



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

*“Diseño de una red de distribución de una
fábrica de productos perecibles”*

PROYECTO DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO(A) EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Presentado por:

Viviana Michell Andrade Lipari

Roger Daniel Ponce Zambrano

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año 2016

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios que guía mi camino, a mi familia que me ha apoyado en mis decisiones y han confiado en mí, agradezco a mi mamá Jenny Lipari que siempre estuvo ahí que sin su apoyo no pudiera estar aquí, a Roger porque ha estado apoyándome y que con paciencia me ha ayudado cuando lo he necesitado. Agradezco a las personas que de una u otra manera han aportado para poder llegar a donde estoy, a mis profesores de los que no solo he aprendido lo académico si no que me han guiado para ser una mejor persona y profesional.

Viviana Michell Andrade Lipari

Quiero agradecer a Viviana porque siempre ha estado ayudándome y apoyándome en todo, a mi tío Jacinto Zambrano y a mi sobrina Gisselle, no pude haberlo logrado sin ustedes, a mi madre y mis hermanas, a mis tíos, a mis abuelos que tanto me han enseñado en la vida, y que son una parte fundamental de ella, a todos mis grandes maestros, que me enseñaron en las aulas y en la vida misma, entre ellos MPC. Miriam Ramos, M.Sc. Guillermo Baquerizo, Mat. Efrén Jaramillo, M.Sc. Aníbal Suarez, M.Sc. Katuska Ojeda, Prof. Narcisa Solórzano, Lcda. Carmen López y un especial y gran agradecimiento a Ing. Heifner de León Córdova por brindarnos la confianza para hacer el proyecto en la empresa donde labora, así como también a todo su equipo de trabajo.

Roger Daniel Ponce Zambrano

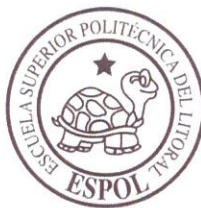
DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría y entendimiento para poder culminar mi carrera, a mi mamá, a mi hermano, a toda mi familia, a Roger porque por todos ustedes estoy aquí, porque su apoyo fue fundamental y fuente de motivación para mí.

Viviana Michell Andrade Lipari

Dedico este trabajo a mi sobrina Gisselle García quien ha sido una motivación en mi vida, a mi tío Jacinto por apoyarme en todo momento y por quererme como a un hijo y porque lo quiero como a un padre, a Viviana porque ha sido una gran mujer en mi vida, a mi abuelo Telmo y a toda mi familia por creer en mí.

Roger Daniel Ponce Zambrano



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

INFORME DEL PROFESOR DE LA MATERIA INTEGRADORA

Habiendo sido nombrado PROFESOR DE LA MATERIA INTEGRADORA de los
señores,

VIVIANA MICHELL ANDRADE LIPARI

ROGER DANIEL PONCE ZAMBRANO

Con el tema del proyecto integrador “Diseño de una red de distribución de una fábrica de productos perecibles.”, previa a la obtención del título de INGENIERO(A) EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE me permito informar que he leído el contenido y he revisado el formato del proyecto integrador, luego de lo cual indico que estoy de acuerdo en que el mismo se lo ha desarrollado conforme a los lineamientos de la Unidad de Titulación Especial de la ESPOL.

Guayaquil, 17 de octubre de 2016

GUILLERMO ALEJANDRO BAQUERIZO PALMA
PROFESOR DE LA MATERIA INTEGRADORA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



M.Sc. Guillermo Baquerizo Palma

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN



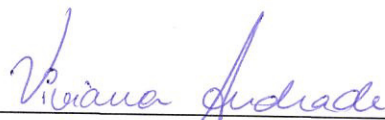
MPC. Miriam Ramos Barberán

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA.

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Reglamento de Graduación de la ESPOL.



Viviana Michell Andrade Lipari



Roger Daniel Ponce Zambrano

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Clústers:	Subconjuntos donde todos los elementos tienen un rasgo en común, en el algoritmo de “primero agrupar y luego rutear” se denominan clústers a los centros de distribución que estarán formando subconjuntos en los que su rasgo en común será la distancia a la que se encuentran entre sí, aprovechando la reducción de costos que pueden compartir como de transporte y/o de insumos.
Distribución directa:	Es la que se realiza sin la intervención de intermediarios. Por lo tanto la propia empresa entrega los productos a sus clientes finales.
Flota heterogénea:	Conjunto de vehículos de diferente capacidad de almacenamiento.
Pallet:	Armazón de madera, plástico u otro material empleado en el movimiento de carga. ¹
Panificadora:	Establecimiento donde se hace pan, normalmente por procedimientos industriales. ²
Ruta:	Camino que se forma de un lugar a otro

¹ (Wikipedia, s.f.)

² (Real Academia Española, s.f.)

- Sku:** Stock-keeping unit (número de referencia) identificador usado con el objeto de permitir el seguimiento sistémico de los productos y servicios ofrecidos a los clientes. Cada SKU se asocia con un objeto, producto, marca, etc.³
- Subutilizado:** No darle el correcto uso para lo que fue diseñado, usar por debajo de sus capacidades.

³ (Wikipedia, s.f.)

Tabla de Contenido

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	III
DECLARACIÓN EXPRESA	IV
GLOSARIO DE TÉRMINOS	V
Índice de Figuras	IX
Índice de Tablas.....	X
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	3
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	4
2.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	4
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	9
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	16
3.1 Marco Metodológico.....	16

3.2	Diseño de Investigación	16
3.2.1	Información necesaria.....	16
3.2.2	Tipo de Investigación.....	17
3.2.4	Métodos Científicos	17
3.3	Cronograma de Actividades	18
3.4	Flujograma de Actividades	19
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		20
4.1	Propuesta de un algoritmo para mejorar la distribución.....	20
4.1.1	Algoritmo propuesto.....	20
4.1.2	Análisis	26
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones		59
5.1	Conclusiones.....	59
5.2	Recomendaciones.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....		61
ANEXO 1		63

Índice de Figuras

<i>Figura 1. 1 Distribución actual de los productos a los centros de distribución</i>	<i>2</i>
<i>Figura 3.4. 1 Flujograma de actividades</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4.1.2. 1 Ruta F-C4-C5-F</i>	<i>30</i>
<i>Figura 4.1.2. 2 Ruta F-C7-C1-F</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4.1.2. 3 Ruta F-C13-C2-F</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4.1.2. 4 Ruta F-C7-C5-C4-F</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4.1.2. 5 Ruta F-C10-C6-F</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4.1.2. 6 Ruta F-C10-C9-F</i>	<i>39</i>
<i>Figura 4.1.2. 7 Ruta F-C11-C13-F</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4.1.2. 8 Ruta F-C7-C6-F</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.1.2. 9 Ruta F-C5-C4-F</i>	<i>42</i>
<i>Figura 4.1.2. 10 Ruta F-C10-C6-F</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4.1.2. 11 Ruta F-C13-C2-F</i>	<i>46</i>
<i>Figura 4.1.2. 12 Ruta F-C7-C5-C4-F</i>	<i>47</i>
<i>Figura 4.1.2. 13 Ruta F-C1-C11-C3-F</i>	<i>48</i>
<i>Figura 4.1.2. 14 Ruta F-C7-C1-F</i>	<i>51</i>
<i>Figura 4.1.2. 15 Ruta F-C11-C2-F</i>	<i>52</i>
<i>Figura 4.1.2. 16 Ruta F-C13-C4-F</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4.1.2. 17 Ruta F-C10-C6-F</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4.1.2. 18 Ruta F-C7-C3-C11-F</i>	<i>57</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 4.1.2. 1. Demanda de Centros de Distribución</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 4.1.2. 2 Capacidades (bandejas por cada vehículo)</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 4.1.2. 3 Costos operacionales diarios</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 4.1.2. 4 RUTAS OBTENIDAS DÍA 1 CLARKE & WRIGHT</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4.1.2. 5 RUTAS OBTENIDAS DÍA 1 GRASP</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 4.1.2. 6 RUTAS OBTENIDAS DÍA 2 CLARKE & WRIGHT</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4.1.2. 7 RUTAS OBTENIDAS DÍA 2 GRASP</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4.1.2. 8 RUTAS OBTENIDAS DÍA 3 CLARKE & WRIGHT</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4.1.2. 9 RUTAS OBTENIDAS DÍA 3 GRASP</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 4.1.2. 10 RUTAS OBTENIDAS DÍA 4 CLARKE & WRIGHT</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 4.1.2. 11 RUTAS OBTENIDAS DÍA 4 GRASP</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4.1.2. 12 RUTAS OBTENIDAS DÍA 5 GRASP</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 4.1.2. 13 RUTAS OBTENIDAS DÍA 6 CLARKE & WRIGHT</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 4.1.2. 14 RUTAS OBTENIDAS DÍA 6 GRASP</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 4.1.2. 15 Comparación de Costos y Ahorros</i>	<i>58</i>

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

El proyecto se va a desarrollar en una empresa multinacional, que lidera la industria nacional de panificación, con más de 60 años de experiencia, cuenta con dos fábricas y más de 10 centros de distribución en Ecuador situados en diferentes provincias del Ecuador como Guayas, Azuay, Santa Elena, El Oro, Esmeraldas, Pichincha y Santo Domingo, al momento manejan más de 150 SKU'S con un peso no muy significativo, que no influye en las decisiones de la transportación; la empresa cuenta con más de 500 empleados a nivel nacional.

Una de las principales preocupaciones de la empresa es la satisfacción del cliente, ofrecer un producto fresco, nutritivo y que cumpla con todas las características de calidad.

Esta empresa sólo realiza periódicamente distribución directa desde fábrica a centros de distribución, por lo cual tienen que enviar un vehículo a cada uno de ellos, lo que genera subutilización del espacio de los camiones.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la transportación directa desde la fábrica hacia los centros de distribución, la empresa genera costos muy elevados, siendo éstos uno de los más altos y significativos, una evidencia es al momento de

cuantificar los costos por pallets transportados, ya que el operador logístico encargado del transporte cobra por viaje, más no por volumen o peso transportado, por lo que la empresa no está utilizando al máximo la capacidad de los vehículos al momento de la transportación hacia los centros de distribución, esto se constató por medio de una auditoría realizada al departamento de logística, que vislumbraba la subutilización del espacio en los vehículos.

Por estos motivos se propone crear una red de distribución que vaya desde las fábricas a los centros de distribución y entre los centros de distribución.

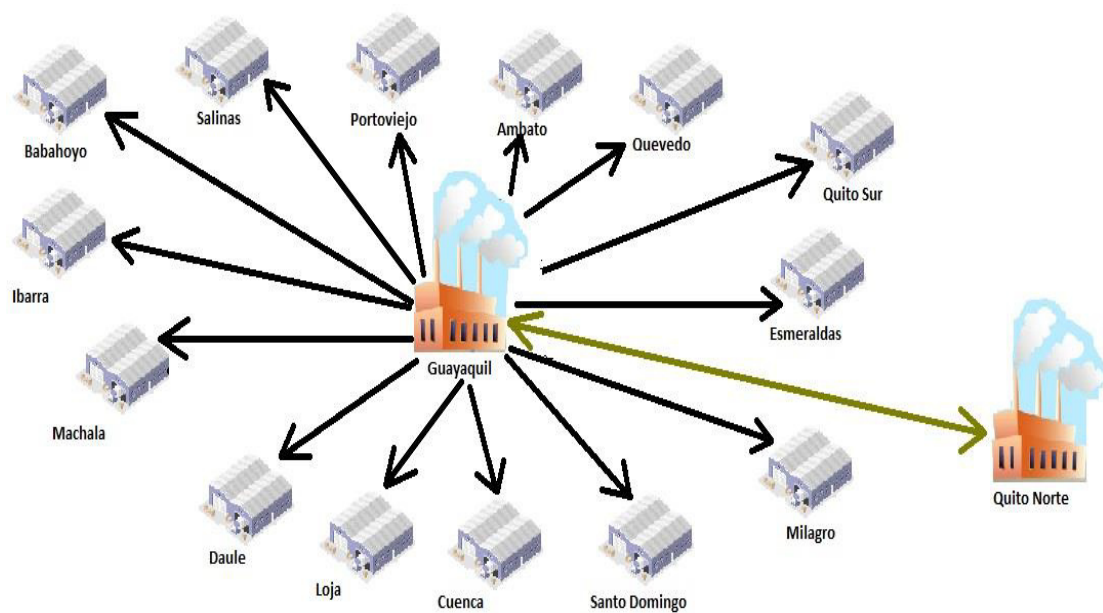


Figura 1. 1 Distribución actual de los productos a los centros de distribución

Fuente: Elaborado por autores

1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se podría disminuir los costos de transporte atendiendo la demanda de varios centros de distribución con un mismo vehículo.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Disminuir los costos asociados a la distribución de productos.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Maximizar la utilización de espacios en la flota de vehículos mediante la unión de rutas.
- Elaborar una heurística para encontrar una solución que permita distribuir los productos hacia todos los centros de distribución a un menor costo.
- Elaborar una metaheurística para mejorar la solución del problema de distribución.
- Disminuir la cantidad de vehículos utilizados en la distribución de los productos a los centros de distribución.
- Establecer nuevas rutas de entrega de fábrica a centros de distribución.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Vehicle Routing Problem with Deliveries and Pickups: Modelling Issues and Meta-heuristics Solution Approaches, Niaz A. Wassan y Gábor Nagy, United Kingdom, 2014

El paper en mención muestra diferentes problemas y soluciones para el ruteo de vehículos, tomando en cuenta en algunos casos, suposiciones muy restrictivas y en otros no. Para resolver los VRP, se debe tener en cuenta las limitaciones tanto en capacidad del vehículo y en algunos casos la longitud de la ruta. Para los que incluyen entregas y recogidas, utilizados principalmente en la logística inversa, contiene restricciones complejas lo que lo hace un problema NP-Hard.

Existen diversas variaciones del VRP, en el paper se encuentran las siguientes:

- El VRPDP es un VRP con entregas y recogidas, lo cual hace que un cliente reciba o entregue o realice las dos actividades al mismo tiempo (demandas combinadas), para estos problemas.
- VRPB: VRP con demandas individuales en el que se deben realizar todas las entregas antes de empezar a recoger.
- VRPMDP: Permite entregas y recolecciones en cualquier orden.

- VRPSDP: Caso de demandas combinadas en el que el vehículo hace una sola parada para entregar y recoger. (Las paradas pueden ser clientes).

Para cualquier problema de Investigación de Operaciones, mientras más restricciones se tengan, menor será la región factible, por lo que tener restricciones innecesarias puede hacer que el óptimo ya no esté dentro de la región factible.

Ventajas y Desventajas de los VRP

VRPMDP: Después de un número de paradas lo recolectado puede obstruir la mercancía que se debe entregar (el espacio), aun siendo la ruta óptima en cuanto a la distancia, por lo que le da ventaja al VRPB. En el problema del VRPB por lo general se asume que se tiene una flota fija y no puede existir una ruta con solo viajes de regreso.

Existen diferentes formas de colocar las mercancías cuando se mezcla entregas con recolección,

- a) Productos pequeños, se crea un corredor.
- b) Productos del tamaño de la anchura del vehículo, se accede al más cercano.
- c) Productos con igual longitud del vehículo, solo caben 3 artículos y se debe retirar el de en medio para acceder a los de los laterales.

Se puede ocupar toda la capacidad del vehículo sin espacios libres, siempre que sea solo entregas o solo recolección, en otros casos es aceptable un 20-25% de espacio libre.

Para estos problemas se han utilizado diferentes metaheurísticas, como la colonia de hormigas, GRASP, búsqueda de Tabú, con parámetro del espacio libre de cada solución.

Existen varios modelos en los que se puede atender a clientes con demandas combinadas, ya sea elaborando varias rutas en las que decimos que cada ruta es un vehículo, y que cada vehículo visita solamente una vez a los clientes ya sea por recogida, entrega o ambas. Otros modelos permiten solo dos visitas y las entregas y recogidas no pueden subdividirse. También se encuentran los modelos que al ser visitados se entrega y se recoge al mismo tiempo.

Ruteo de Vehículos desde un Centro de Distribución a una Línea de Supermercados en Barranquilla, Ricardo Prato Torre, Diego Fernando Suero Pérez y Osvaldo José Guzmán Ávila, Colombia, 2015

Se trata de una empresa en Colombia que distribuye Aceite Girasol Gourmet de 1000 cm³ que se empaca en cajas por 12 unidades, cada caja pesa 11,04 Kg y se distribuye a centros comerciales de Barranquilla

y que tiene por objetivo disminuir costos de operación mediante heurísticas.

El proyecto consta de cuatro grandes fases; la primera es asignar una bodega como centro de distribución para a partir de esa bodega, poder distribuir la demanda diaria de cada tienda, para la segunda fase se determinan las variables de interés y cómo será su cuantificación, luego, en la fase tres se desarrolla el modelo matemático que en este caso será la heurística de Clarke & Wright, que será comparada con la heurística del barrido que está siendo utilizada actualmente, después, en la cuarta fase se dará la solución del modelo matemático planteado en la tercera fase.

Todo este análisis sirvió para concluir que la heurística de Clarke & Wright dio mejores resultados que la del barrido tomando en cuenta los costos asociados a la distribución del aceite girasol, también se pudo observar que existían rutas que no eran factibles, de acuerdo al costo asociado a la ruta.

Optimización de la distribución de productos terminados en una repostería, aplicando heurísticas de ruteo de vehículos, Jonatán Edward Rojas Polo, Álvaro Samaniego Osorio, Alexandra Rivera Lahura y Katherine De la Cruz Fernández, Perú, 2015

Este paper se ha desarrollado para resolver la problemática de distribución de algunas empresas de reposterías en Perú, ya que normalmente las rutas son elaboradas empíricamente por los conductores de los vehículos que tienen la responsabilidad de entregar los productos a los centros de distribución, este paper propone identificar las variables más importantes y relevantes del problema de distribución como son los vehículos, que por el momento cuentan con uno solo, los clientes que son los centros de distribución y la empresa que es el nodo inicial, luego de esto, busca aplicar una heurística de dos fases con el fin de aprovechar al máximo la capacidad de los vehículos, tomando en cuenta la calidad del producto, para a su vez bajar los costos de distribución.

En este caso primero se buscará definir los clústers, es decir, primero agrupar los centros de distribución con el algoritmo de clusterización de Gillet & Miller y luego se aplicó el algoritmo de Clarke & Wright para cada clúster.

Todo esto sirvió para encontrar una ruta óptima que se pueda aplicar a la distribución de los productos, reduciendo las distancias recorridas, lo que se traduce en reducir los costos de distribución a un 20%.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Introducción

En el ámbito de la investigación de Operaciones, existen problemas que todavía no se han podido resolver de una manera exacta, se han aplicado algoritmos constructivos para tratar que el resultado del algoritmo difiera poco del resultado óptimo, incluso a este resultado se le han aplicado métodos o algoritmos de mejora, para que este nuevo resultado se pueda acercar más al óptimo, normalmente estos problemas se encuentran en el día a día de las empresas, en este caso particular, el problema que se presentó en la empresa panificadora fue el de distribución, este tipo de problemas están enmarcados como NP-Hard, es decir, no existe algoritmo que pueda dar el resultado óptimo en un tiempo computacional considerable. Para la empresa panificadora, es de gran importancia mejorar su distribución en cuanto a costos, es por esto que se buscará aplicar la investigación de operaciones a dicha empresa para resolver un problema llamado VRP (Vehicle Routing Problem).

Modelo Matemático

Un modelo matemático es una representación de la realidad, estos modelos tienen un gran papel en la vida diaria, en los negocios y sobre todo en la ciencia, ya que tratan de tomar lo más importante de las situaciones y así emular dejando a un lado consideraciones que no afectan la esencia del material de estudio, sino que facilita su análisis, estos modelos matemáticos normalmente están representados mediante símbolos y expresiones matemáticas.⁴

Centros de Distribución

Un centro de distribución es una infraestructura que almacena productos para luego poder ser transportados hacia el cliente, los centros de distribución han sido creados como estrategias logísticas para reducir costos de transporte en general y también para poder satisfacer la demanda de los clientes de la mejor manera, buscando mantener la calidad de los productos, así como también manejar inventarios necesarios para tener productos a disposición del cliente.⁵

⁴ (Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman)

⁵ (ESPADIST, s.f.)

Algoritmo

Un algoritmo es una sucesión de pasos a seguir para poder resolver un problema determinado, normalmente los algoritmos tienen su aplicación en la resolución de problemas que contienen cientos o miles de variables que se resuelven con la ayuda de una computadora.⁶

Heurística

Una heurística es un método o procedimiento que tiene como objetivo construir una solución factible a ciertos problemas a los que no se les ha encontrado un método para resolverlos de manera exacta y en un tiempo computacional razonable, una heurística si es bien construida, podría llegar a tener una solución muy cercana al óptimo.⁷

Problema de Ruteo Vehicular (VRP)

El problema de ruteo vehicular es un problema de optimización combinatoria que tiene como objetivo encontrar rutas para una determinada flota de transportes que permitan minimizar costos, tiempos de espera de los clientes, maximizar beneficios en general, todo esto asociado a la distribución de un determinado producto o servicio.

⁶ (Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman)

⁷ (Taha, Investigación de Operaciones Hamdy A. Taha)

Se puede decir que un problema de ruteo vehicular es la evolución de un TSP o problema del agente viajero, ya que un problema de ruteo vehicular es en sí, la resolución de varios problemas del agente viajero (TSP) al mismo tiempo.⁸

Problema del Agente Viajero (TSP)

El problema del Travelling Salesman Problem o problema del Agente viajero tiene como objetivo encontrar el recorrido más corto de n nodos (ciudades, centros de distribución, etc.), con la condición de que cada nodo sea visitado una sola vez y poder regresar al punto de partida.⁹

Investigación de Operaciones

La Investigación de Operaciones es una ciencia que estudia el uso de modelos matemáticos, estadísticos, para que den soporte a la toma de decisiones, tiene como principal objetivo la optimización o el mejoramiento de procesos u operaciones gracias al modelamiento de los mismos para su posterior estudio y resolución para ser más eficaces en las empresas, o en la vida diaria.¹⁰

⁸ (Wikipedia, s.f.)

⁹ (Taha, Investigación de Operaciones Hamdy A. Taha)

¹⁰ (Monografias, s.f.)

Logística

La logística es un proceso que permite controlar, planear y administrar la cadena de suministros. Tiene su ámbito de estudio desde el proveedor hasta el cliente. En la actualidad, la logística también tiene como objetivo darle un valor agregado al producto o servicio.¹¹

VRPDP

El Vehicle Routing Problem with Deliveries and Pickups es un VRP con entregas y recogidas, lo cual hace que un cliente reciba, entregue o realice las dos actividades al mismo tiempo (demandas combinadas).

VRPB

Por sus siglas en inglés Vehicle Routing Problem with Backhauling es un VRP con demandas individuales en el que se deben realizar todas las entregas antes de empezar a recoger.

VRPMDP

Por sus siglas en inglés Vehicle Routing Problem with Mixed Deliveries and Pickups, esta variante del VRP Permite entregas y recolecciones en cualquier orden.

¹¹ (Mora García)

VRPSDP

El Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups es un problema que resuelve el Caso de demandas combinadas en el que el vehículo hace una sola parada para entregar y recoger. (Las paradas pueden ser clientes).

Algoritmo de Clarke & Wright

El Algoritmo de Clarke & Wright es también conocido como el algoritmo de ahorros, puesto que se basa en ahorros para formar rutas, este algoritmo empieza teniendo tantas rutas como clientes tenga, con la solución inicial de que cada ruta está conformada por un cliente y el origen o depósito, para luego en base a unas fórmulas, calcular el ahorro que se produce al unir dos rutas, o al insertar un cliente a una ruta, luego de calculado el ahorro, se va escogiendo los ahorros de mayor a menor, y se prueban las distintas restricciones que se tienen como pueden ser la de capacidad o tiempo y en base a esto, se decide si las rutas se unen o no, y así sucesivamente; normalmente en el ahorro se consideran las distancias recorridas.¹²

¹² (Francesc Robusté , 2015)

Metaheurística

La metaheurística es un procedimiento que se le aplica a los problemas a los cuales no se les puede encontrar la solución óptima en un tiempo computacional aceptable, es diseñado para tomar una solución inicial, y luego buscar mejorarla, normalmente antes de aplicar una metaheurística a un problema, se le aplica una heurística o algoritmo de construcción para obtener la solución inicial, luego de esto, se aplica la metaheurística que busca mejorar esa solución.¹³

GRASP

Greedy Randomized Adaptive Search Procedure, metaheurística aplicada comúnmente a los problemas de optimización combinatoria, este procedimiento toma un método constructivo o heurística y lo vuelve aleatorizado a través de una selección de mejores candidatos para ser seleccionados, teniendo mayor probabilidad de selección el mejor candidato, de tal manera que por medio de varias iteraciones tome el mejor resultado.

¹³ (Taha, Investigación de Operaciones Hamdy A. Taha)

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describe cómo se va a llevar a cabo el proyecto en cuanto a la metodología empleada para la elaboración de este estudio.

3.1 Marco Metodológico

Para la determinación del problema se elaboró un cuestionario piloto, que se pudo aplicar en las entrevistas al Jefe de Logística y al Supervisor de Transporte de la empresa, también, gracias a estas entrevistas, se pudieron conocer detalles adicionales que ayudaron a la definición del problema, de igual manera se obtuvo información del departamento de ventas de la empresa.

3.2 Diseño de Investigación

3.2.1 Información necesaria

3.2.1.1 Datos primarios

Se tendrán los pronósticos de ventas, por centro de distribución de cada día, estos son otorgados por la empresa, convirtiéndose en información fundamental para la ejecución del algoritmo propuesto en este estudio.

3.2.1.2 Datos secundarios

Datos históricos de ventas desde enero de 2015 hasta mayo de 2016, obtenidos a través del departamento de Ventas; datos acerca de la flota vehicular, gestión de la distribución,

capacidades de los distintos vehículos de la flota y datos históricos de como se ha llevado la distribución en la empresa, facilitados por el Jefe de logística y el supervisor de transporte.

3.2.2 Tipo de Investigación

El estudio se basa en una Investigación Descriptiva, ya que por medio de ella se obtienen todos los pormenores de la operación de distribución en la empresa, se identifican las ubicaciones de los centros de distribución, la cantidad de vehículos que la empresa utiliza en su operación diaria y la capacidad de los mismos, las rutas que planifican a diario y cómo la realizan, con el fin de poder comparar la distribución actual con los resultados obtenidos en este estudio, y determinar las necesidades reales para la operación de la empresa.

3.2.4 Métodos Científicos

Se espera que el algoritmo de Clarke & Wright con variantes, encuentre una solución factible que sea similar o mejor a la actual. Luego se aplicará una metaheurística GRASP para comparar con la solución obtenida en el algoritmo de Clarke & Wright, después de lo cual se escogerá el mejor resultado.

3.3 Cronograma de Actividades

En el cronograma de actividades podemos observar las diferentes etapas del proyecto. **Ver Anexo 1.**

3.4 Flujograma de Actividades

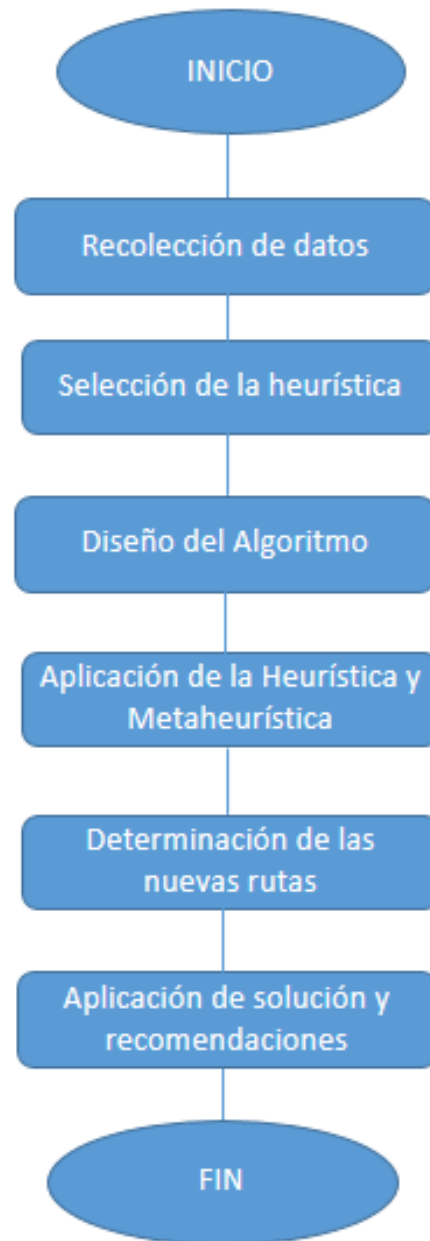


Figura 3.4. 1 Flujograma de actividades

Fuente: Elaborado por autores

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Propuesta de un algoritmo para mejorar la distribución

4.1.1 Algoritmo propuesto

Heurística de Clarke & Wright, con flota heterogénea considerando costos y distancias

- Paso 1: (Inicialización): Para cada cliente i construir la ruta $(0, i, 0)$.
- Paso 2: Si la demanda $cd(i)$ es mayor a la capacidad del vehículo más grande entonces:

$$cd(i) = cd(i) - (enteromayor \left(\frac{cd(i)}{\max(capveh)} \right) * capveh);$$

Luego se guarda una lista de la siguiente manera:

$$\{i, enteromayor \left(\frac{cd(i)}{\max(capveh)} \right)\}$$

- Paso 3: Asociar a la ruta construida un vehículo de modo que sea el menor de los vehículos que puedan satisfacer la demanda de esa ruta.
- Paso 4: Se le asigna el costo asociado a la ruta con el vehículo asignado anteriormente. Se obtendrá una lista de la forma $\{\{0, i, 0\}, tipo\ de\ veh\acute{iculo}, costo\ de\ la\ ruta\}$.

- Paso 5: Se suman los costos de todas las rutas y ese valor se lo asigna a una variable que se llamará z .
- Paso 6: (Cálculo de ahorros): Calcular S_{ij} para cada par de clientes i y j .
- Paso 7: Se toma el mayor valor de la matriz de ahorros $S_{i^*j^*}$

Sean r_{i^*} y r_{j^*} las rutas que contienen a los clientes i^* y j^* respectivamente.

- Si i^* es diferente de j^* entonces se verifican las siguientes condiciones:
 - Si el tiempo que se demora en realizar la ruta es menor o igual al tiempo máximo para una ruta, entonces:
 - Si la suma de las capacidades de las dos rutas es menor a la capacidad de cualquiera de los tipos de vehículos disponibles y si el costo de realizar las rutas por separado es mayor al costo de unir las rutas, entonces:
 - Si i^* es el primer o último cliente de la ruta r_{i^*} y j^* es el primer cliente o último

cliente de r_{j^*} entonces se combinan las rutas.

- Se calcula nuevamente z .
- Caso contrario $ahorros S_{i^*j^*} = 0$
- Paso 8: Se elimina $S_{i^*j^*}$ de futuras consideraciones: Si quedan ahorros por examinar ir a 3, caso contrario finalizar.

Metaheurística GRASP aplicada al algoritmo de Clarke & Wright, con flota heterogénea considerando

- Paso 1: (Inicialización): Para cada cliente i construir la ruta $(0, i, 0)$.
- Paso 2: Si la demanda $cd(i)$ es mayor a la capacidad del vehículo más grande entonces:

$$cd(i) = cd(i) - (enteromayor\left(\frac{cd(i)}{\max(capveh)}\right) * capveh);$$

Luego se guarda una lista de la siguiente manera:

$$\{i, enteromayor\left(\frac{cd(i)}{\max(capveh)}\right)\}$$

- Paso 3: Asociar a la ruta construida un vehículo de modo que sea el menor de los vehículos que puedan satisfacer la demanda de esa ruta.

- Paso 4: Se le asigna el costo asociado a la ruta con el vehículo asignado anteriormente. Se obtendrá una lista de la forma $\{\{0, i, 0\}, \text{tipo de vehículo}, \text{costo de la ruta}\}$.
- Paso 5: Se suman los costos de todas las rutas y ese valor se lo asigna a una variable que se llamará z .
- Paso 6: (Cálculo de ahorros): Calcular S_{ij} para cada par de clientes i y j .
- Paso 7: Se calculan los límites que se van a considerar para elegir una lista de los mejores candidatos de la matriz de ahorros, estos límites vienen dados por:

$$\text{Limite} = \left\{ \text{Max}(S_{i^*j^*}) - \alpha \left(\text{Max}(S_{i^*j^*}) - \text{Min}(S_{i^*j^*}) \right), \text{Max}(S_{i^*j^*}) \right\},$$

siendo α un valor entre 0 y 1.

Luego de esto, se escoge aleatoriamente un candidato $S_{i^*j^*}$, de tal manera que mientras mayor sea el ahorro, mayor va a ser la probabilidad de ser escogido de la lista de los mejores candidatos. Sean r_{i^*} y r_{j^*} las rutas que contienen a los clientes i^* y j^* respectivamente.

- Si i^* es diferente de j^* entonces se verifican las siguientes condiciones:

- Si el tiempo que se demora en realizar la ruta es menor o igual al tiempo máximo para una ruta, entonces:
 - Si la suma de las capacidades de las dos rutas es menor a la capacidad de cualquiera de los tipos de vehículos disponibles y si el costo de realizar las rutas por separado es mayor al costo de unir las rutas, entonces:
 - Si i^* es el primer o último cliente de la ruta r_{i^*} y j^* es el primer cliente o último cliente de r_{j^*} entonces se combinan las rutas.
 - Se calcula nuevamente z .
- Caso contrario $ahorros(i, j) = 0$
- Paso 8: Se elimina $S_{i^*j^*}$ de futuras consideraciones: Si quedan ahorros por examinar ir a 3, caso contrario finalizar.
- Paso 9: Se repite el algoritmo n veces y en cada repetición se calcula el costo total, se va comparando con el mejor costo total Z^* y luego se toma el menor de los dos valores y se lo reasigna a Z^* junto con su respectiva ruta.

- Al final se compara la Z^* que se obtuvieron en el algoritmo de Clarke & Wriqth con la Z^* de la metaheurística GRASP para conocer si existieron mejoras.

4.1.2 Análisis

La información proporcionada por la empresa en cuanto a la demanda de cada Centro de Distribución se detalla en la siguiente tabla:

DEMANDA	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
C1	786	227	633	209	966	337
C2	1513	1105	1558	716	2237	1365
C3	1131	748	1240	690	1425	757
C4	842	572	806	807	1052	220
C5	616	348	576	344	769	330
C6	1008	525	861	554	1151	383
C7	668	329	547	289	562	253
C8	347	0	340	0	370	0
C9	701	0	581	0	640	0
C10	1039	440	736	602	962	464
C11	646	295	898	517	750	532
C12	891	321	651	364	987	297
C13	651	353	590	407	606	506
C14	550	0	550	0	794	0

Tabla 4.1.2. 1. Demanda de Centros de Distribución

Fuente: Elaborado por autores

Así como los tipos de vehículos subcontratados con los que cuentan para realizar las entregas a los diferentes Centros de Distribución(Véase Tabla 4.1.2. 2) y los costos en los que incurren semanalmente(Véase Tabla 4.1.2. 3).

Capacidad (Bandejas por cada vehículo)	360	748	900	1260	1558
---	------------	------------	------------	-------------	-------------

Tabla 4.1.2. 3 Capacidades (bandejas por cada vehículo)

Fuente: Elaborado por autores

Las dimensiones de las bandejas son las siguientes: largo 66 cm, ancho 54 cm, altura 15 cm.

Días	1	2	3	4	5	6
Costos Operacionales por día	\$ 4351	\$ 3648	\$ 4345	\$ 2410	\$ 5174	\$ 3282

Tabla 4.1.2. 4 Costos operacionales diarios

Fuente: Elaborado por autores

Con esta información, junto con los algoritmos de Clarke & Wright y la metaheurística GRASP, se obtuvieron las nuevas rutas de distribución, el periodo es semanal, por lo que se tomarán 6 días como periodo.

Análisis de resultados

Se ejecutó el algoritmo de Clarke & Wright y la metaheurística GRASP con los siguientes resultados:

DÍA 1

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C2, F}	1558	\$ 600,00
2	{F, C3, F}	1260	\$ 350,00
3	{F, C6, F}	1260	\$ 530,00
4	{F, C7, F}	748	\$ 112,00
5	{F, C8, F}	360	\$ 262,00
6	{F, C9, F}	748	\$ 400,00
7	{F, C10, F}	1260	\$ 350,00
8	{F, C11, F}	748	\$ 212,00
9	{F, C12, F}	900	\$ 205,00
10	{F, C14, F}	748	\$ 360,00
11	{F, C13, C4, F}	1558	\$ 574,51
12	{F, C5, C1, F}	1558	\$ 227,41
COSTO			\$4232,92

Tabla 4.1.2. 5 RUTAS OBTENIDAS DÍA 1 CLARKE & WRIGHT

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 1 con $\alpha = 0.6$

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C2, F}	1558	\$ 600,00
2	{F, C3, F}	1260	\$ 350,00
3	{F, C6, F}	1260	\$ 530,00
4	{F, C8, F}	360	\$ 262,00
5	{F, C9, F}	748	\$ 400,00
6	{F, C10, F}	1260	\$ 350,00
7	{F, C11, F}	748	\$ 212,00
8	{F, C12, F}	900	\$ 205,00
9	{F, C13, F}	748	\$ 250,00
10	{F, C14, F}	748	\$ 360,00
11	{F, C5, C4, F}	1558	\$ 391,12
12	{F, C7, C1, F}	1558	\$ 207,23
COSTO			\$ 4117,35

Tabla 4.1.2. 6 RUTAS OBTENIDAS DÍA 1 GRASP

Fuente: Elaborado por autores

En el día 1 se puede notar que la distribución que realizan actualmente con 14 vehículos, la pueden realizar con 12 vehículos a un menor costo, ya que si tenemos un costo anual de \$ 226 252 y con la metaheurística GRASP tenemos un costo anual de \$ 214 102,20 entonces la diferencia de las dos cantidades nos da un ahorro anual de \$ 12 149,80.

- Ruta F – C4 – C5 – F se transportan 1458 bandejas.

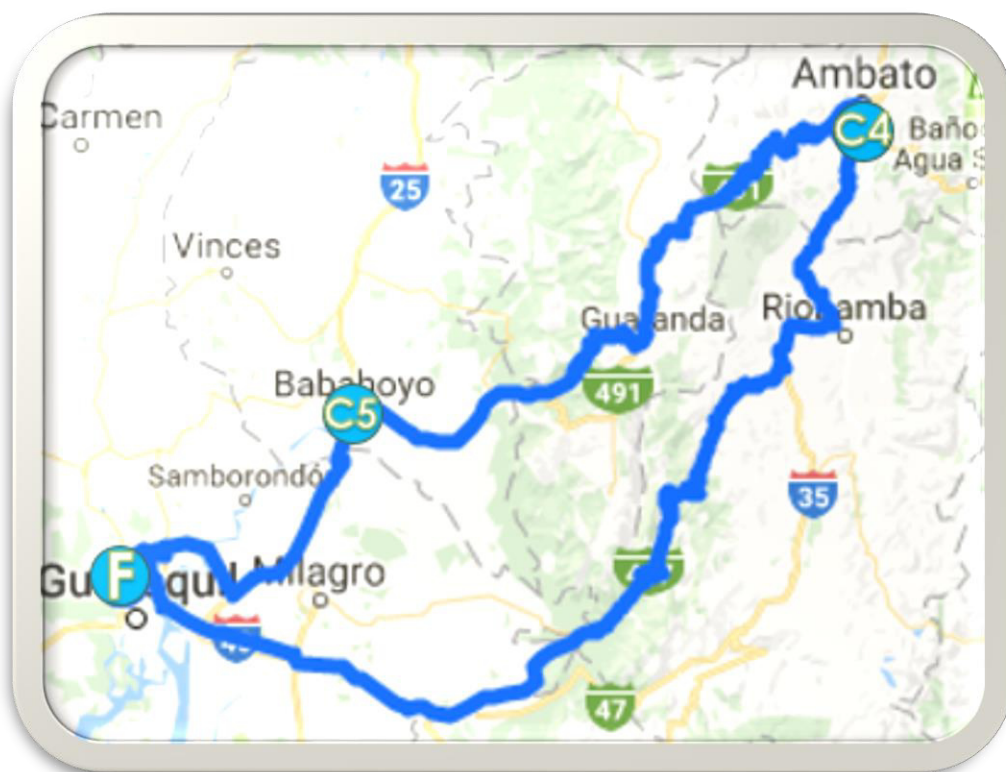


Figura 4.1.2. 1 Ruta F-C4-C5-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C7 – C1 – F se transportan 1454 bandejas.

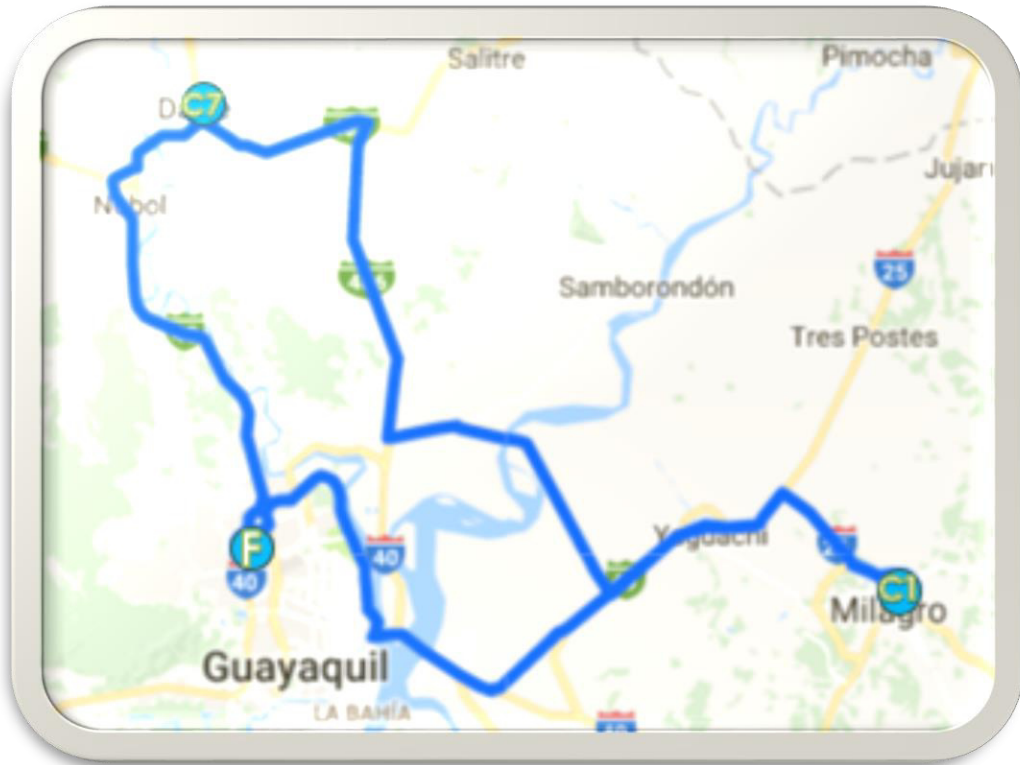


Figura 4.1.2. 2 Ruta F-C7-C1-F

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 2

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C1, F}	360	\$ 80,00
2	{F, C5, F}	360	\$ 100,00
3	{F, C12, F}	360	\$ 126,00
4	{F, C13, C2, F}	1558	\$ 523,08
5	{F, C10,C7, F}	1260	\$ 490,89
6	{F, C11,C4, F}	1558	\$ 406,28
7	{F, C7,C3, F}	1260	\$ 306,02
COSTO			\$2042,20

Tabla 4.1.2. 7 RUTAS OBTENIDAS DÍA 2 CLARKE & WRIGHT

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 2 con $\alpha = 0.6$

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C1, F}	360	\$ 80,00
2	{F, C3, F}	900	\$ 290,00
3	{F, C11, F}	360	\$ 130,00
4	{F, C12, F}	360	\$ 126,00
5	{F, C13, C2, F}	1558	\$ 523,08
6	{F, C10,C6, F}	1260	\$490,89
7	{F, C7, C5, C4, F}	1260	\$ 368,51
COSTO			\$ 2008,48

Tabla 4.1.2. 8 RUTAS OBTENIDAS DÍA 2 GRASP

Fuente: Elaborado por autores

En el día 2 se puede notar que la distribución que realizan actualmente con 11 vehículos, la pueden realizar con 7 vehículos a un menor costo, teniendo un ahorro anual de \$ 85255,0.

- Ruta F – C13 – C2 – F se transportan 1458 bandejas.



Figura 4.1.2. 3 Ruta F-C13-C2-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C7 – C5 – C4 – F se transportan 1249 bandejas.

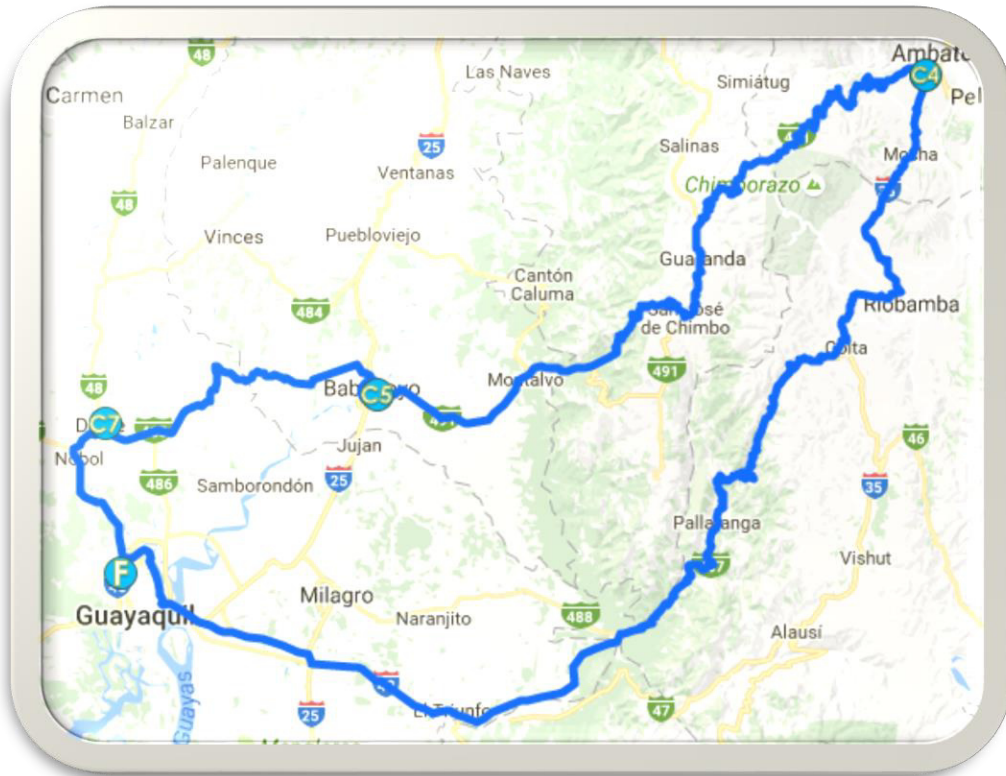


Figura 4.1.2. 4 Ruta F-C7-C5-C4-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C10 – C6 – F se transportan 965 bandejas.

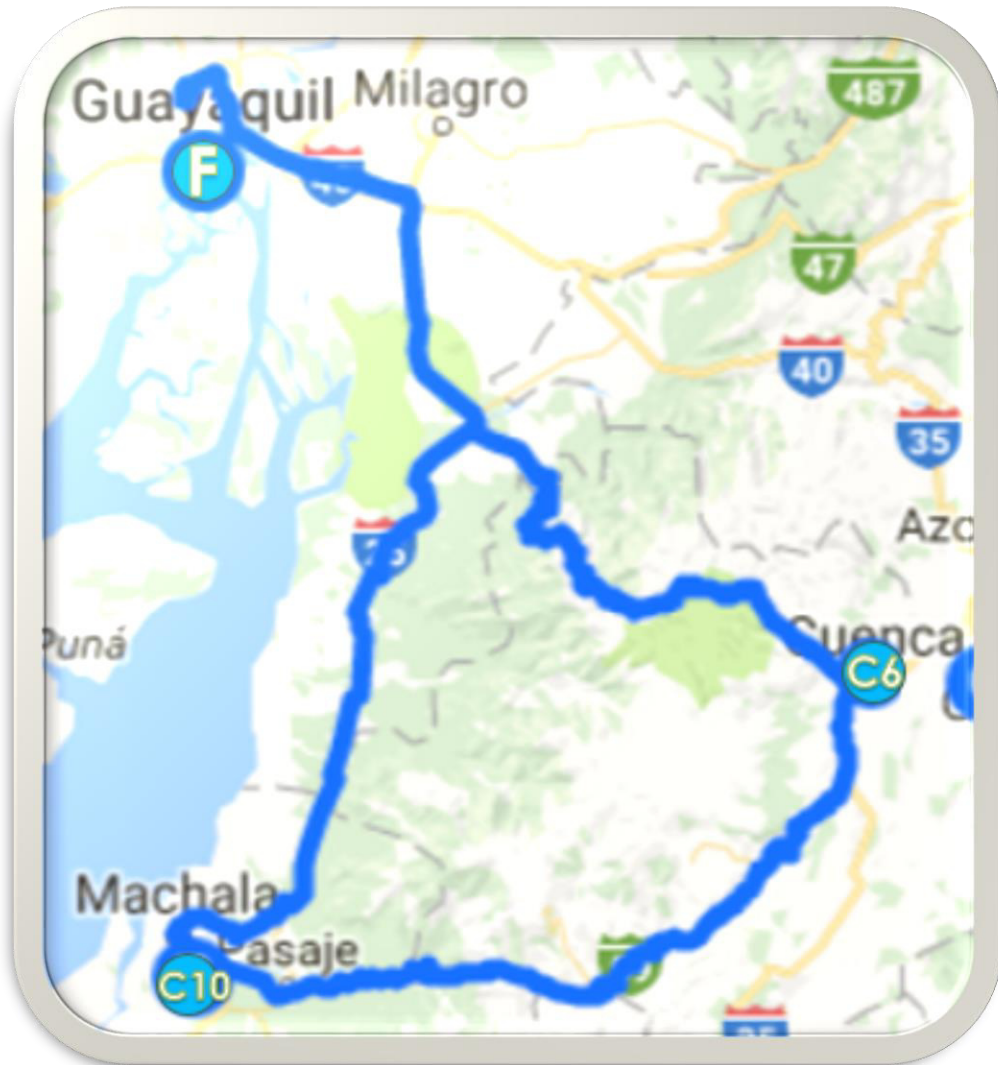


Figura 4.1.2. 5 Ruta F-C10-C6-F

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 3

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F, C3, F}	1260	\$ 350,00
2	{F, C8, F}	360	\$ 262,00
3	{F, C14, F}	748	\$ 360,00
4	{F, C10, C9, F}	1558	\$ 530,63
5	{F, C11, C13, F}	1558	\$ 487,22
6	{F, C5, C4, F}	1558	\$ 391,12
7	{F, C7, C1, F}	1260	\$ 207,53
8	{F, C12, C6, F}	1558	\$ 552,32
9	1 vehículo directo en ruta {F, C2, F}	1558	\$600,00
COSTO			\$3740,82

Tabla 4.1.2. 9 RUTAS OBTENIDAS DÍA 3 CLARKE & WRIGHT

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 3 con $\alpha = 0.6$

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C1, F}	748	\$ 150,00
2	{F, C3, F}	1260	\$ 350,00
3	{F, C8, F}	360	\$ 262,00
4	{F, C12, F}	748	\$ 185,00
5	{F, C14, F}	748	\$ 360,00
6	{F, C11, C13, F}	1558	\$ 487,22
7	{F, C10, C9, F}	1558	\$ 530,63
8	{F, C5, C4, F}	1558	\$ 391,12
9	{F, C7, C6, F}	1558	\$ 348,25
10	1 vehículo directo en ruta {F, C2, F}	1558	\$600,00
COSTO			\$ 3664,22

Tabla 4.1.2. 10 RUTAS OBTENIDAS DÍA 3 GRASP

Fuente: Elaborado por autores

En el día 3 se puede notar que la distribución que realizan actualmente con 14 vehículos, la pueden realizar con 10 vehículos a un menor costo, teniendo un ahorro anual de \$ 35400,56.

- Ruta F – C10 – C9 – F se transportan 1317 bandejas.

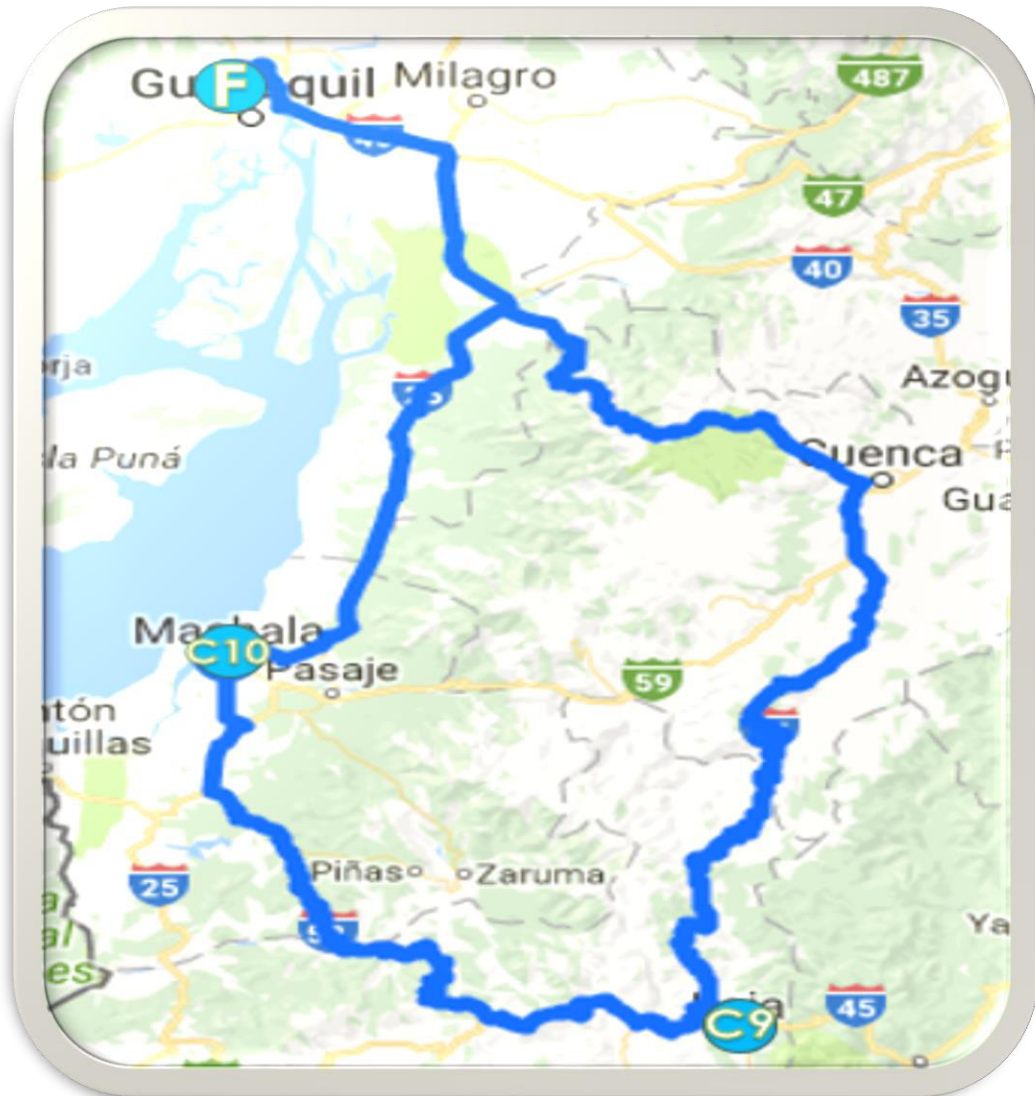


Figura 4.1.2. 6 Ruta F-C10-C9-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C11 – C13 – F se transportan 1488 bandejas.



Figura 4.1.2. 7 Ruta F-C11-C13-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C7 – C6 – F se transportan 1408 bandejas.

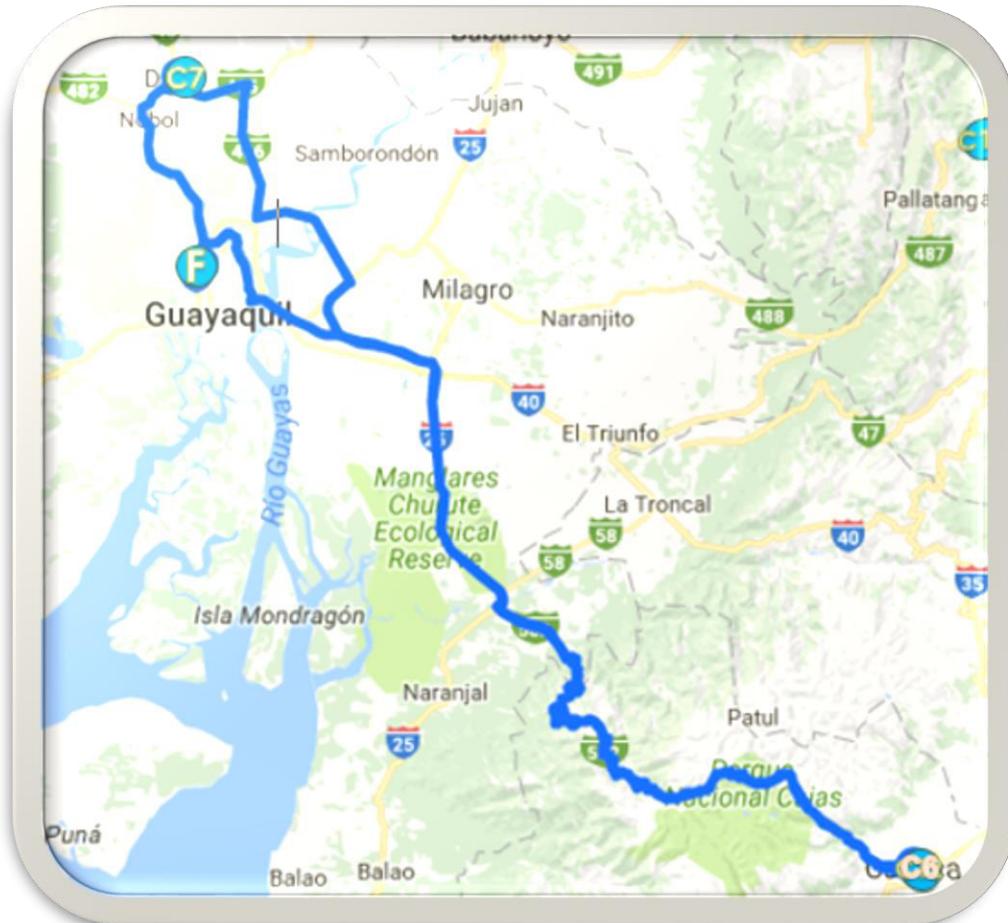


Figura 4.1.2. 8 Ruta F-C7-C6-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C5 – C4 – F se transportan 1382 bandejas.



Figura 4.1.2. 9 Ruta F-C5-C4-F

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 4

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C3, F}	748	\$ 220,00
2	{F, C12, F}	748	\$ 185,00
3	{F, C13,C2, F}	1260	\$ 523,83
4	{F, C10,C6, F}	1260	\$ 490,89
5	{F, C11,C4, F}	1558	\$ 503,67
6	{F, C5, C7,C1, F}	900	\$ 141,5
COSTO			\$2064,89

Tabla 4.1.2. 11 RUTAS OBTENIDAS DÍA 4 CLARKE & WRIGHT

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 4 con $\alpha = 0.6$

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F, C12, F}	748	\$ 185,00
2	{F, C13, C2, F}	1260	\$ 523,83
3	{F, C10, C6, F}	1260	\$ 490,89
4	{F, C1, C11, C3, F}	1558	\$ 448,90
5	{F, C7, C5,C4, F}	1558	\$ 367,24
COSTO			\$ 2015,86

Tabla 4.1.2. 12 RUTAS OBTENIDAS DÍA 4 GRASP

Fuente: Elaborado por autores

En el día 4 se puede notar que la distribución que realizan actualmente con 11 vehículos, la pueden realizar con 5 vehículos a un menor costo, teniendo un ahorro anual de \$ 20495,28.

- Ruta F – C10 – C6 – F se transportan 1260 bandejas.

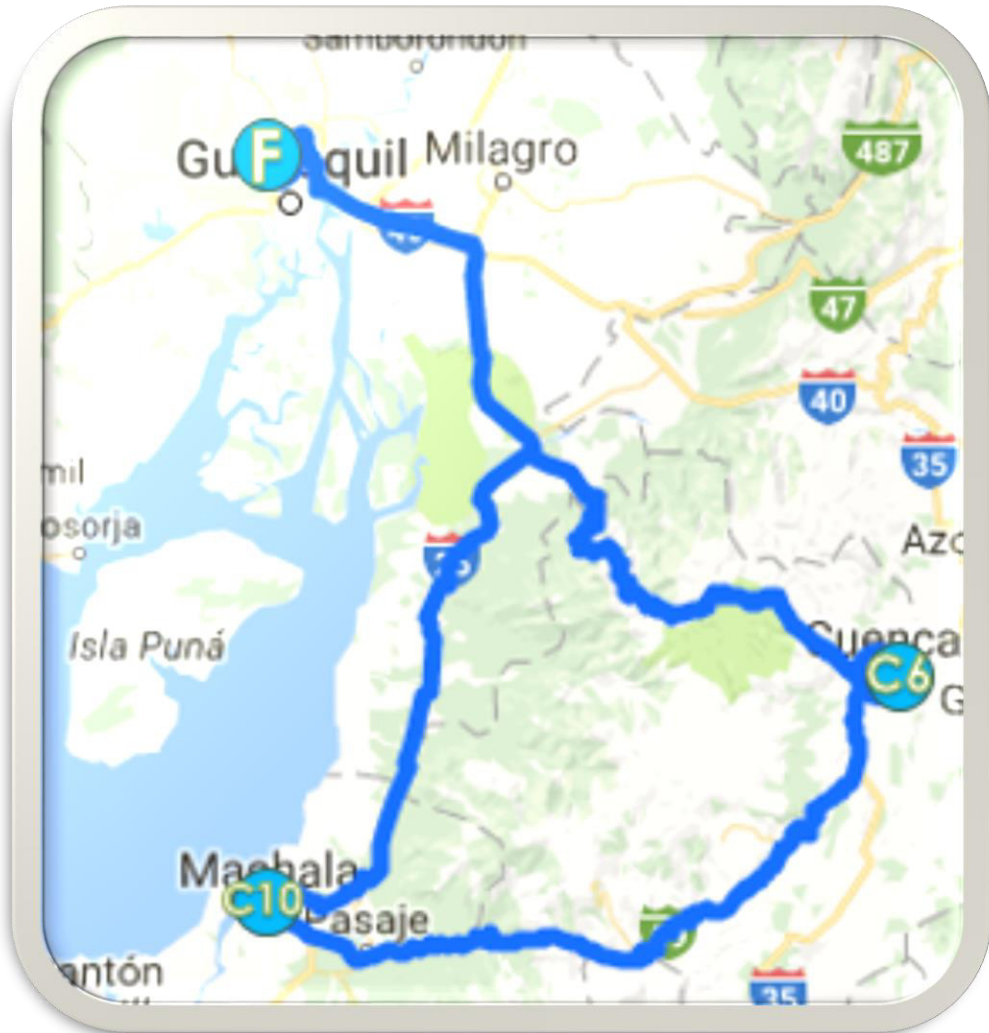


Figura 4.1.2. 10 Ruta F-C10-C6-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C13 – C2 – F se transportan 1123 bandejas.

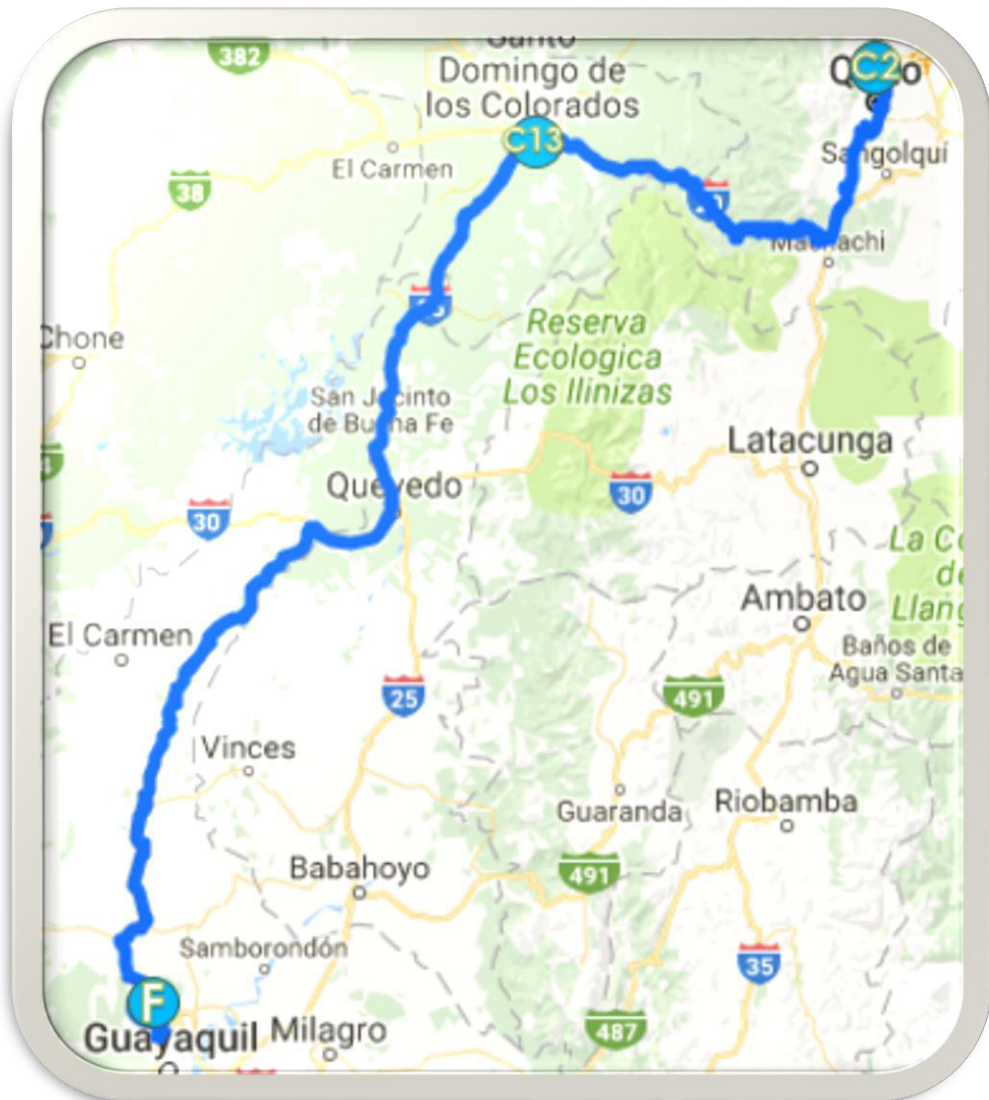


Figura 4.1.2. 11 Ruta F-C13-C2-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C7 – C5 – C4 – F se transportan 1440 bandejas.

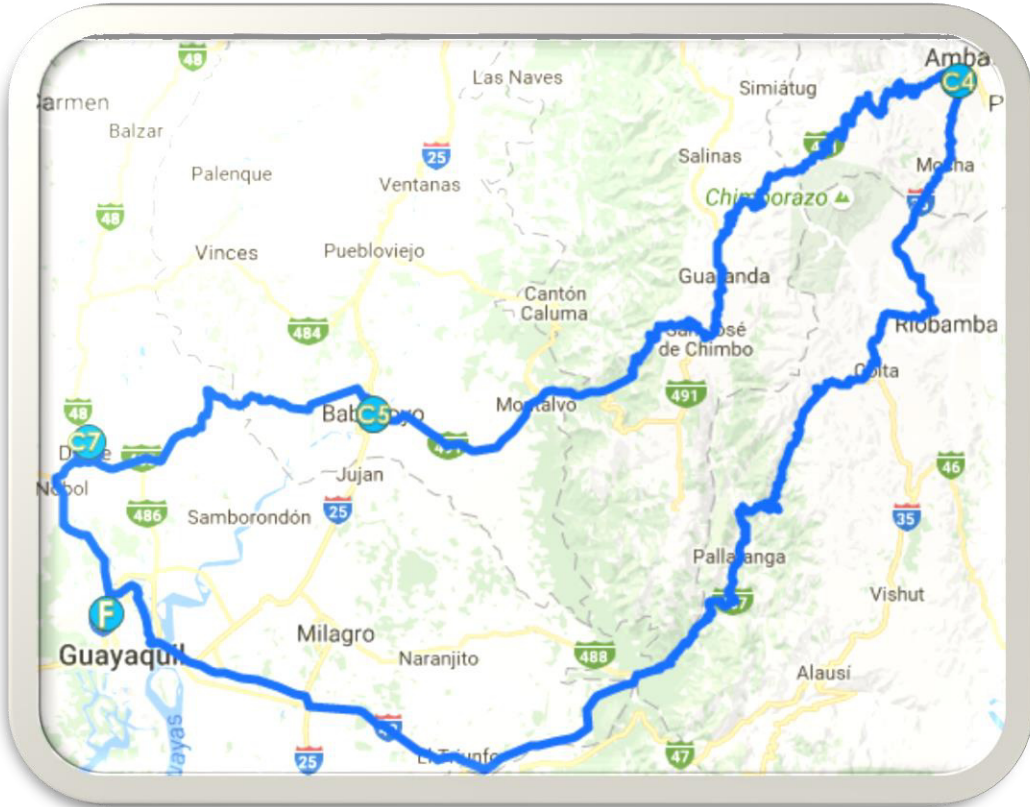


Figura 4.1.2. 12 Ruta F-C7-C5-C4-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C1 – C11 – C3 – F se transportan 1416 bandejas.

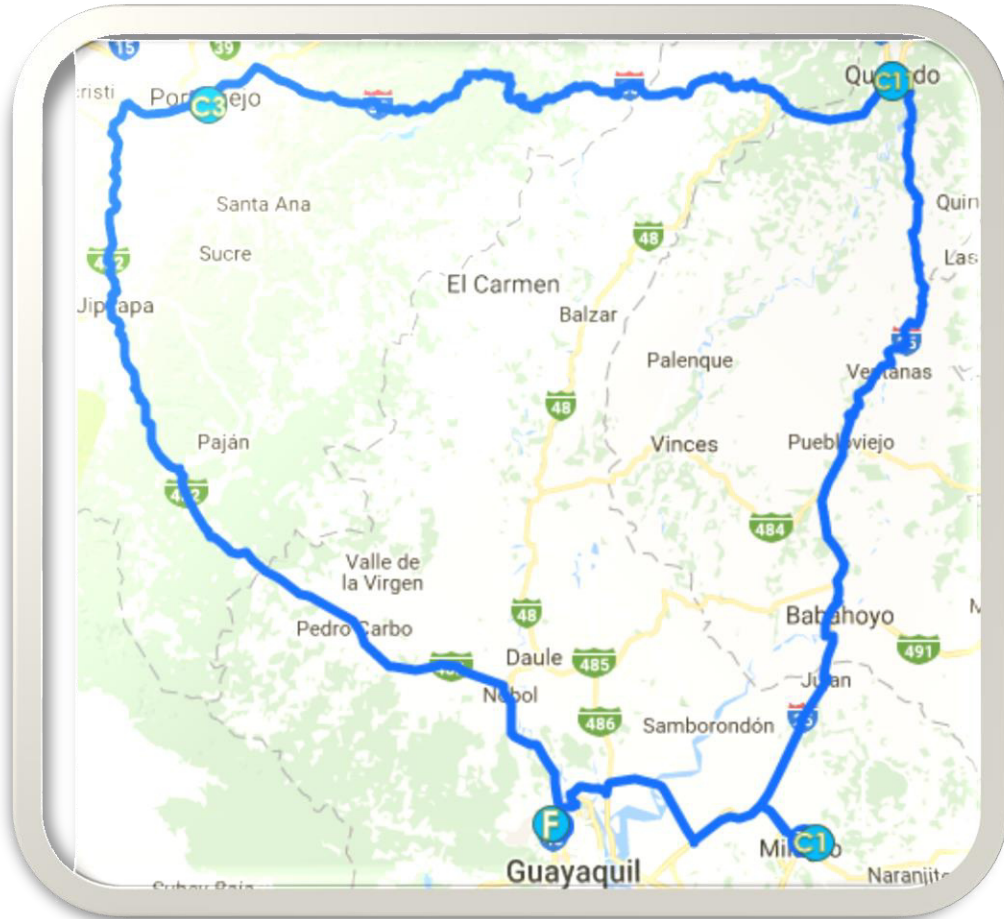


Figura 4.1.2. 13 Ruta F-C1-C11-C3-F

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 5			
RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C3, F}	1558	\$ 350,00
2	{F, C4, F}	1260	\$ 520,00
3	{F, C5, F}	900	\$ 51,00
4	{F, C6, F}	1260	\$ 530,00
5	{F, C8, F}	748	\$ 478,00
6	{F, C9, F}	748	\$ 400,00
7	{F, C10, F}	1260	\$ 350,00
8	{F, C11, F}	900	\$ 278,00
9	{F, C12, F}	1260	\$ 250,00
10	{F, C14, F}	900	\$ 420,00
11	{F, C13, C2, F}	1558	\$ 523,08
12	{F, C7, C1, F}	1558	\$ 207,23
13	1 vehículo directo en ruta {F, C3, F}	1558	\$ 600,00
COSTO			\$4957,31

Tabla 4.1.2. 12 RUTAS OBTENIDAS DÍA 5 CLARKE & WRIGHT

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 5 con $\alpha = 0.6$

RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C3, F}	1558	\$ 350,00
2	{F, C4, F}	1260	\$ 520,00
3	{F, C5, F}	900	\$ 51,00
4	{F, C6, F}	1260	\$ 530,00
5	{F, C8, F}	748	\$ 478,00
6	{F, C9, F}	748	\$ 400,00
7	{F, C10, F}	1260	\$ 350,00
8	{F, C12, F}	1260	\$ 250,00
9	{F, C13, F}	748	\$ 250,00
10	{F, C14, F}	900	\$ 420,00
11	{F, C11, C2, F}	1558	\$ 545,56
12	{F, C7, C1, F}	1558	\$ 207,23
13	1 vehículo directo en ruta {F, C3, F}	1558	\$ 600,00
COSTO			\$ 4951,79

Tabla 4.1.2. 13 RUTAS OBTENIDAS DÍA 5 GRASP

Fuente: Elaborado por autores

En el día 5 se puede notar que la distribución que realizan actualmente con 15 vehículos, la pueden realizar con 13 vehículos a un menor costo, teniendo un ahorro anual de \$ 11554,92.

- Ruta F – C7 – C1 – F se transportan 1528 bandejas.

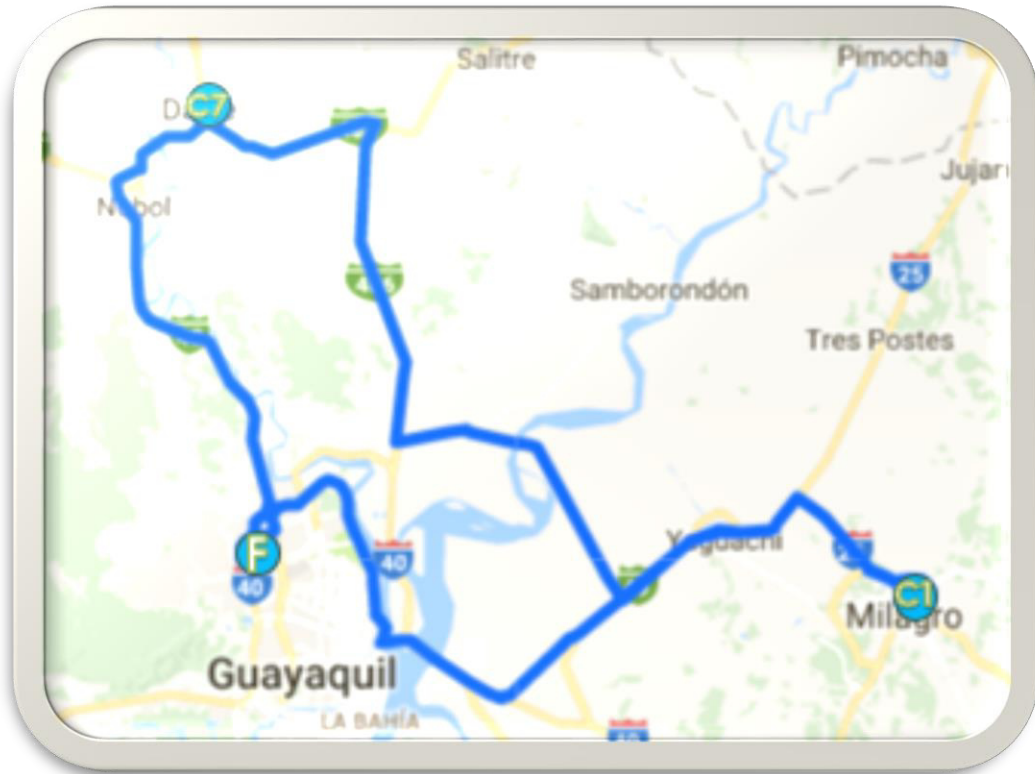


Figura 4.1.2. 14 Ruta F-C7-C1-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C11 – C2 – F se transportan 1429 bandejas.

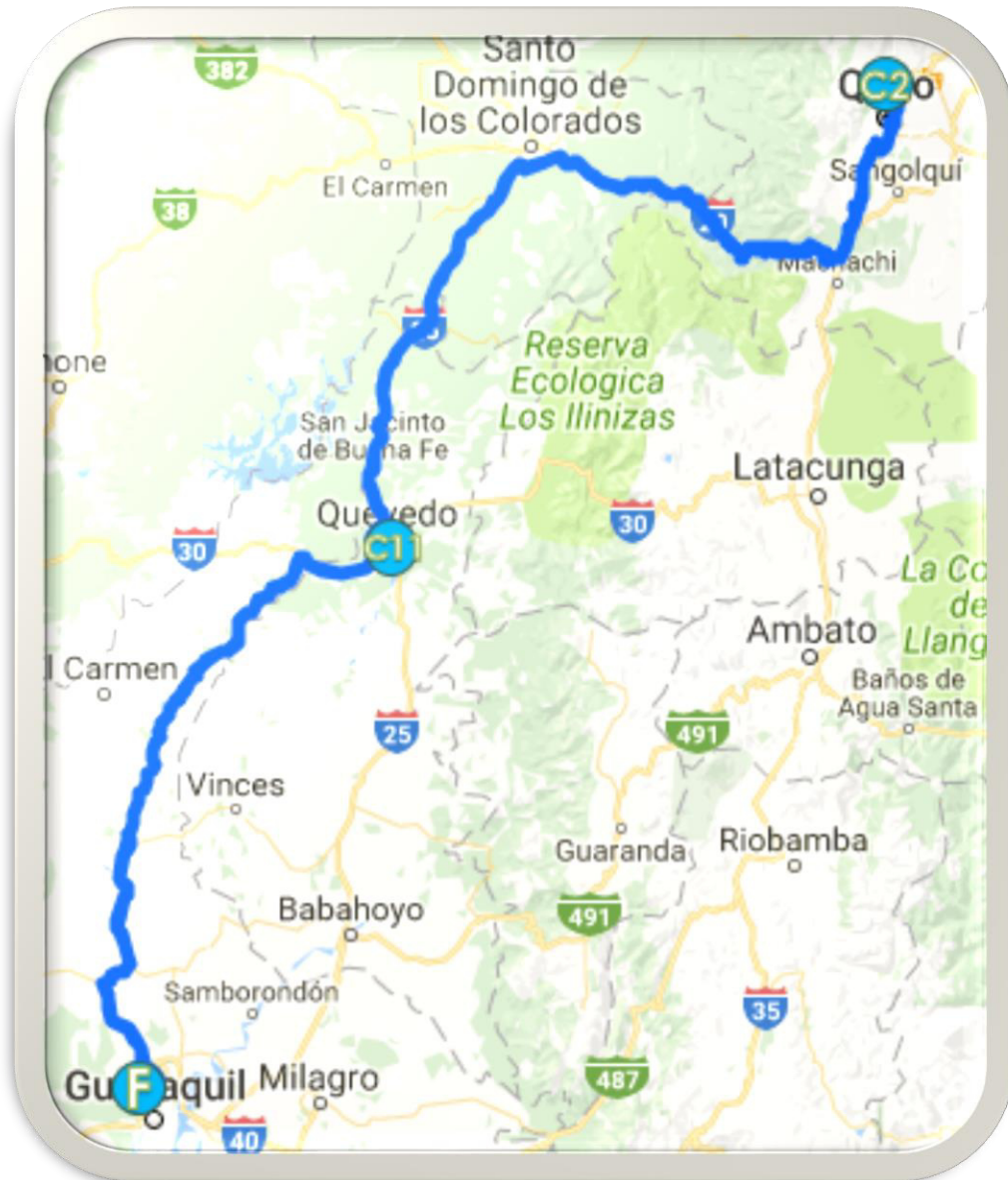


Figura 4.1.2. 15 Ruta F-C11-C2-F

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 6			
RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C1, F}	360	\$ 80,00
2	{F, C2, F}	1558	\$ 600,00
3	{F, C5, F}	360	\$ 100,00
4	{F, C12, F}	360	\$ 126,00
5	{F, C13, C4, F}	748	\$ 362,09
6	{F, C10,C6, F}	900	\$ 405,43
7	{F, C7, C3, C11, F}	1558	\$ 425,85
COSTO			\$2099,37

Tabla 4.1.2. 14 RUTAS OBTENIDAS DÍA 6 CLARKE & WRIGHT

Fuente: Elaborado por autores

DÍA 6 con $\alpha = 0.6$			
RUTA	RUTA	CAP. CAMIÓN	COSTO POR VIAJE
1	{F ,C1, F}	360	\$ 80,00
2	{F, C2, F}	1558	\$ 600,00
3	{F, C5, F}	360	\$ 100,00
4	{F, C12, F}	360	\$ 126,00
5	{F, C13, C4, F}	748	\$ 362,09
6	{F, C10,C6, F}	900	\$ 405,43
7	{F, C7, C3, C11, F}	1558	\$ 425,85
COSTO			\$2099,37

Tabla 4.1.2. 15 RUTAS OBTENIDAS DÍA 6 GRASP

Fuente: Elaborado por autores

En el día 6 se puede notar que la distribución que realizan actualmente con 11 vehículos, la pueden realizar con 7 vehículos a un menor costo, teniendo un ahorro anual de \$ 61496,76.

- Ruta F – C13 – C4 – F se transportan 748 bandejas.



Figura 4.1.2. 16 Ruta F-C13-C4-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C10 – C6 – F se transportan 847 bandejas.

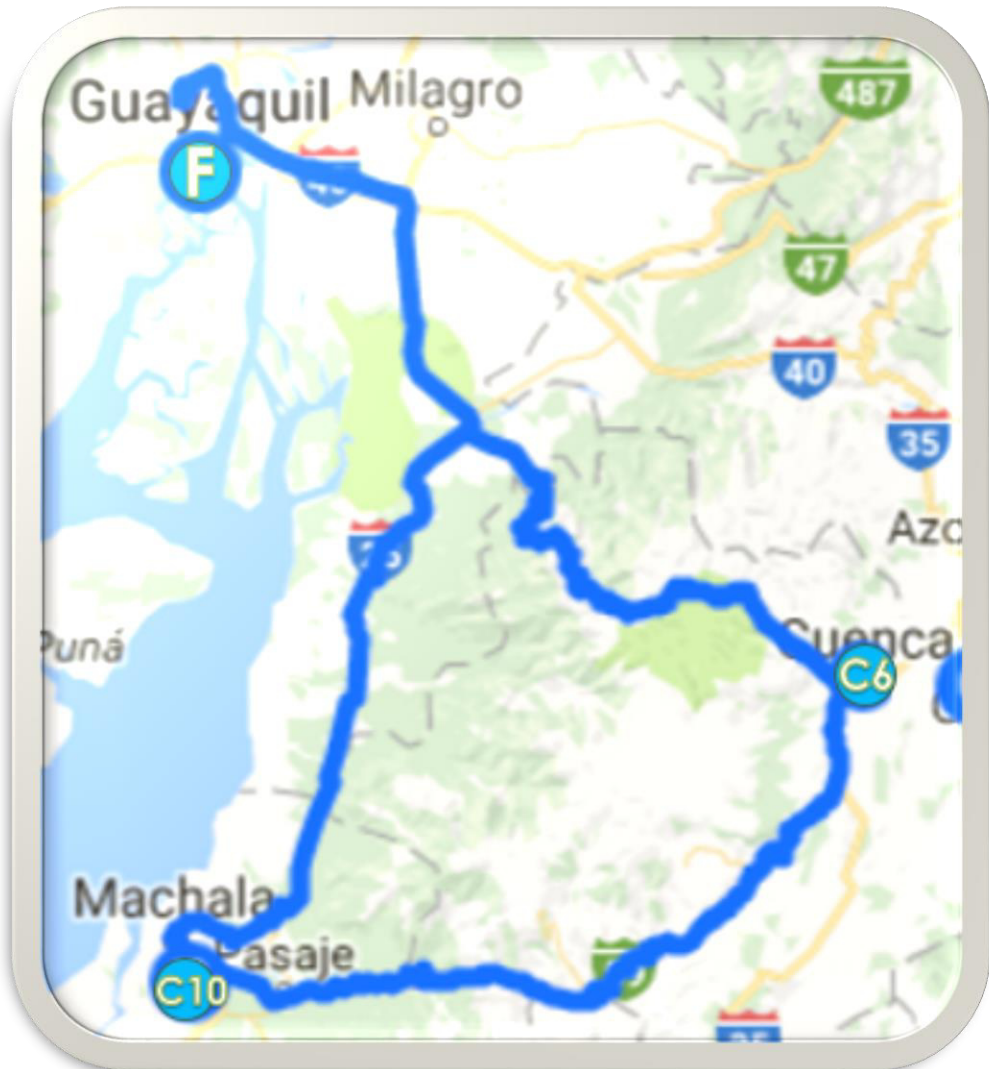


Figura 4.1.2. 17 Ruta F-C10-C6-F

Fuente: Elaborado por autores

- Ruta F – C7 – C3 – C11 – F se transportan 1542 bandejas.

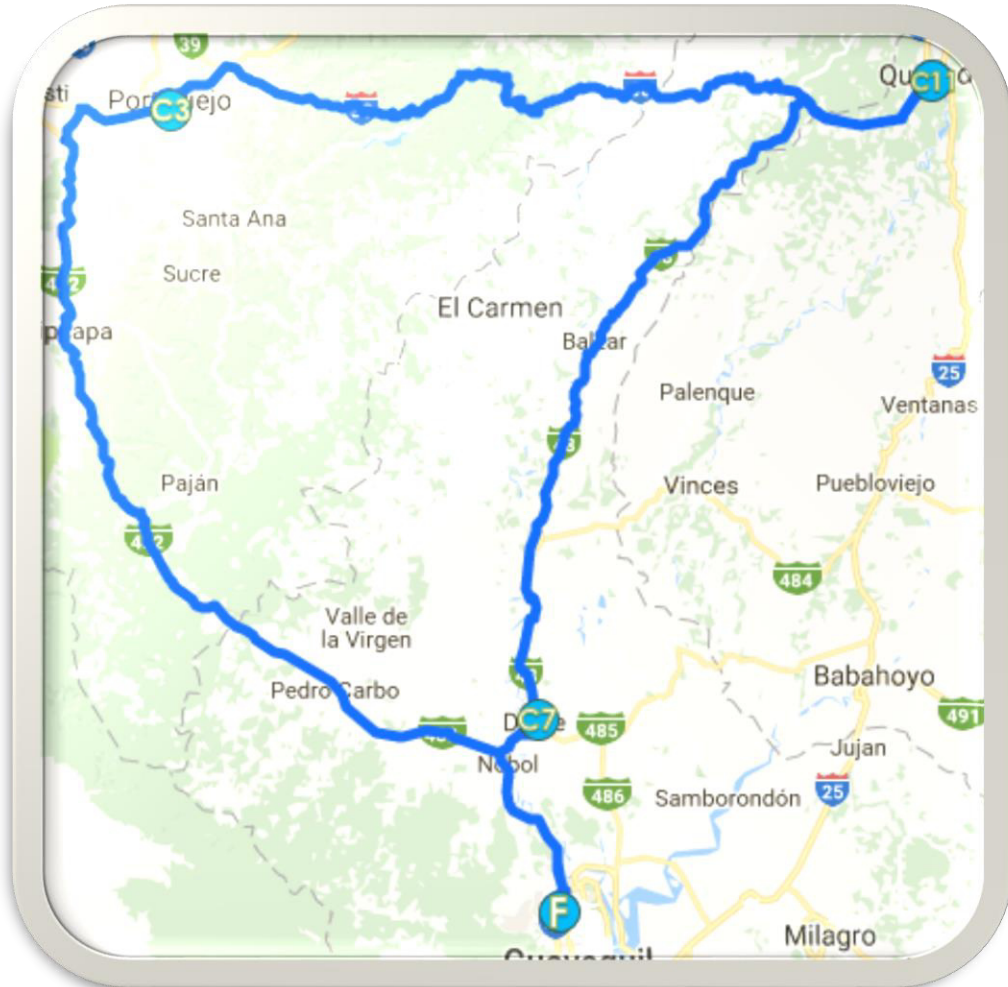


Figura 4.1.2. 18 Ruta F-C7-C3-C11-F

Fuente: Elaborado por autores

En la siguiente tabla se puede notar el ahorro al usar el algoritmo de Clarke & Wright y GRASP teniendo como mayor ahorro anual \$226.352,36, sin embargo esto toma un tiempo computacional mayor, por lo cual también se presenta el ahorro anual que ofrece el algoritmo de Clarke & Wright de \$ 211.769,48 en un tiempo computacional mucho menor.

COSTO OPERACIONAL ANUAL		COSTO ANUAL CLARKE & WRIGHT	COSTO ANUAL GRASP
\$ 1'206.920,00		\$ 995.150,52	\$ 980.567,64
AHORRO	\$ 211.769,48		
	\$ 226.352,36		

Tabla 4.1.2. 16 Comparación de Costos y Ahorros

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El costo anual actual de la distribución es \$1'206 920,00; con el algoritmo Clarke & Wright los costos disminuyen a \$ 995 150,52 representando un ahorro del 17,55% esto es equivalente a \$ 226 352,36. Mientras que con el algoritmo GRASP los costos disminuyen a \$ 980 567,64 generando un ahorro del 18,75% esto equivale a \$ 226 352,36; teniendo en cuenta que se toma un valor promedio de costo por km ya que solo poseían información hacia destinos específicos desde su planta de Guayaquil por lo cual el ahorro es un aproximado. En este proyecto también se optimizarán los camiones ya que se aprovecharán los espacios y se disminuirá la subutilización de los mismos, y por lo tanto se disminuyen la cantidad de rutas diarias y eso se traduce en menos camiones diarios que se necesitan para la distribución primaria, actualmente se realizan 76 despachos de vehículos hacia los centros de distribución semanalmente, con las nuevas rutas se realizarán 54 despachos, es decir, se realizarán 22 despachos de vehículos menos a la semana, satisfaciendo toda la demanda de los 14 clientes.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa panificadora implementar las rutas obtenidas en este proyecto para poder disminuir sus costos de distribución hacia los centros de distribución. Negociar un costo por kilómetro fijo con sus proveedores de transporte, tomando en consideración los costos de mantenimiento, costos fijos, costos variables, etc., que son absolutamente necesarios para que el proveedor pueda poner en marcha los vehículos para que los mismos puedan realizar la distribución de los productos de la empresa hacia los centros de distribución. También se recomienda a la empresa que busque opciones para mejorar sus tiempos de carga y descarga de la mercadería en los vehículos mediante la automatización de procesos y/o adquisición de maquinarias especializadas en el movimiento de cargas, para así poder aumentar los tiempos de rutas para la distribución de los productos perecibles.

BIBLIOGRAFÍA

- ESPADIST. (s.f.). Recuperado el 30 de Mayo de 2016, de <http://www.espadist.com.mx/index.php/es/servicios/centro-de-distribucion>
- Francesc Robusté , A. (2015). *Logística del transporte*. Recuperado el 7 de Junio de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=kRZpBQAAQBAJ&dq=algoritmo+de+clarke+and+wright&hl=es>
- Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman. (s.f.). *Introducción a la Investigación de Operaciones Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman* (Novena ed.). México D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado el 1 de Junio de 2016
- Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman. (s.f.). *Introducción a la Investigación de Operaciones Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman* (Novena ed.). México D. F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado el 30 de Mayo de 2016
- Monografias. (s.f.). *Monografias.com*. Recuperado el 27 de Mayo de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos61/investigacion-operaciones/investigacion-operaciones.shtml>
- Mora García, L. A. (s.f.). *Gestión Logística Integral* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. Recuperado el 1 de Junio de 2016
- Real Academia Española. (s.f.). *Real Academia Española*. Recuperado el 9 de Junio de 2016, de <http://dle.rae.es>
- Sandoya, F. P. (2015). *Metaheurísticas y Redes Neuronales*. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el 7 de Junio de 2016
- Taha, H. A. (s.f.). *Investigación de Operaciones Hamdy A. Taha* (Novena ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson. Recuperado el 1 de Junio de 2016
- Taha, H. A. (s.f.). *Investigación de Operaciones Hamdy A. Taha* (Novena ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson. Recuperado el 27 de Mayo de 2016
- Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 27 de Mayo de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Problema_de_rutas_de_veh%C3%ADculos
- Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 9 de Junio de 2016, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A9>

Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 24 de Junio de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Stock-keeping_unit

ANEXO 1

