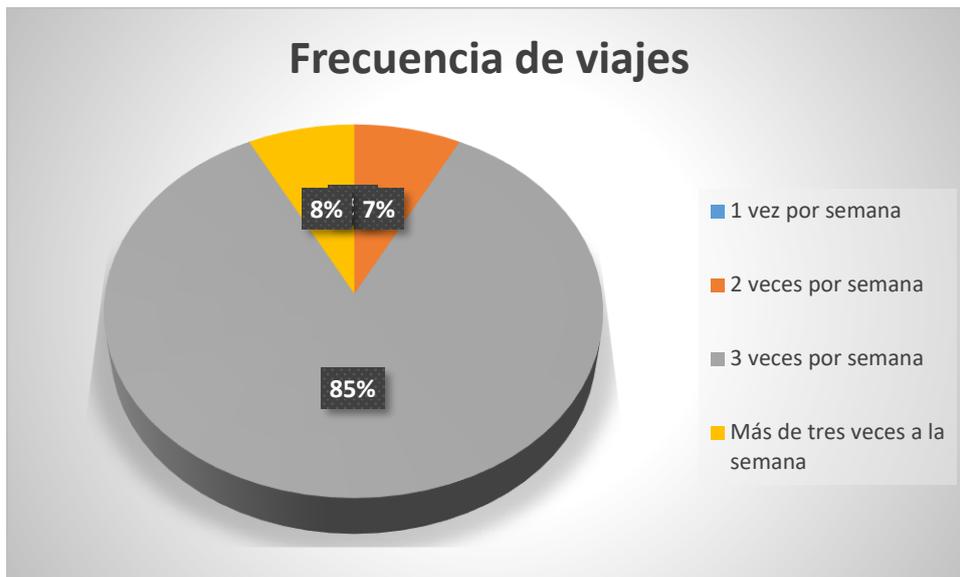


Gráfico 9-4: Frecuencia de viajes

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

La frecuencia con la que realizan los viajes la mayoría de los conductores es de 3 veces por semana y un mínimo de dos veces por semana.

10. ¿Qué tipo de combustible utilizan los vehículos de la empresa?

Tabla 10-4: Tipo de combustible

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Gasolina	0	0%
Diésel	66	100%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

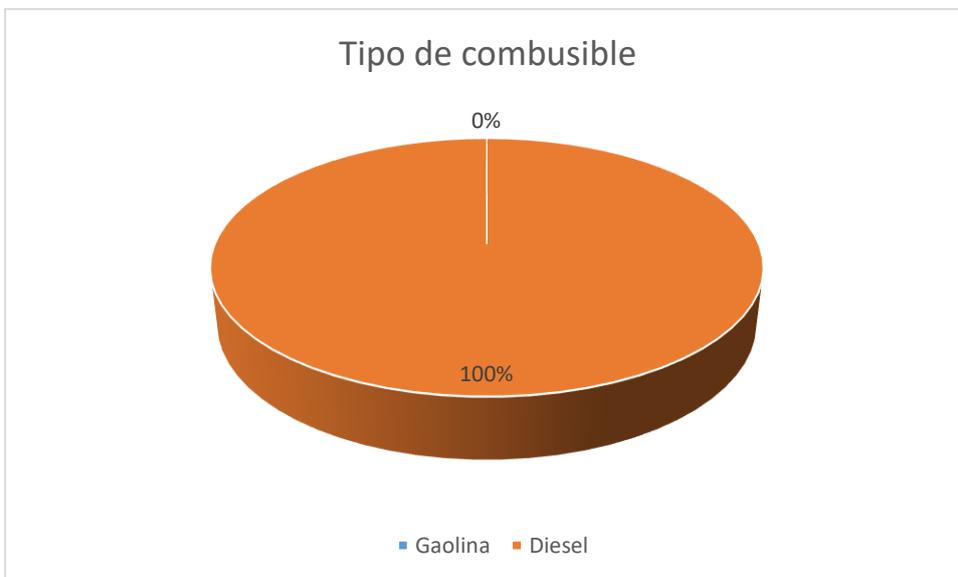


Gráfico 10-4: Tipo de combustible

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

A criterio de los señores transportistas, la totalidad de los vehículos que operan en la compañía utilizan diésel.

11. ¿Cuál es el punto de origen de carga de los productos agrícolas que Usted transporta?

Tabla 11-4: Oferta

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Mercado Mayorista Riobamba	22	33%
Mercado Mayorista Cajabamba	41	62%
Mercado Mayorista Guamote	3	5%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

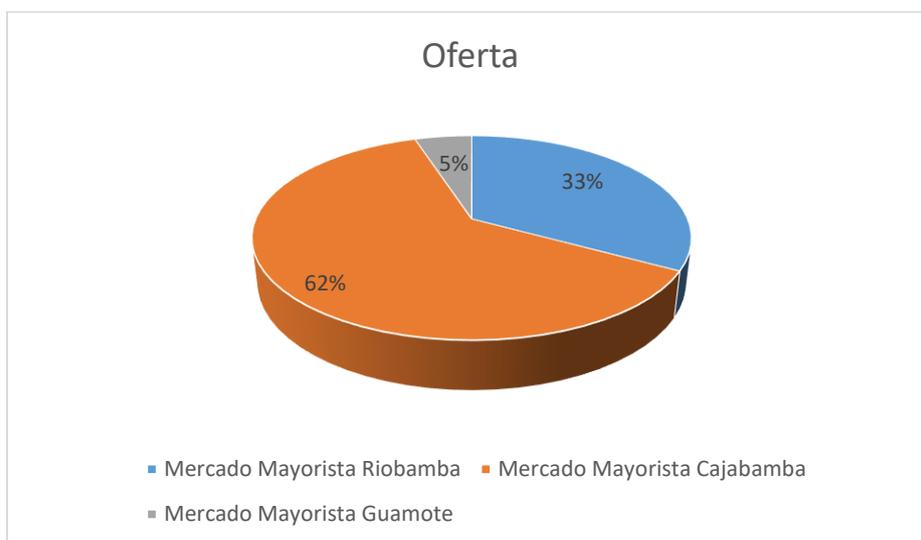


Gráfico 11-4: Oferta

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El 62% de los transportistas de carga de productos agrícolas tienen su punto de embarque en la ciudad de Cajabamba y un grupo menor (33%) y (5%) en las ciudades de Riobamba y Guamote, respectivamente.

12. ¿Cuál o cuáles son los puntos de destino de la carga de los productos agrícolas que Usted transporta?

Tabla 12-4: Demanda

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Guayaquil	36	55%
Machala	17	26%
Huaquillas	13	19%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

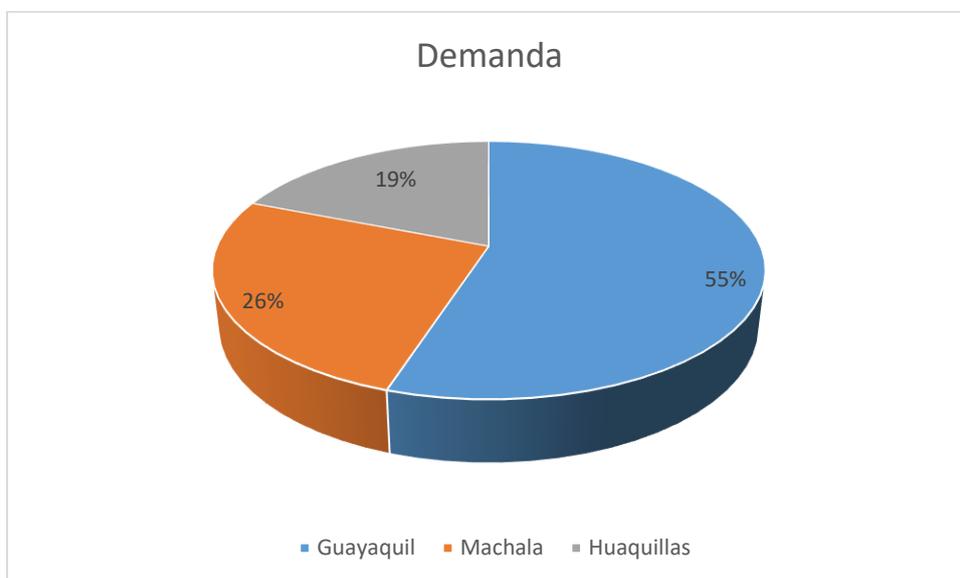


Gráfico 12-4: Demanda

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El 55% de los transportistas de la empresa desembarca los productos agrícolas en la ciudad de Guayaquil y un grupo menor representado por el 26% y 19% en las ciudades de Machala y Huaquillas, respectivamente.

13. ¿Cuál es el tiempo que se demora en trasladar las mercancías agrícolas desde el Mercado Mayorista Riobamba hacia el Mercado Mayorista Guayaquil?

Tabla 13-4: Tiempo de llegada al destino

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
De 4 a 5 horas	0	0%
De 5 a 6 horas	4	6%
De 6 a 7 horas	40	60%
De 7 a 8 horas	20	30%
De 8 a 10 horas	3	4%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

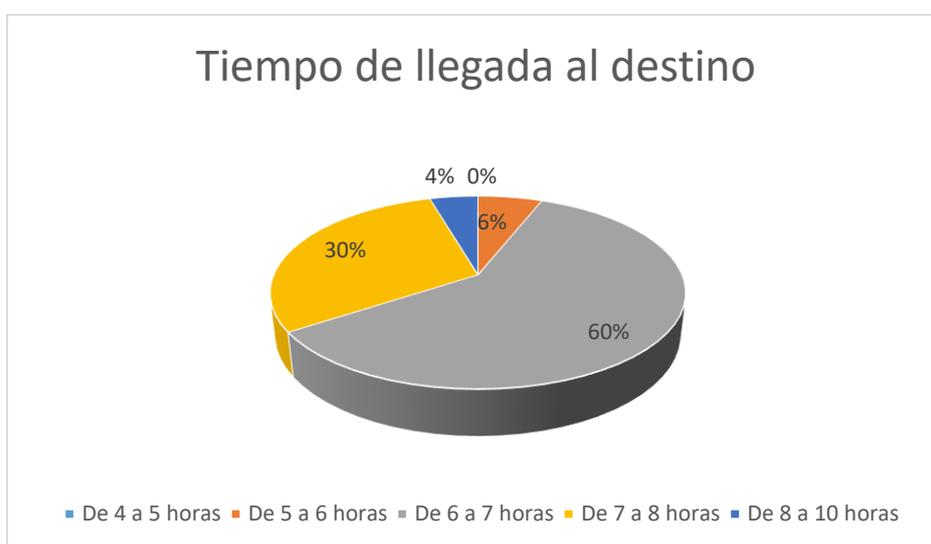


Gráfico 13-4: Tiempo de llegada al destino

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El 60% de los transportistas de la compañía se demoran en entregar sus mercancías en el punto de destino en un lapso de tiempo entre 6 a 7 horas, y un grupo minoritario de ellos se demora más de ese tiempo, como máximo 10 horas.

14. ¿Cuál es el tiempo máximo que se demora en trasladar las mercancías agrícolas desde el Mercado Mayorista Riobamba hacia los mercados en los cuales opera la compañía?

Tabla 14-4: Tiempo maximo de traslado de productos agrícolas a los distintos mercados

Alternativa	Tiempo máximo de transportación	Frecuencia	Porcentaje
Riobamba - Guayaquil	De 6 a 7 horas	40	60%
Riobamba - Machala	De 8 a 9 horas	40	60%
Riobamba - Huaquillas	De 10 a 12 horas	40	60%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022



Gráfico 14-4: Tiempo maximo de traslado de productos agrícolas a los distintos mercados

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El tiempo máximo de traslado de los productos agrícolas a los mercados con los cuales opera la empresa, mercados en Guayas de 6 a 7 horas, en Machala de 8 a 9 horas y Huaquillas de 10 a 12 horas.

15. Productos agrícolas que generalmente se transportan

Tabla 15-4: Productos que generalmente se transportan

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Tubérculos	23	35%
Hortalizas y legumbres	8	12%
Gramíneas	15	23%
Frutas de la serranía	20	30%
Total	66	100%

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

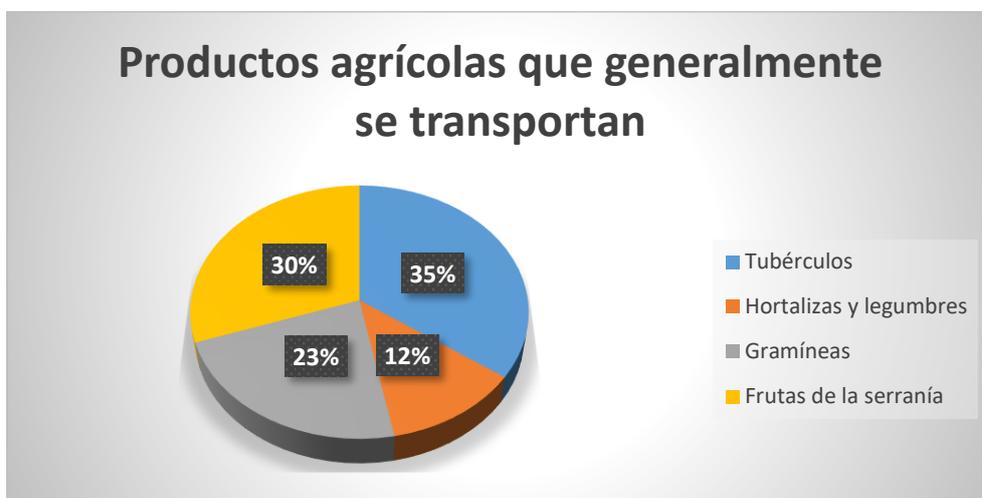


Gráfico 15-4: Productos agrícolas que generalmente se transportan

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

A criterio de los socios de la compañía los productos que usualmente se transportan son una combinación de tubérculos, un grupo significativo señala que son las frutas de la serranía, un grupo menor manifiesta que en su actividad de traslado llevan gramíneas y un mínimo porcentaje de los transportistas traslada hortalizas y legumbres.

16. ¿Cuál es el costo que se cobra por transportar los productos agrícolas?

Tabla 16-4: Costo que se cobra por transportar los productos agrícolas

Alternativa	Guayaquil	Machala	Huaquillas
Por bulto	0,30	0,45	0,80
Por quintal	0,50	0,70	1,00
Por caja	0,45	0,60	0,90

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

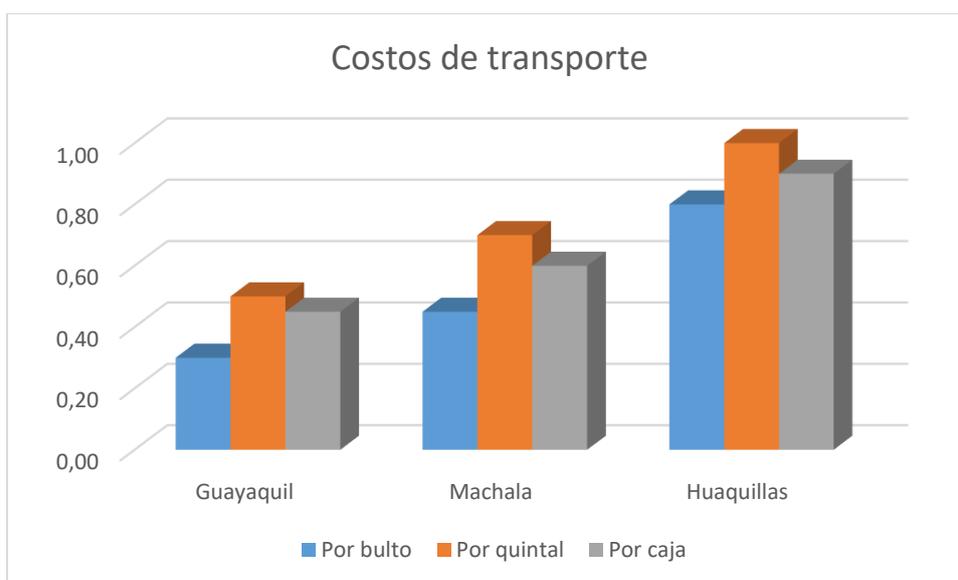


Gráfico 16-4: Costo de transporte

Fuente: Encuesta a socios

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Los transportistas conocen y manejan los costos del mercado y lo aplican en sus traslados.

Comprobación de la Hipótesis

En base a los resultados obtenidos se puede evidenciar que con el modelo matemático existe una minimización del costo, en consideración a la forma tradicional con que la compañía venía trabajando, resultados que se muestran a continuación:

Método Esquina Noroeste

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply	Dual Pij
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64	0
	35.64	Cij=-0.01			
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96	-0.49
	23.76	28.08*	15.12		
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4	0.86
			5.4		
filled_Dema	+1M	+1M	+1M	-59.4	-25.07+1M
			0		
Demand	28.08	20.52	0		
Dual Pij	21.08	23.15	25.08		

Objective Value = 0.00M+2,388.9

Método de Costos Mínimos

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply	Dual Pij
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64	0
		20.52	15.12		
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96	-0.48
	59.4	7.56			
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4	0.87
			5.4		
filled_Dema	+1M	+1M	+1M	-59.4	-25.07+1M
			0		
Demand	28.08	20.52	0		
Dual Pij	21.07	23.15	25.07		

Objective Value = 0.00M+2,388.6

Método de Vogel

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply	Dual Pij
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64	0
		28.08	7.56		
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96	-0.48
	59.4		7.56		
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4	0.87
			5.4		
filled_Dema	+1M	+1M	+1M	-59.4	-25.07+1M
			0		
Demand	28.08	20.52	0		
Dual Pij	21.07	23.15	25.07		

Objective Value = 0.00M+2,388.

Método de Russel

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply	Dual Pij
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64	0
		28.08	7.56		
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96	-0.48
	59.4		7.56		
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4	0.87
			5.4		
filled_Dema	+1M	+1M	+1M	-59.4	-25.07+1M
			0		
Demand	28.08	20.52	0		
Dual Pij	21.07	23.15	25.07		

Objective Value = 0.00M+2,388.1

Figura 1-4: Resultados métodos de programación lineal

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

4.2 Discusión de Resultados

Del análisis de los resultados de este estudio se puede afirmar la necesidad de un modelo matemático para el cálculo del costo de transporte, el 76% de los transportistas menciona esta necesidad como prioridad y al compararlo con resultados encontrados en estudios similares, podemos ver que dichos resultados están dentro de los límites como el estudio presentado por (Cos, 2013). Del mismo modo (Osorio, 2016) en sus conclusión 2 determina que la reducción en costo sería de hasta -10%, esto a partir de una mejora en la calidad del cálculo de los costos de los viajes programados.

Uno de los hallazgos principales de esta investigación constituye el precio de la competencia como referente en el establecimiento del precio del transporte, así lo afirma el 30% de los socios, es decir, los transportistas no tienen claridad de los componentes del costo del transporte y el precio que ellos cobran o deben cobrar por un traslado. Esto nos plantea la necesidad de un modelo para la optimización del costo de transporte de carga. (Barón, 2018)

(Villamarin, y otros, 2019) en su investigación orienta el modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal (Ecuador), en ella recalca que, para obtener los resultados esperados utilizando cualquiera de los métodos de programación lineal, lo más importante es realizar una adecuada descripción del problema y una identificación completa de las restricciones asociadas. Los modelos de transporte utilizados en el sector de hidrocarburos no son diferentes a los utilizados en otras industrias, se tratan de modelos de múltiples fuentes con múltiples destinos en el país, el tema se complica cuando existe un desconocimiento sobre el cálculo del costo del transporte de las mercancías hacia los distintos destinos.

El tipo de carga, así como su variedad y la distancia a recorrer que representa un 46% de la muestra estudiada reportaron estos elementos como intervinientes en la estructuración de los costos del transporte. Se encontraron correlaciones significativas entre la capacidad de carga de los vehículos, el tipo de carga y la distancia por recorrer en la muestra general; también en estos factores se evidenció preocupación por el salario del conductor y el ayudante y una proporción menor por llantas y combustibles. Un alto porcentaje de los transportistas considera que estos elementos son los que se debería considerar para estructurar el costo. Los resultados de este estudio concuerdan con la tendencia general en la literatura relacionada a modelos de transporte terrestre de carga pesada y mapeo óptimo de embarque (Ecuador), presentado por (Rivadeneira, y otros, 2016), donde entre sus objetivos a alcanzar se encuentran determinar un modelo para optimización de recursos y mapeo óptimo de embarque del transporte de carga pesada terrestre,

puesto que el sector de transporte de carga pesada ocupa una importante participación en el PIB y no es solo una preocupación de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A., sino de todo el sector de la transportación, mismo que ve necesario la incorporación de un conjunto de variables, entre las que se han mencionado en la construcción de una herramienta que permita tomar las mejores decisiones al conocer el valor real de transportar mercancías en el Ecuador, preocupación no solo de (Cabeza, y otros, 2019) sino de nuestra población de estudio ya que esto a decir de los transportistas impacta adversamente en la economía de nuestro país.

CAPÍTULO V

5 PROPUESTA

5.1. Modelo matemático para optimizar el costo del transporte pesado de carga agrícola, utilizando programación lineal, para la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera Sociedad Anónima.

5.1.1 Modelado Matemático del Sistema de Transporte

En función a la consecución de los objetivos planteados en la investigación, se dio paso a la estructura del modelado, mismo que comprende el cálculo del costo fijo y costo variable para cada una de las rutas objeto de estudio, en el que se muestran los siguientes resultados:

Vehículo de 18 toneladas

Tabla 1-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Guayaquil

RUTA RIOBAMBA - GUAYAQUIL		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
<i>Costos Fijos</i>		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,16
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,02
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,01
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,01
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,13
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,06
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,03
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,02
<i>Costo Variables</i>		
Precio del combustible	\$ 61,13	\$ 0,13
Llantas	\$ 33,59	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 24,54	\$ 0,05
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 34,49	\$ 0,07
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,81
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA		\$ 379,43

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Riobamba – Guayaquil en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 379,43.

Tabla 2-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Machala

RUTA RIOBAMBA - MACHALA		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
<i>Costos Fijos</i>		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,12
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,10
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,04
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
<i>Costo Variables</i>		
Precio del combustible	\$ 82,99	\$ 0,13
Llantas	\$ 45,60	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 24,54	\$ 0,04
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 37,88	\$ 0,06
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,65
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	416,69

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Riobamba – Machala en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 416.69.

Tabla 3-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Huaquillas

RUTA RIOBAMBA - HUAQUILLAS		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
<i>Costos Fijos</i>		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,09
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,01

Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,08
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,04
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 103,27	\$ 0,13
Llantas	\$ 56,74	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 24,54	\$ 0,03
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 41,02	\$ 0,05
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,57
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	451,25

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Riobamba – Huaquillas en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 451,25.

Tabla 4-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajabamba – Guayaquil

RUTA CAJABAMBA - GUAYAQUIL		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,17
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,02
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,01
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,01
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,03
Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,14
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,06
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,03
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,02
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 56,00	\$ 0,13
Llantas	\$ 30,77	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 24,54	\$ 0,06
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 33,70	\$ 0,08
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,86
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	370,69

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Cajabamba – Guayaquil en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 370,69.

Tabla 5-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajababamba – Machala

RUTA CAJABAMBA - MACHALA		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,13
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,01
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,10
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,05
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 77,87	\$ 0,13
Llantas	\$ 42,79	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 24,54	\$ 0,04
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 37,09	\$ 0,06
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,68
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	407,97

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Cajabamba – Machala en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 407,97.

Tabla 6-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajababamba – Huaquillas

RUTA CAJABAMBA - HUAQUILLAS		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,10
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,01
Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,08
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,04

Viáticos	\$	12,00	\$	0,02
Peajes	\$	8,00	\$	0,01
Costo Variables				
Precio del combustible	\$	98,15	\$	0,13
Llantas	\$	53,93	\$	0,07
Mantenimiento por viaje	\$	24,54	\$	0,03
Baterías	\$	1,81	\$	0,00
Imprevistos	\$	40,23	\$	0,05
COSTO POR KILÓMETRO			\$	0,59
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA			\$	442,53

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Cajabamba – Huaquillas en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 442,53.

Tabla 7-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Guayaquil

RUTA GUAMOTE - GUAYAQUIL				
Costos de Operación	Importe del costo		Importe unitario por km recorrido	
Costos Fijos				
Salario Conductor	\$	75,00	\$	0,14
IESS Aporte patronal	\$	8,36	\$	0,02
Fondos de reserva	\$	6,25	\$	0,01
XIII sueldo	\$	6,25	\$	0,01
XIV sueldo	\$	2,78	\$	0,01
Vacaciones	\$	3,13	\$	0,01
Seguro de Vehículo	\$	11,11	\$	0,02
Matrícula Vehículo	\$	1,85	\$	0,00
Depreciación	\$	61,24	\$	0,11
Amortización	\$	27,90	\$	0,05
Viáticos	\$	12,00	\$	0,02
Peajes	\$	8,00	\$	0,01
Costo Variables				
Precio del combustible	\$	70,36	\$	0,13
Llantas	\$	38,66	\$	0,07
Mantenimiento por viaje	\$	24,54	\$	0,05
Baterías	\$	1,81	\$	0,00
Imprevistos	\$	35,92	\$	0,07
COSTO POR KILÓMETRO			\$	0,73
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA			\$	395,16

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Guamote – Guayaquil en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 395,16.

Tabla 8-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Machala

RUTA GUAMOTE - MACHALA		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,11
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,09
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,04
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 92,22	\$ 0,13
Llantas	\$ 50,67	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 24,54	\$ 0,03
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 39,31	\$ 0,06
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,61
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	432,42

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Guamote – Machala en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 432,42.

Tabla 9-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Huaquillas

RUTA GUAMOTE - HUAQUILLAS		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,09
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,01
Matrícula Vehículo	\$ 1,85	\$ 0,00
Depreciación	\$ 61,24	\$ 0,07
Amortización	\$ 27,90	\$ 0,03
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,01
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		

Precio del combustible	\$ 112,50	\$ 0,13
Llantas	\$ 61,81	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 24,54	\$ 0,03
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 42,45	\$ 0,05
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,54
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	466,98

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Guamote – Huaquillas en un vehículo de 18 toneladas es de \$ 466,98.

Vehículo de 24 toneladas

Tabla 10-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Guayaquil

RUTA RIOBAMBA - GUAYAQUIL		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,16
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,02
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,01
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,01
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,01
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,18
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,07
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,03
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,02
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 45,84	\$ 0,10
Llantas	\$ 33,59	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,05
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 36,30	\$ 0,08
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,85
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	399,25

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Riobamba - Guayaquil en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 399,25.

Tabla 11-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Machala

RUTA RIOBAMBA - MACHALA		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,12
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,00
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,14
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,05
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 62,24	\$ 0,10
Llantas	\$ 45,60	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,04
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 39,14	\$ 0,06
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,67
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA		\$ 430,50

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Riobamba – Machala en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 430,50.

Tabla 12-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Riobamba – Huaquillas

RUTA RIOBAMBA - HUAQUILLAS		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,09
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,01
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,00
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,11
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,04
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		

Precio del combustible	\$ 77,45	\$ 0,10
Llantas	\$ 56,74	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,03
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 41,77	\$ 0,05
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,58
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	459,48

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Riobamba – Huaquillas en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 459,48.

Tabla 13-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajabamba – Guayaquil

RUTA CAJABAMBA - GUAYAQUIL		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
<i>Costos Fijos</i>		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,17
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,02
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,01
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,01
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,03
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,01
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,20
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,08
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,03
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,02
<i>Costo Variables</i>		
Precio del combustible	\$ 42,00	\$ 0,10
Llantas	\$ 30,77	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,06
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 35,63	\$ 0,08
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,91
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	391,92

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Cajabamba – Guayaquil en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 391,92.

Tabla 14-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajabamba – Machala

RUTA CAJABAMBA - MACHALA		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
<i>Costos Fijos</i>		

Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,13
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,01
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,00
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,14
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,06
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 58,40	\$ 0,10
Llantas	\$ 42,79	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,04
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 38,47	\$ 0,06
COSTO POR KILÓMETRO	\$ 0,71	
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA		\$ 423,18

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Cajabamba – Machala en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 423,18.

Tabla 15-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Cajabamba – Huaquillas

RUTA CAJABAMBA - HUAQUILLAS		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,10
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,01
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,00
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,11
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,05
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 73,61	\$ 0,10
Llantas	\$ 53,93	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,03
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 41,11	\$ 0,05
COSTO POR KILÓMETRO	\$ 0,60	

COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$ 452,17
---------------------------------	------------------

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Cajabamba – Huaquillas en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 452,17.

Tabla 16-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Guayaquil

RUTA GUAMOTE - GUAYAQUIL		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,14
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,02
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,01
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,01
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,00
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,16
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,06
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 52,77	\$ 0,10
Llantas	\$ 38,66	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,05
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 37,49	\$ 0,07
COSTO POR KILÓMETRO	\$	0,76
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA	\$	412,44

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Guamote - Guayaquil en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 412,44.

Tabla 17-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Machala

RUTA GUAMOTE - MACHALA		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,11
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00

Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,02
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,00
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,12
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,05
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,02
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 69,17	\$ 0,10
Llantas	\$ 50,67	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,04
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 40,34	\$ 0,06
COSTO POR KILÓMETRO	\$ 0,63	
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA		\$ 443,69

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Guamote - Machala en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 443,69.

Tabla 18-5: Costo por viaje ida y vuelta ruta Guamote – Huaquillas

RUTA GUAMOTE - HUAQUILLAS		
Costos de Operación	Importe del costo	Importe unitario por km recorrido
Costos Fijos		
Salario Conductor	\$ 75,00	\$ 0,09
IESS Aporte patronal	\$ 8,36	\$ 0,01
Fondos de reserva	\$ 6,25	\$ 0,01
XIII sueldo	\$ 6,25	\$ 0,01
XIV sueldo	\$ 2,78	\$ 0,00
Vacaciones	\$ 3,13	\$ 0,00
Seguro de Vehículo	\$ 11,11	\$ 0,01
Matrícula Vehículo	\$ 2,40	\$ 0,00
Depreciación	\$ 86,24	\$ 0,10
Amortización	\$ 34,75	\$ 0,04
Viáticos	\$ 12,00	\$ 0,01
Peajes	\$ 8,00	\$ 0,01
Costo Variables		
Precio del combustible	\$ 84,38	\$ 0,10
Llantas	\$ 61,81	\$ 0,07
Mantenimiento por viaje	\$ 25,44	\$ 0,03
Baterías	\$ 1,81	\$ 0,00
Imprevistos	\$ 42,97	\$ 0,05
COSTO POR KILÓMETRO	\$ 0,55	
COSTO TOTAL IDA Y VUELTA		\$ 472,67

Fuente: Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A.

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

El costo de transportar las mercancías agrícolas en la ruta Guamote - Huaquillas en un vehículo de 24 toneladas es de \$ 472,67.

Una vez hechos los cálculos referentes a los costos de transportar los productos agrícolas a las nueve rutas objeto de estudio, estos se presentan en las tablas resumen costos (*Cij*) 19-5 y 20-5.

Tabla 19-5: Matriz de costos por viaje vehículo 18 toneladas (*Cij*)

	Destino		
Origen	Guayaquil	Machala	Huaquillas
Riobamba	\$ 379,43	\$ 416,69	\$ 451,25
Cajabamba	\$ 370,69	\$ 407,97	\$ 442,53
Guamote	\$ 395,16	\$ 432,42	\$ 466,98

Fuente: Tablas de costos calculados

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Tabla 20-5: Matriz de costos por viaje vehículo 24 toneladas (*Cij*)

	Destino		
Origen	Guayaquil	Machala	Huaquillas
Riobamba	\$ 399,25	\$ 430,50	\$ 459,48
Cajabamba	\$ 391,92	\$ 423,18	\$ 452,17
Guamote	\$ 412,44	\$ 443,69	\$ 472,67

Fuente: Tablas de costos calculados

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

5.1.2 Solución Básica para el Costo del Transporte vehículo de 18 toneladas

Para la resolución del costo de transporte, independientemente cual sea el método a aplicar, se requiere de la estructura básica de un problema de programación lineal, misma que involucra la oferta y la demanda, así como los costos respectivos; es decir, la matriz de *Cij* y la matriz de *Xij*.

Tabla 21-5: Matriz de cantidades vehículo 18 toneladas (X_{ij})

		X_{ij}				
		Matriz de cantidades				
		Destinos				
	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Orígenes	OFERTA	
	35,64			Riobamba	35,64	
	23,76	28,08	15,12	Cajabamba	66,96	
			5,4	Guamote	5,4	
DEMANDA	59,4	28,08	20,52		108 ton	

Fuente: Tablas de oferta y demanda de carga

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Según la programación lineal el ejercicio de costos de transporte tiene una solución básica que se plantea de la siguiente manera:

1. Función Objetivo

Donde las variables de la función objetivo son las siguientes:

Zmin=

$$C_{11} x_{11} + C_{12} x_{12} + C_{13} x_{13} +$$

$$C_{21} x_{21} + C_{22} x_{22} + C_{23} x_{23} +$$

$$C_{31} x_{31} + C_{32} x_{32} + C_{33} x_{33} +$$

Dónde C_{ij} representa el costo de transportar las unidades en toneladas desde un origen hacia el destino.

Tabla 22-5: Matriz de costos por tonelada

Destinos			Orígenes
Guayaquil	Machala	Huaquillas	
21,08	23,15	25,07	Riobamba
20,59	22,67	24,59	Cajabamba
21,95	24,02	25,94	Guamote

Fuente: Tablas de costos calculados

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

2. Sujeto a las siguientes restricciones o limitaciones. -

Para formar las restricciones o limitaciones utilizamos como referencia la oferta de los centros de distribución (Riobamba, Cajabamba, Guamote) y la demanda de cada centro de consumo (Guayaquil, Machala, Huaquillas).

$$\begin{array}{rcccccccc}
 \text{XII} & .+X_{12} & .+X_{13} & & & & & & & =35,64 \\
 & & & X_{21} & .+X_{22} & .+X_{23} & & & & =66,96 \\
 & & & & & & X_{31} & .+X_{32} & .+X_{33} & =5,4 \\
 \text{XII} & & & .+X_{21} & & & .+X_{31} & & & =59,4 \\
 & X_{12} & & & .+X_{22} & & & .+X_{32} & & =28,08 \\
 & & X_{13} & & & .+X_{23} & & & .+X_{33} & =20,52
 \end{array}$$

No negatividad $X_{ij} \geq 0$

Se obtuvo un sistema de 6 ecuaciones con 18 variables, mismas que constituyeron el insumo para el sistema de simulación WINQSB para orientar un resultado de costo mínimo, bajo los métodos de Esquina Noroeste, Costos mínimos, Vogel y Russel.

5.1.3 Validación del Modelo Matemático con WINQSB (Herramienta Network Modeling) vehículo 18 toneladas

Método de la Esquina Noroeste

Ingreso de datos en WINQSB

The screenshot shows the WINQSB software interface with a menu bar (Archivo, Máquina, Ver, Entrada, Dispositivos, Ayuda) and a toolbar. The main window title is "Network Modeling - [COSTO DE TRANSPORTE: Minimization (Transportation Problem)]". Below the toolbar, a table is displayed with the following data:

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4
Demand	59.4	28.08	20.52	

Figura 1-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

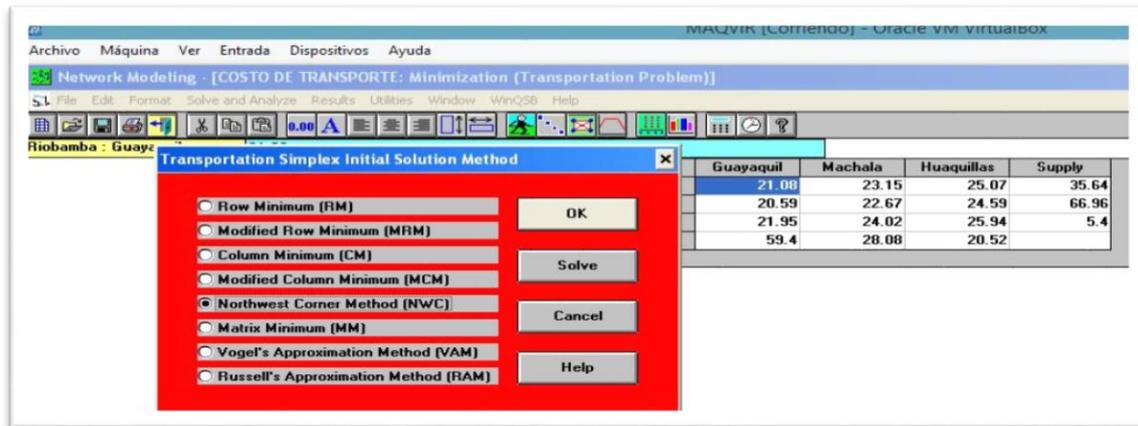


Figura 2-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método

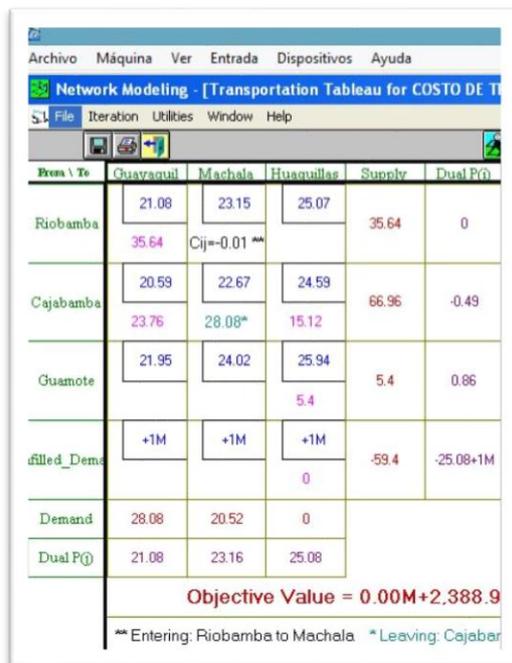


Figura 3-5: Resultado del método esquina noroeste

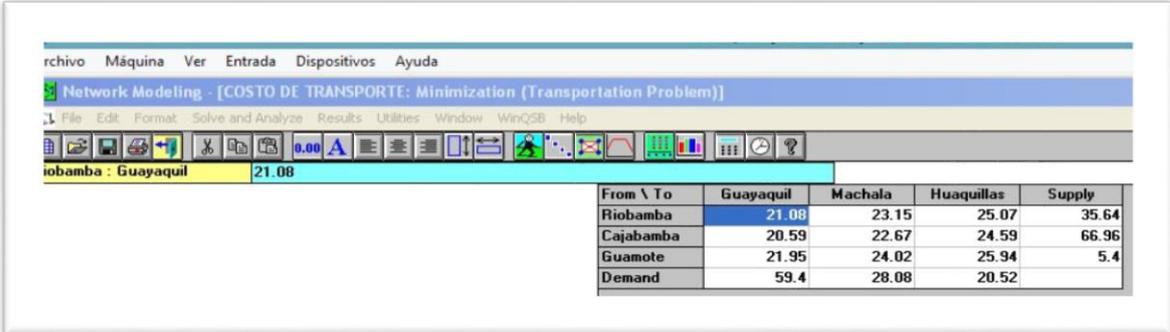
Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Esquina Noroeste bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 108 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 2388, 9.

Método de Costos mínimos

Ingreso de datos en WINQSB



From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4
Demand	59.4	28.08	20.52	

Figura 4-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

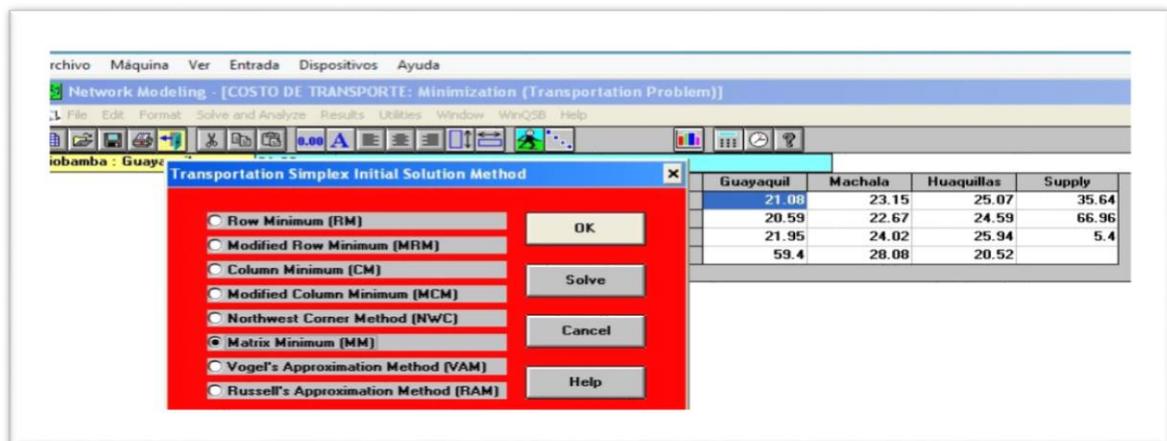


Figura 5-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply	Dual P(i)
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64	0
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96	-0.48
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4	0.87
Unfilled_Demand	+1M	+1M	+1M	-59.4	-25.07+1M
Demand	28.08	20.52	0		
Dual P(j)	21.07	23.15	25.07		

Objective Value = 0.00M+2,388.62

Figura 6-5: Resultado del método costos mínimos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Costos Mínimos bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 108 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 2388, 62.

Método de Vogel

Ingreso de datos en WINQSB

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4
Demand	59.4	28.08	20.52	

Figura 7-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

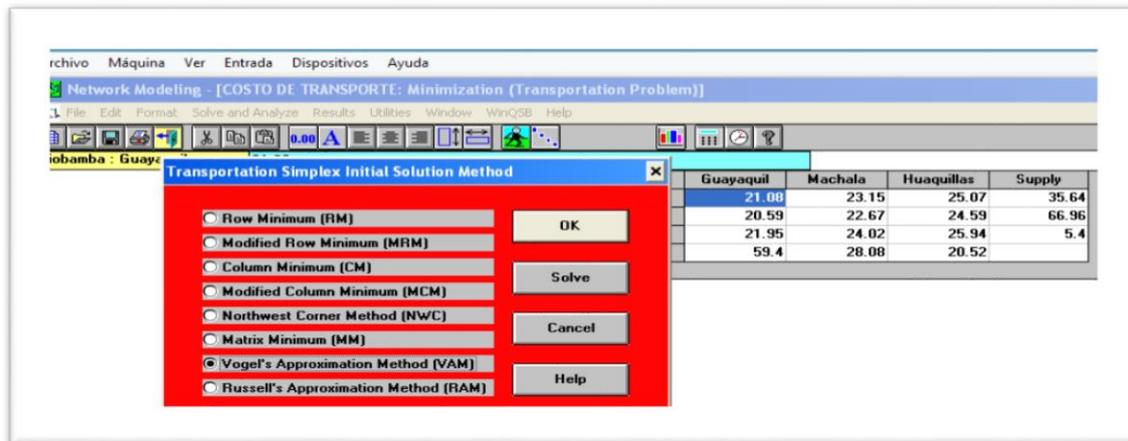


Figura 8-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply	Dual P(i)
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64	0
Tabajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96	-0.48
Guamate	21.95	24.02	25.94	5.4	0.87
filled_Dem	+1M	+1M	+1M	-59.4	-25.07+1M
Demand	28.08	20.52	0		
Dual P(j)	21.07	23.15	25.07		

Objective Value = 0.00M+2,388.6

Figura 9-5: Resultado del método Vogel

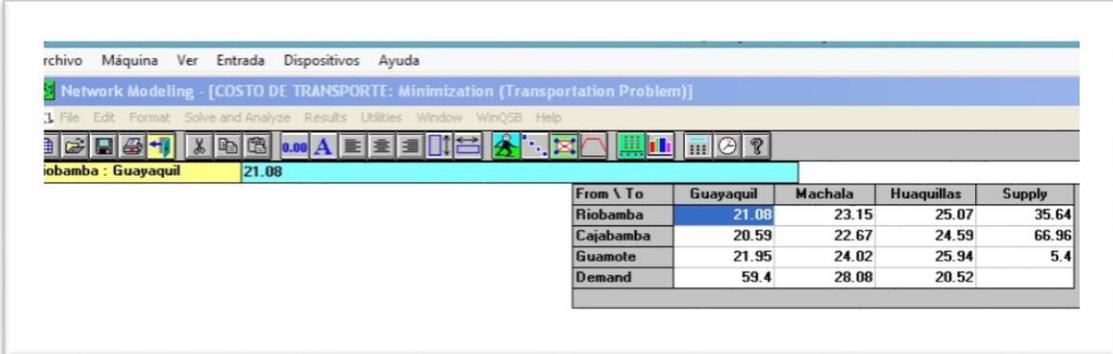
Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Vogel bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 108 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 2388, 6, siendo su resultado casi similar al método de Costos Mínimos.

Método de Russel

Ingreso de datos en WINQSB



From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64
Cajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4
Demand	59.4	28.08	20.52	

Figura 10-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

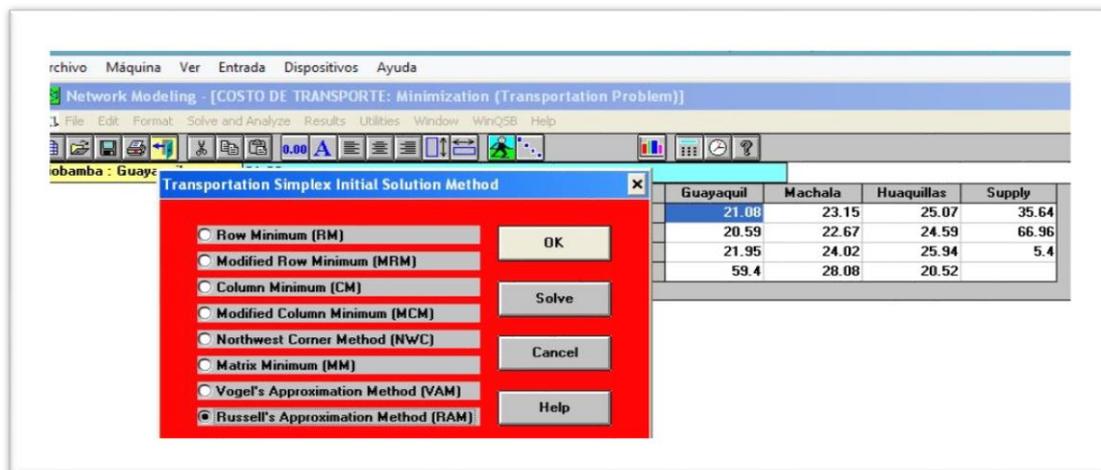


Figura 11-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply	Dual P(i)
Riobamba	21.08	23.15	25.07	35.64	0
Dajabamba	20.59	22.67	24.59	66.96	-0.48
Guamote	21.95	24.02	25.94	5.4	0.87
filled_Demand	+1M	+1M	+1M	-59.4	-25.07+1M
Demand	28.08	20.52	0		
Dual P(j)	21.07	23.15	25.07		

Objective Value = 0.00M+2.388.6

Figura 12-5: Resultado del método Russel

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Russel bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 108 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 2388, 6, al igual que el método de Vogel.

5.1.4 Interpretación de los resultados

En base a la aplicación del Sistema WinQSB, herramienta *Network Modeling*, se obtuvieron los siguientes resultados a través de los 4 métodos: en Esquina Noroeste el costo total asciende a \$ 2388, 9, por su parte con Costos mínimos el valor es de \$ 2388, 62, con Vogel el costo alcanza a \$ 2388, 6 y con Russel \$ 2388, 6, los dos últimos métodos tienen valores coincidentes no así los métodos de esquina noroeste y costos mínimos que hacen un ajuste generando un costo incremental en \$ 0,02 y \$ 0,30 ctvs, respectivamente.

5.1.5 Solución Básica para el Costo del Transporte vehículo de 24 toneladas

Para la resolución del costo de transporte, independientemente cual sea el método a aplicar, se requiere de la estructura básica de un problema de programación lineal, misma que involucra la oferta y la demanda así como los costos respectivos; es decir, la matriz de C_{ij} y la Matriz de X_{ij} .

Tabla 23-5: Matriz de cantidades vehículo 24 toneladas (X_{ij})

X_{ij}					
Matriz de cantidades					
Destinos				Orígenes	OFERTA
Guayaquil	Machala	Huaquillas			
	31,68			Riobamba	31,68
	21,12	24,96	13,44	Cajabamba	59,52
			4,8	Guamote	4,8
DEMANDA	52,8	24,96	18,24		96 ton

Fuente: Tablas de oferta y demanda de carga

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Según la programación lineal el ejercicio de costos de transporte tiene una solución básica que se plantea de la siguiente manera:

1. Función Objetivo

Donde las variables de la función objetivo son las siguientes:

Zmin=

$$C_{11} x_{11} + C_{12} x_{12} + C_{13} x_{13} +$$

$$C_{21} x_{21} + C_{22} x_{22} + C_{23} x_{23} +$$

$$C_{31} x_{31} + C_{32} x_{32} + C_{33} x_{33} +$$

Dónde C_{ij} representa el costo de transportar las unidades en toneladas desde un origen hacia el destino (Riobamba, Cajabamba, Guamote) y la demanda de cada centro de consumo (Guayaquil, Machala, Huaquillas).

Tabla 24-5: Matriz de costos por tonelada

Destinos			Orígenes
Guayaquil	Machala	Huaquillas	
16,64	17,94	19,15	Riobamba
16,33	17,63	18,84	Cajabamba
17,19	18,49	19,69	Guamote

Fuente: Tablas de costos calculados

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

2. Sujeto a las siguientes restricciones o limitaciones. -

Para formar las restricciones o limitaciones utilizamos como referencia la oferta de los centros de distribución

$$\begin{array}{rcccccc}
 \text{XII} & .+X_{12} & .+X_{13} & & & & =31,68 \\
 & & & X_{21} & .+X_{22} & .+X_{23} & =59,52 \\
 & & & & & & X_{31} & .+X_{32} & .+X_{33} & . & =4,8 \\
 \text{XII} & & & .+X_{21} & & & .+X_{31} & & & & =52,8 \\
 & X_{12} & & & .+X_{22} & & & .+X_{32} & & & =24,96 \\
 & & X_{13} & & & .+X_{23} & & & .+X_{33} & & =18,24
 \end{array}$$

No negatividad $X_{ij} \geq 0$

Se obtuvo un sistema de 6 ecuaciones con 18 variables, mismas que constituyeron el insumo para el sistema de simulación WINQSB para orientar un resultado de costo mínimo bajo los métodos de Esquina Noroeste, Costos mínimos, Vogel y Russel.

5.1.6 Validación del Modelo Matemático con WINQSB (Heramienta Network Modeling) vehículo 24 toneladas

Método de la Esquina Noroeste

Ingreso de datos en WINQSB

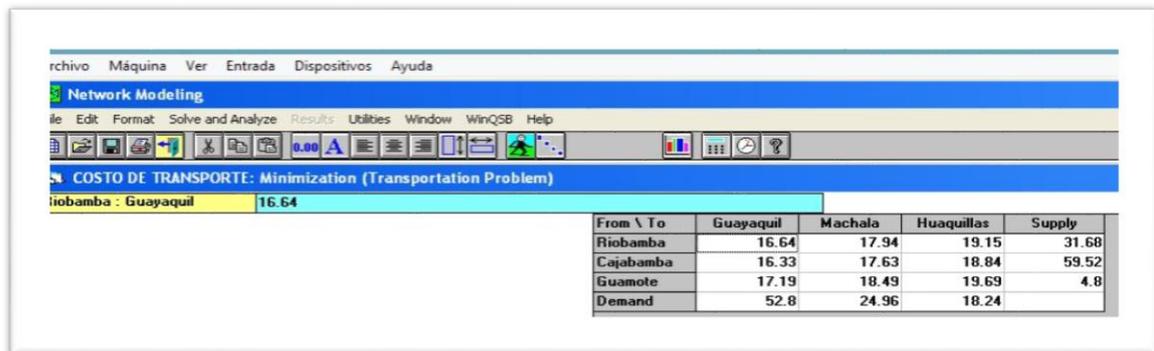


Figura 13-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

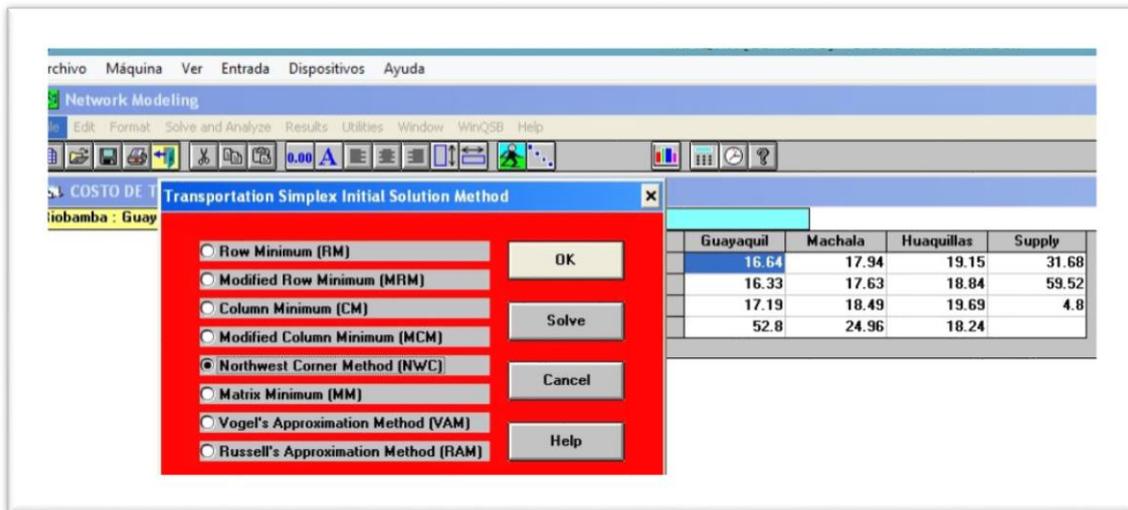


Figura 14-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método

The screenshot shows the 'Transportation Tableau for COSTO DE TRANSPORTE - Iteration 1 (Final)'. The tableau displays unit costs, supply, demand, and dual prices for various locations. The objective value is 0.00M + 1,659.81 (Minir).

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Unused Supply	Supply	Dual P(i)
Riobamba	16.64	17.94	19.15	+1M	31.68	0
Cajabamba	16.33	17.63	18.84	+1M	59.52	-0.31
Guamote	17.19	18.49	19.69	+1M	4.8	0.54
Demand	24.96	18.24	0	0		
Dual P(j)	16.64	17.94	19.15	-0.54+1M		

Objective Value = 0.00M + 1,659.81 (Minir)

Figura 15-5: Resultado del método esquina noroeste

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Esquina Noroeste bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 96 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 1659,81.

Método de Costos mínimos

Ingreso de datos en WINQSB

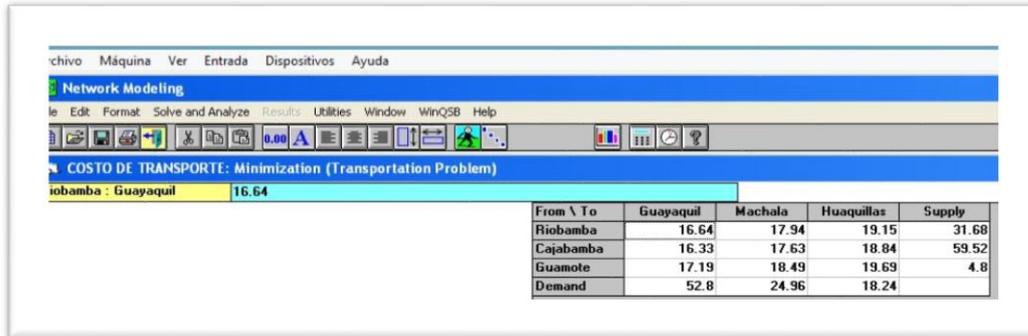


Figura 16-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

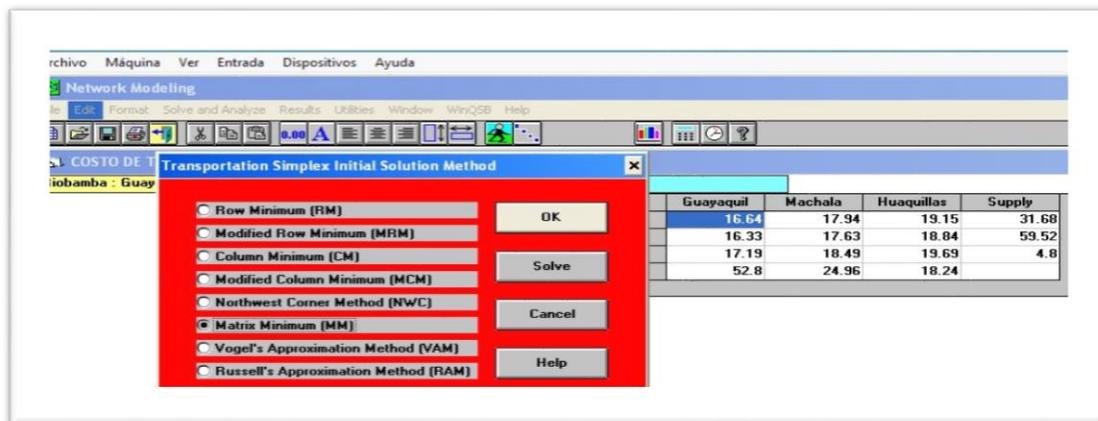


Figura 17-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Unused Supply	Supply	Dual Price
Riobamba	16.64	17.94	19.15	+1M	31.68	0
	Cij=0.00**	18.24*	13.44			
Cajabamba	16.33	17.63	18.84	+1M	59.52	-0.31
	52.8	6.72				
Guamote	17.19	18.49	19.69	+1M	4.8	0.54
			4.8	0		
Demand	24.96	18.24	0	0		
Dual Price	16.64	17.94	19.15	-0.54+1M		

Objective Value = 0.00M + 1,659.81 (Minimum)

** Entering: Riobamba to Guayaquil * Leaving: Riobamba to Machala

Figura 18-5: Resultado del método costos mínimos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Costos Mínimos bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 96 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 1659,81, resultado similar al método Esquina Noroeste.

Método de Vogel

Ingreso de datos en WINQSB

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Supply
Riobamba	16.64	17.94	19.15	31.68
Cajabamba	16.33	17.63	18.84	59.52
Guamote	17.19	18.49	19.69	4.8
Demand	24.96	18.24	0	

Figura 19-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

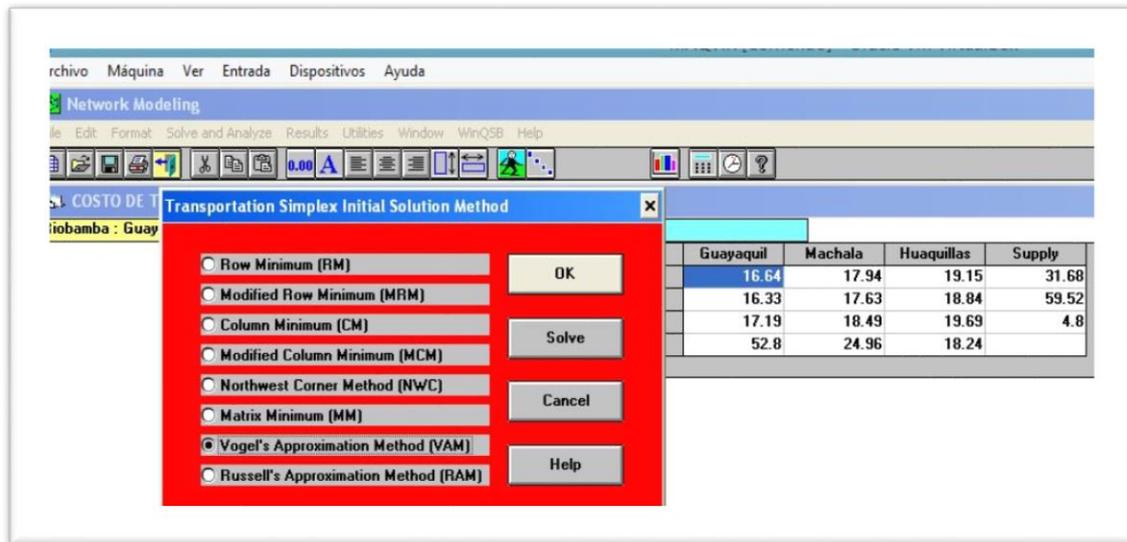


Figura 20-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método

From \ To	Guayaquil	Machala	Huaquillas	Used	Supply	Dual P(i)
iobamba	16.64	17.94	19.15	+1M	31.68	0
ajabamba	16.33	17.63	18.84	+1M	59.52	-0.31
huamote	17.19	18.49	19.69	+1M	4.8	0.54
Demand	24.96	18.24	0	0		
Dual P(i)	16.64	17.94	19.15	-0.54+1M		

Objective Value = 0.00M+1,659.81 (Minim)

Figura 21-5: Resultado del método Vogel

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Vogel bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 96 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 1659,81, resultado similar a los métodos Esquina Noroeste y Costos Mínimos.

Método de Russel

Ingreso de datos en WINQSB

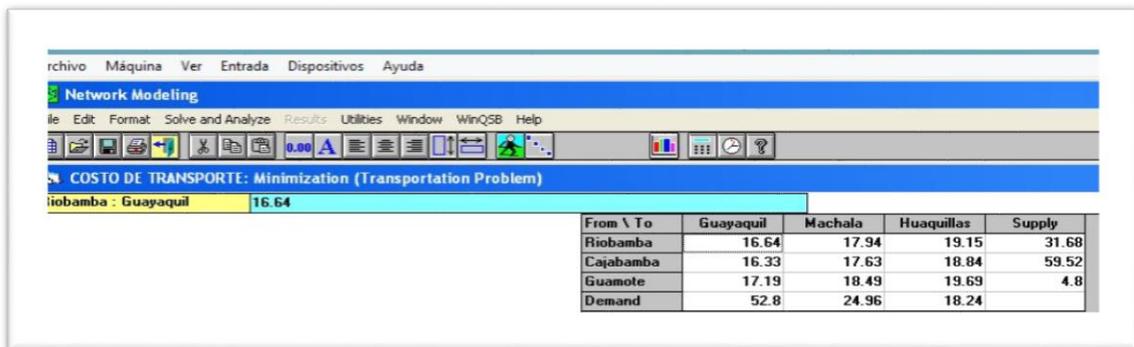


Figura 22-5: Ingreso de datos

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Selección del método a aplicar

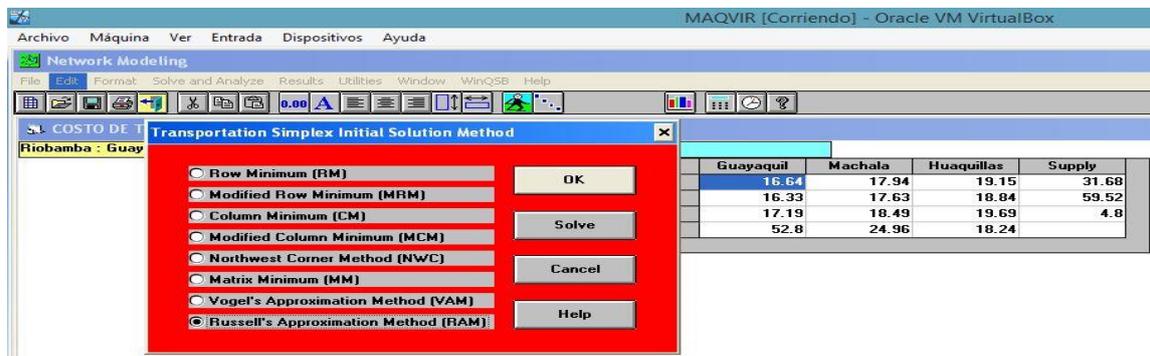
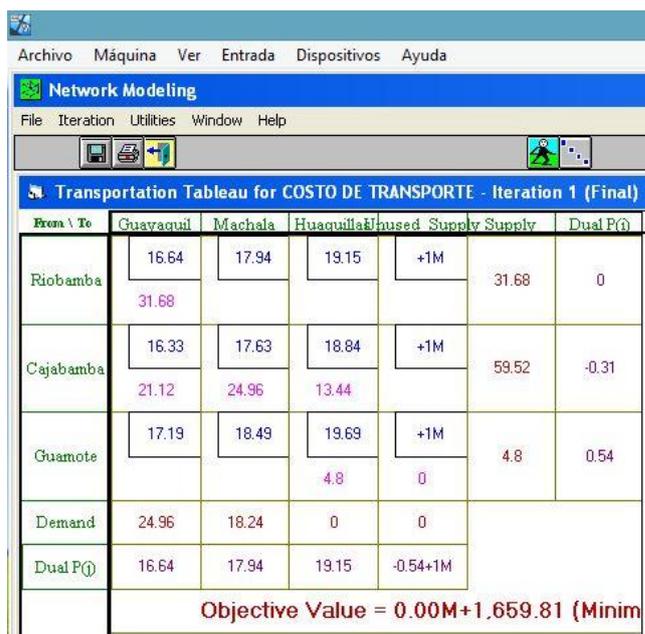


Figura 23-5: Selección del método a aplicar

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Resultado del método



From \ To	Guavaquil	Machala	Huaquillas	Used	Supply	Supply	Dual P(i)
Riobamba	16.64	17.94	19.15	+1M	31.68	0	
Cajabamba	16.33	17.63	18.84	+1M	59.52	-0.31	
Guamote	17.19	18.49	19.69	+1M	4.8	0.54	
Demand	24.96	18.24	0	0			
Dual P(j)	16.64	17.94	19.15	-0.54+1M			
Objective Value = 0.00M+1.659.81 (Minimum)							

Figura 24-5: Resultado del método Russel

Fuente: WINQSB

Elaborado por: Cepeda, P. 2022

Aplicado el método Russel bajo la administración del programa WINQSB, herramienta *Network Modeling*, el costo total mínimo de transportar 96 toneladas desde los tres puntos de origen hacia los tres puntos de destino establecidos fue de \$ 1659,81, resultado similar a los tres métodos anteriores.

5.1.7 Interpretación de los resultados obtenidos de WinQSB

En base a la aplicación del Sistema WinQSB, herramienta *Network Modeling*, se obtuvieron los siguientes resultados a través de los 4 métodos: en Esquina Noroeste el costo total asciende a \$ 1659,81, por su parte con Costos mínimos el valor es de \$ 1659,81, con Vogel el costo alcanzó a \$ 1659,81 y con Russel \$ 1659,81, demostrando que el modelo que se ha generado es eficiente. El sistema WINQSB emitió un resultado de costo mínimo que la empresa lo utilizará como referencia para establecer las negociaciones respectivas sobre el traslado de mercancías agrícolas desde estos tres puntos de origen hacia los puntos de destino, así como establecer nuevas rutas de comercialización, utilizando los dos tipos de camiones con los que cuenta la compañía para el traslado de producción agrícola.

CONCLUSIONES

El diagnóstico estratégico de la situación del transporte de carga agrícola de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldós Aguilera S.A. permitió identificar el desconocimiento en materia de costos de transportación por parte de los socios de la compañía de visualizando la necesidad de la creación del modelo matemático para la optimización del costo del transporte.

El modelo matemático da respuesta a los requerimientos del sistema de transporte de carga pesada agrícola, para ello emplea un conjunto de costos fijos (salario conductor, IESS aporte patronal, fondos de reserva, décimo tercer sueldo, décimo cuarto sueldo, vacaciones, entre otros) y costos variables (precio de combustible, llantas, mantenimiento, baterías, etc.), que facilitan la resolución del problema de programación lineal a través de sus diferentes métodos como: Esquina Noroeste, Costos Mínimos, Vogel y Russel.

A través de la aplicación de los métodos de transporte en el software (WINQSB) herramienta *Network Modeling* se validó el modelo matemático obteniendo que los métodos Vogel y Russel brindan una solución óptima en el costo de transporte pesado de la compañía de transporte pesado interprovincial Jaime Roldos Aguilera, Sociedad Anónima.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la socialización de los costos que intervienen en la transportación de carga pesada agrícola entre los socios de la compañía.

Es recomendable el uso del modelo matemático para el cálculo del costo de transportación en el sector de movilidad de carga por carretera.

Se recomienda hacer uso de los métodos Vogel y Russel en los cálculos de los costos de transportación en todos los medios de transporte de carga, por ser métodos que generan una solución óptima en este tipo de cálculo.

BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, J. 2011.** Logística Integral de Transporte de Carga. Madrid : Esic, 2011.
- Avalos, J. 2017.** Investigación y Dirección de Operaciones. Riobamba : ESPOCH, 2017.
- Ballou, R. 2004.** Logística: Administración de la Cadena de Suministro. Mexico : Pearson Education, 2004.
- Barón, Maria. 2018.** MODELO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTE DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN PARA LOS DISTRIBUIDORES DE COLOMBIA. Universidad de La Sabana, Chía : 2018.
- Bernal, C. 2016.** Metodología de la Investigación. Colombia : Pearson Education, 2016.
- Cabeza, B, Maridueña e J. 2019.** COSTO DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PESADO Y SU IMPACTO FINANCIERO EN TRANSVIRMO S.A. Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2019.
- Carreño, A. 2018.** Cadena de suministro y logística. Perú : Fondo Editorial PUCP, 2018.
- Carro, R. 2014.** Investigación de Operaciones en la Administración. Argentina : Universidad Nacional de Mar del Plata, 2014.
- Castellano, R. 2010.** Informática Activa. Argentina : Alfaomega Grupo Editor, 2010.
- Cos, Gregoria. 2013.** UTILIZACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DE LOS PRODUCTOS EN UNA COMERCIALIZADORA DE ABSORBENTES. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, Guatemala : 2013.
- Eppen, G. 2000.** Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Quinta. Mexico : Prentice-Hall, 2000.
- Escalante, A e Siguencia, Danny. 2014.** Análisis del sector del servicio de transporte pesado en Guayaquil y la implementación de un sistema logístico. Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2014.
- Guerrero. 2017.** Programación Lienal Aplicada. Bogotá : Ecoe Ediciones Ltda., 2017.
- Hernandez, R, Fernandez, C e Baptista, P. 2015.** Metodología de la Investigación. Mexico : McGraw-Hill, 2015.
- Hernandez, R, Fernández, C e Baptista, P. 2014.** Metodología de la Investigación. Mexico : McGraw-Hill, 2014.
- Hernández, Roberto. 2015.** Metodología de la Investigación. México : McGraw-Hill, 2015.

- Ibáñez, Camilo e Stuardo, Priscilla. 2018.** Optimización modelo de transporte. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile : 2018.
- Izar, J. 2012.** Investigación de Operaciones. Mexico : Trillas, 2012.
- Leyes, J. 2016.** Métodos cuantitativos de organización industrial. España : Universidad Politécnica de Catalunya, 2016.
- Martínez, Alonso. 2020.** Simulación de Procesos. [Online] 22 de Junio de 2020. https://www.ecured.cu/Simulaci%C3%B3n_de_Procesos.
- Mauleón, M. 2006.** Logística y Costos. España : Editorial Dias Santos, 2006.
- Montenegro, K. 2015.** COSTO DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE MERCADERÍA POR KM DE RECORRIDO PARA LA EMPRESA AGENCOMEX S.A. Quito : s.n., 2015.
- Osorio, P. 2016.** Programación lineal para la distribución de viajes en una empresa de transportes. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2016.
- Rivadeneira, R, Melo, N e Tingo, J. 2016.** ESTUDIO Y APLICACIÓN DE UN MODELO DE TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA PESADA Y MAPEO ÓPTIMO DE EMBARQUE. Quito : Universidad Central del Ecuador, 2016.
- Salazar, B. 2019.** Ingeniería Industrial. ingenieriaindustrialonline.com . [Online] 11 de Junio de 2019. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/metodo-del-costo-minimo/>.
- Salazar, C e Del Castillo, S. 2018.** Fundamentos Básicos de Estadística. Quito, Pichincha, Ecuador : s.n., 2018.
- Taha, H. 2017.** Investigación de Operaciones. 10ma Edición. Mexico : Pearson Educacion, 2017.
- Valencia, E. 2018.** Investigación Operativa Programación Lineal, problemas resueltos con soluciones detalladas. Ambato : MEGAGRAF, 2018.
- Villamarín, J, et al. 2019.** 2, Ecuador : Visionario Digital, 2019, Vol. 3. 2602-8506.

ANEXOS

Anexo A. Encuesta dirigida a los socios de la Compañía de Transporte Pesado Interprovincial Jaime Roldós

Aguilera S.A.

1. Sexo
 - Masculino
 - Femenino
2. Edad
 - De 20 a 30 años
 - De 31 a 40 años
 - De 41 a 50 años
 - De 51 a 60 años
 - Más de 60 años
3. ¿Conoce a ciencia cierta el cálculo del costo del transporte de las mercancías hacia los distintos destinos?
 - Si
 - No
4. ¿Considera necesario un modelo matemático para el cálculo de los costos del transporte?
 - Si
 - No
5. ¿Qué elementos considera importantes en el establecimiento del costo del transporte?
 - Combustibles y lubricantes
 - Llantas
 - Estibación
 - Capacidad de carga
 - Variedad de carga
 - Tipo de carga
 - Distancia recorrida
 - Salario del conductor y ayudante
 - Alimentación
 - Peajes
 - Precio de competidores
 - Otros
6. ¿Qué bienes traslada con frecuencia la compañía?
 - Productos agrícolas
 - Materias primas
 - Productos maderables
 - Productos industriales
 - Productos industrializados
7. ¿En la compañía se considera importante el tiempo de salida y llegada de los bienes transportados?
 - Si
 - No
8. ¿Qué volumen de carga poseen los vehículos de la compañía?
 - 3.83 ton
 - 4 ton
 - 4.5 ton
 - 7.5 ton
 - 8 ton
 - De 12 y 18 ton
 - 24 ton
 - Todas las anteriores
8. ¿Con qué frecuencia realiza Usted los viajes?
 - 1 vez por semana

2 veces por semana

3 veces por semana

Más de tres veces a la semana

9. ¿Qué tipo de combustible utilizan los vehículos de la empresa?

Gasolina

Diésel

10. ¿Cuál es el punto de origen de carga de los productos agrícolas que Usted transporta?

Mercado Mayorista Riobamba

Mercado Mayorista Cajabamba

Mercado Mayorista Guamote

11. ¿Cuál o cuáles son los puntos de destino de la carga de los productos agrícolas que Usted transporta?

Guayaquil

Machala

Huaquillas

12. ¿Cuál es el tiempo que se demora en trasladar las mercancías agrícolas desde el Mercado Mayorista Riobamba hacia el Mercado Mayorista Guayaquil?

De 4 a 5 horas

De 5 a 6 horas

De 6 a 7 horas

De 7 a 8 horas

De 8 a 10 horas

13. ¿Cuál es el tiempo máximo que se demora en trasladar las mercancías agrícolas desde el Mercado Mayorista Riobamba hacia los mercados en los cuales opera la compañía?

Riobamba - Guayaquil

Riobamba - Machala

Riobamba - Huaquillas

14. Productos agrícolas que generalmente se transportan

Tubérculos

Hortalizas y legumbres

Gramíneas

Frutas de la serranía

15. ¿Cuál es el costo que se cobra por transportar los productos agrícolas?

Por bulto

Por quintal

Por caja

Gracias por su colaboración

Anexo B. Carta de auspicio

**COMPAÑIA DE TRANSPORTE PESADO INTERPROVINCIAL**
“JAIME ROLDOS AGUILERA S.A.”
¡ Transportamos su carga segura y a tiempo !
R.U.C.: 1791991664001

Riobamba, 13 de mayo de 2021

Ingeniero
Luis Hidalgo A., Ph.D.
DIRECTOR DEL IPEC

De mi consideración:

Por medio del presente me permito informarle a usted, que el(la) **Ing. Patricia Mercedes Cepeda Silva**, con CC. **020210420-4**, cuenta con el apoyo de esta institución, para el desarrollo de su trabajo de titulación, previo a la obtención del título de **Magister en Matemática con Mención en Modelación y Docencia**.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,


Ing. Ana Aranda
GERENTE GENERAL


COMPAÑIA DE TRANSPORTE PESADO INTERPROVINCIAL
JAIME ROLDOS AGUILERA S.A.

OFICINA RIOBAMBA | Av. 9 de Octubre 44-50 y La Prensa Telf: 03 2967 421
e-mail: compania.j.r@hotmail.com

Anexo C. Vehículos de la compañía

